

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2022_1_107

**ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ДВУХОСНОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ РАСТЯЖЕНИИ**

**CONSTRUCTION OF THE METHOD OF STUDYING
THE DEFORMATION PROPERTIES
OF AWNING MATERIALS UNDER BIAxIAL CYCLIC TENSION**

А.П. ГРУЗДЕВА, М.В. ЗИМИНА, Л.Л. ЧАГИНА, М.С. БОГАТЫРЕВА

A.P. GRUZDEVA, M.V. ZIMINA, L.L. CHAGINA, M.S. BOGATYRYOVA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: lyu-chagina@yandex.ru

В статье проведен анализ существующих отечественных и зарубежных методов исследования деформационных свойств материалов при циклическом растяжении. Обоснована актуальность разработки методики определения двухосной циклической деформации тентовых материалов, приближенной к условиям эксплуатации изучаемых тентовых конструкций. В качестве критерия стабильности тентовых конструкций при эксплуатационных воздействиях используется комплексный показатель, включающий единичные: изменение площади геометрической разметки, изменение длин сторон и углов после двухосного растяжения с заданными циклами нагружения. Показана возможность определения характеристик двухосной циклической деформации растяжения посредством обработки цифровых изображений в системе автоматизированного проектирования Grafis v.11.0. Методика применима для тентовых материалов любого волокнистого со-

става. Испытания проводятся на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Результаты экспериментальных исследований могут применяться на стадии проектирования для прогнозирования деформации структуры каркасно-тентовых изделий.

The article analyzes the existing domestic and foreign methods for studying cyclic tensile deformation. The relevance of the development of a methodology for determining the biaxial cyclic awning materials deformation close to the operating conditions of the studied awning structures, is justified. As a criterion for the stability of tent structures under operational impacts, a complex indicator is used, including single ones: a change in the area of the geometric marking, a change in the lengths of the sides and angles after biaxial stretching with specified loading cycles. The possibility of determining the characteristics of biaxial cyclic tensile deformation by processing digital images in the Grafis v. 11.0 computer-aided design system is shown. The technique is applicable for awning materials of any fibrous composition. The tests are carried out on a bursting machine connected to a personal computer. To control and read the results, a specialized STRAIN v1.0 program was used. The results of experimental studies can be used at the design stage to predict the deformation of the frame-tent products structure.

Ключевые слова: тентовые материалы, двухосная циклическая деформация растяжения, методика, комплексный показатель качества.

Keywords: tent materials, biaxial cyclic tensile deformation, methodology, complex quality indicator.

Введение

Область применения каркасно-тентовых конструкций достаточно широка и разнообразна, однако в условиях эксплуатации эти конструкции имеют схожий характер нагрузки, что позволяет обобщить выбор критериев оценки эксплуатационных свойств, методов и средств исследования.

Тентовые материалы в конструкциях, в основном, имеют натянуто-изогнутую форму, при этом под действием внешних сил и климатических факторов (ветровая нагрузка, осадки и т.п.) материалы подвергаются действию переменного-повторяющихся нагрузок, меньше разрывных. В материале возникает долговременная циклическая деформация растяжения одновременно в нескольких взаимно-перпендикулярных направлениях. Следствием этого является изменение свойств материала (утомление), что в конечном итоге может привести к общему или частичному разру-

шению. Поэтому для получения объективных результатов исследований, позволяющих прогнозировать работу материала в конструкции, необходим комплекс средств исследования в виде метода и оборудования, имитирующих процессы, наиболее близкие к реальным условиям эксплуатации [1], [2].

Методы

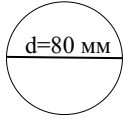
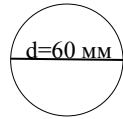
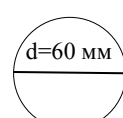
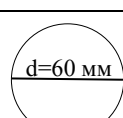
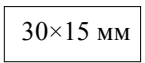
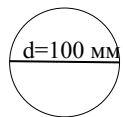
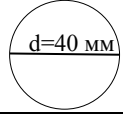
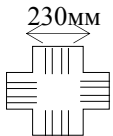
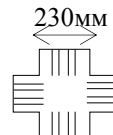
На сегодняшний день существуют зарубежные и отечественные методы, описывающие испытания при двухосном и просторностном циклическом растяжении текстильных материалов, некоторые из них стандартизированы (табл. 1).

Анализ существующих методов, ценных при изучении деформационно-прочностных свойств, показал важность проведения испытаний в условиях, приближенных к эксплуатационным нагрузкам материала. Выявлено отсутствие стандартизированных отечественных методов испыта-

ний тентовых материалов в условиях двухосного циклического нагружения и актуальность их применения при проектирова-

нии и анализе каркасно-тентовых конструкций для прогнозирования реального процесса деформации.

Т а б л и ц а 1

Обозначение и наименование метода	Объект исследования	Форма и размер проб	Критерий оценки
Пространственное деформирование пробы			
(ГОСТ ИСО 2960-2002 Определение прочности при продавливании и растяжения продавливанием методом диафрагмы [3], Россия	Трикоταжные полотна, текстильные материалы	Проба без вырезания	Среднеарифметическое значение разрывной нагрузки и разрывного удлинения при первых признаках нарушения целостности пробы
Растяжение на приборе конструкции ВНИИТП [4], Россия	Текстильные материалы		Абсолютная и относительная, остаточная деформация; коэффициент упругой растяжимости
Растяжение сферическим пуансоном на приборе В 3030 [5], Россия	Текстильные материалы, трикоταжные полотна, кожа		Остаточная высота полусферы, мм; пластичность, %
Многokратное испытание на приборе ERDT-2 [6], Литва	Текстильные материалы		Остаточная циклическая деформация
Испытания на приборе МРД-1 [7], Венгрия	Текстильные материалы		Остаточная циклическая деформация
Растяжение на приборе ДТ-3 [8], Швейцария	Трикоταжные полотна		Полная деформация и ее компоненты
Растяжение на приборе ПД-5М [9], Россия	Текстильные материалы		Остаточная циклическая деформация
Устройство для определения деформационных свойств кожи и других гибких материалов [10], Россия	Кожа или другие гибкие материалы		Стрела прогиба, мм; полная деформация и ее компоненты
Метод определения размеров пор полиэфирных тканей высокой плотности при двухосном нагружении [11], Германия	Текстильные материалы, мембраны		Распределение пор по размерам и средние значения размеров пор потока
Деформация в плоскости поверхности образца			
Руководство MSAJ/M-02-1995 [12], Япония	Текстильные материалы, мембраны		Расчетное определение упругих констант
Европейское руководство TensiNet [13]	Текстильные материалы, мембраны		Расчетное определение упругих констант

Для определения двухосной циклической деформации тентовых материалов разработана методика испытания (рис. 1 – пос-

ледовательность исследования деформационных свойств тентового материала при двухосном циклическом растяжении), при-

ближенная к условиям эксплуатации изучаемых тентовых конструкций.

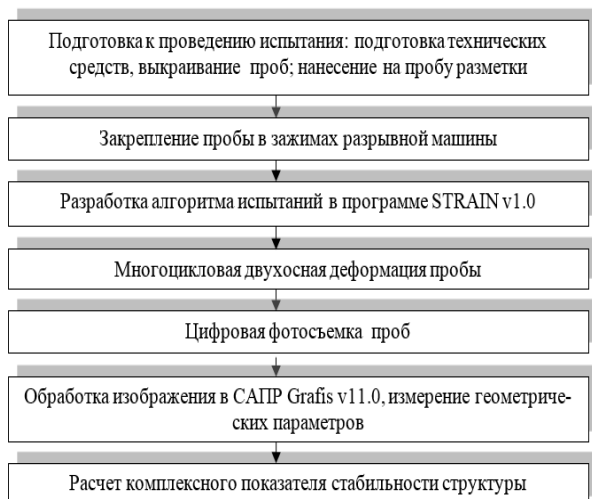


Рис. 1

В качестве критерия стабильности тентовых конструкций при эксплуатационных воздействиях используется комплексный показатель, включающий три единичных: изменение площади геометрической разметки (квадрата), изменение длин сторон и изменение углов после двухосного растяжения с заданными циклами нагружения. Комплексные методы, в основу которых положен принцип оценки свойств, объединенных в группы, на сегодняшний день получили широкое распространение для оценки качества материалов и изделий легкой промышленности [14...23].

Данная методика применима к широкому ассортименту тентовых материалов, используемых в каркасно-тентовых конструкциях, а также может распространяться на другие виды материалов.

Экспериментальное оборудование для проведения испытаний представляет собой разрывную машину, подключенную к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Конструктивно устройство состоит из станины, модулей линейного перемещения, металлических планок-зажимов и сервопривода, включающего инкрементный преобразователь угловых перемещений (инкрементный энкодер), электромотор с редуктором, блок питания и управления.

Для проведения исследований используются пробы в форме квадратов со сторонами, равными длинам зажимных планок разрывной машины и имеющими дополнительный припуск 50 мм, равный ширине зажимных планок. На дополнительном припуске размечены отверстия для заправки образцов.

Для измерения геометрической деформации материалов на всей рабочей зоне элементарных проб нанесена разметка в виде квадратов со сторонами 40 мм. Общие габаритные размеры составляют 380x380 мм (рис. 2 – подготовка пробы; а – схема пробы; б – закрепление пробы в зажимах испытательного оборудования).

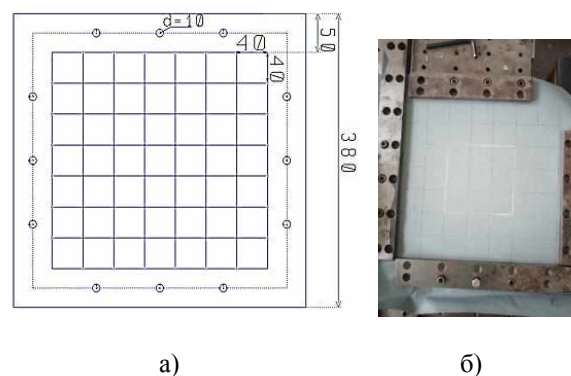


Рис. 2

Суть определения двухосной циклической деформации по данной методике заключается в следующем. Подготовленная проба исследуемого материала закрепляется в зажимах разрывной машины, подвергается двухосной деформации растяжения с заданным количеством циклов по предварительно разработанному алгоритму в программе STRAIN v1.0, задающему параметры деформирования (табл. 2 – характеристика полного цикла испытаний). Один полный цикл программы, длительностью 30 мин, характеризует комплекс попеременного одноосного и двухосного перемещения вдоль осей X и Y с заданными параметрами деформирования. Зажимная длина равна ширине испытываемых проб, таким образом обеспечивается равномерная деформация проб.

Таблица 2

Шаг цикла	Перемещение, мм	Усилие, Н	Время закливания, с	Общее время полного цикла, с
1	ось X на 5 мм	10000	900	1800
2	ось X на -5 мм	10000		
3	ось Y на 5 мм	10000		
4	ось Y на -5 мм	10000		
5	ось Y и X на 5 мм	10000	900	
6	ось Y и X на -5 мм	10000		

По завершении всех циклов алгоритма пробу снимают с зажимов разрывной машины, осуществляют ее фотосъемку. Затем переводят цифровое изображение с заданным масштабом в режим работы с фоновым рисунком в САПР Grafis v.11.0. С помощью измерительных инструментов данной программы вычисляют изменение длин сторон, площади, а также отклонение углов от исходных значений геометрических фигур разметки. На рис. 3 приведен пример обработки цифрового изображения разметки пробы после испытания.

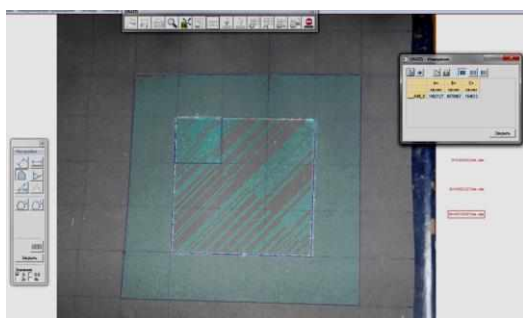


Рис. 3

Результаты

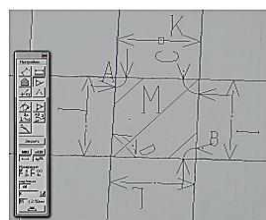
Разработанная методика проведения исследования стабильности структуры тентовых материалов в условиях циклического комбинированного нагружения включает расчет значения комплексного показателя качества. Информативное представление о деформированном состоянии всей поверхности пробы исследуемого материала достигается введением следующих показателей: Δl – изменение длины сторон, мм; $\Delta \beta$ – отклонение углов, град; ΔP – изменение площади, мм².

Предусмотренное методикой варьирование режимов испытаний позволяет моделировать различные виды циклических нагружений и предусматривает создание объективных условий для сопоставления результатов испытаний различных объектов.

Апробация методики производилась на образцах наиболее распространенных тентовых материалов Sunbrella (Франция) Oxford R/S (Китай) (табл. 3).

Таблица 3

Вид материала	Волокнистый состав	Вид отделки	Поверхностная плотность, г/м ²
Sunbrella (Франция)	Акрил	Обработка фторуглеродами для обеспечения водоотталкивающих свойств и устойчивости к ультрафиолетовому излучению, антигрибковое покрытие	330
Oxford R/S (Китай)	Полиэстер	Водоотталкивающая пропитка и пленочное полиуретановое покрытие; R/S (RipStop) – специальная упрочняющая структура плетения	250



а)

Геометрический параметр	Обозначение	Значение
Угол, → °	A	88.43
Угол, → °	B	90.70
Угол, → °	C	89.13
Угол, → °	D	88.64
Длина линии, мм	I	41,10
Длина линии, мм	J	41
Длина линии, мм	K	39,25
Длина линии, мм	L	40
Площадь, кв.мм	M	1640

б)

Рис. 4

На рис. 4 (измерение геометрических показателей деформации; а – фрагмент измерения в программе Grafis v.11.0; б – пример расчета геометрических параметров деформации) представлен протокол измерений одного фрагмента разметки пробы. Высокая точность программного средства позволяет получать объективные результаты

изменения линейных размеров проб после циклических испытаний.

Анализ результатов исследования (табл. 4) показал, что воздействию циклической двухосной деформации наиболее подвержены области вблизи зажимов испытательного оборудования.

Т а б л и ц а 4

Показатель	Усредненное значение изменения геометрических параметров разметки					
	вблизи зажимов по оси X		вблизи зажимов по оси Y		центральная область	
	Oxford R/S	Sumbrella	Oxford R/S	Sumbrella	Oxford R/S	Sumbrella
Δl , мм	1,03	0,70	1,05	0,71	0,65	0,34
$\Delta \beta$, °	1,00	0,46	0,90	0,39	0,20	0,14
ΔP , мм ²	56,40	89,21	56,46	6,74	27,31	52,42

Исследование причинно-следственных связей единичных показателей качества с применением метода анализа иерархий позволило установить коэффициенты весомости для выбранных показателей качества (табл. 5 – пример расчета комплексного показателя стабильности структуры тентовых материалов при циклическом растяжении).

Расчет комплексного показателя качества материала для всей совокупности кри-

териев в предлагаемой методике осуществляется по формуле среднего геометрического:

$$КПС = \prod_{i=1}^n P_i^{j_i},$$

где P_{ji} – безразмерная величина показателя качества; j_i – коэффициент весомости ПК; $\sum j_i = 1$; n – число показателей качества.

Т а б л и ц а 5

Вид материала	Усредненное значение изменения геометрических параметров разметки с учетом всех зон						Комплексный показатель стабильности структуры, КПС
	абсолютные значения параметров			дискретные балловые оценки			
	Δl	β	ΔP	$B_{\Delta l}$	$B_{\Delta \beta}$	$B_{\Delta P}$	
Оксфорд RipStop	0,91	0,7	46,72	1	1	2	1,23
Санбrella	0,58	0,33	49,46	2	2	1	1,61
Коэффициент весомости	0,38	0,32	0,30	0,38	0,32	0,30	-

Сравнительный анализ исследуемых материалов, характеризует материал Sunbrella как более устойчивый к циклической комбинированной деформации растяжения.

Заключение

В предлагаемой методике определения стабильности структуры тентовых материалов предусмотрена оценка изменения геометрических параметров после двухосного многоциклового растяжения с использованием трех единичных показателей: измене-

ния площади, длин сторон и углов квадратов. Возможность варьирования режимами испытаний позволяет моделировать различные виды циклических нагружений и создает объективные условия для сопоставления результатов испытаний различных объектов.

Расчет изменения параметров формы разметки осуществляется с использованием автоматизированной программы Grafisv11.0, что во многом упрощает расчеты компонентов деформации и повышает точность

результатов. Посредством испытательного оборудования, реализующего двухосное циклическое растяжение, образцы исследуемых материалов подвергаются деформированию, имитирующему реальный процесс эксплуатации тентовых конструкций.

Применение показателей деформации позволяет оценить изменение геометрических параметров тентового материала под действием циклических нагрузок, выявлять области, наиболее/наименее подверженные циклическим деформациям растяжения, прогнозировать необходимые манипуляции с тентовой конструкцией (например, своевременная подтяжка креплений) с целью сохранения первоначальной формы.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика определения двухосной циклической деформации тентового материала.

2. Для комплексной оценки деформационных свойств тентовых материалов, анализируемой по средствам специальной разметки проб, предложены показатели: изменение длины, отклонение угла, изменение площади геометрических фигур.

3. Преимуществом метода является возможность прогнозирования деформационных свойств каркасно-тентовых изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Омирова М.З., Груздева А.П., Чагина Л.Л., Азанова А.А.* Исследование водонепроницаемости материалов, используемых для изготовления тентовых изделий // *Дизайн и технологии.* – 2020, № 76 (118). С. 70...77.

2. *Чагина Л.Л., Рыжов Е.С.* Формирование номенклатуры свойств материалов, определяющих качество тентов для водного транспорта // *Технологии и качество.* – 2018, № 1(39). С. 8...12.

3. СТБ ИСО 2960-2002 (ГОСТ ИСО 2960-2002) Определение прочности при продавливании и растяжения продавливанием методом диафрагмы. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

4. *Баженов В.И., Бабинец С.В.* *Материаловедение трикотажно-швейного производства.* – М.: Легкая индустрия, 1971. С.37.

5. Зыбин А.Ю. Авт. свид. № 167065.– Бюллетень изобретений, № 24, 1964.

6. *Растение И.К., Петраускас А.В., Страздас Л.Б., Гутаускас М.М.* Пневматический пульсатор

ЕРДТ-2 // *Изв. вузов. Технология легкой промышленности.* – 1970, № 4.

7. *Кукин Г.Н. и др.* *Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия).* – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1992.

8. *Кобляков А.И.* Структура и механические свойства трикотажа. – М.: Легкая индустрия, 1973.

9. *Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / Под ред. А. И. Коблякова.* – М., 1986.

10. Устройство для определения деформационных свойств кожи и подобных ей гибких материалов. Пат. 2354953 РФ: G 01 N 33/36/ Баранова Е.В., Лисиенкова Е.Н., Стельмашенко В.И., Саламатин А.В.; заявитель и патентообладатель Российский государственный университет туризма и сервиса - № 2007114927/28; заяв. 20.04.2007; опубл. 27.10.2008

11. DIN EN 12332-1-1998 Rubber or plastic coated fabrics - Determination of bursting strength - Part 1: Steel ball method // 1998. 7 с.

12. Membrane Structures Association of Japan, MSAJ/M-02-1995 – Testing Method for Elastic Constants of Membrane Materials, 1995.

13. ASTM D2136-02(2012) Standard Test Method for Coated Fabrics – Low-Temperature Bend Test // 2012.

14. *Буркин А.Н., Махонь А.Н., Панкевич Д.К.* Эксплуатационные свойства текстильных материалов / Под общ. ред. А.Н. Буркина. – Витебск: ВГТУ, 2019.

15. *Денисова О.Н., Кирюхин С.М.* Совершенствование комплексной оценки качества тканей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2007, №2. С. 22...26.

16. *Кирюхин С.М., Плеханова С.В.* Особенности оценки качества текстильных материалов // *Дизайн и технологии.* – 2017, № 60(102). С. 61...69.

16. *Чагина Л.Л.* Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2015, №6. С. 16...21.

17. *Маринкина М.А., Чагина Л.Л.* Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для компрессионных изделий // *Вестник Костромского государственного технологического университета.* – 2015, № 1(34). С. 39...43.

18. *Омирова М.З., Чагина Л.Л., Груздева А.П.* Комплексная оценка качества тентовых материалов // *Технологии и качество.* – 2020, № 2 (48). С. 3...7.

19. *Чагина Л.Л., Смирнова Н.А.* К вопросу определения уровня качества льняных трикотажных изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2017, № 1. С. 153...157.

20. *Мальшева О.В., Гусев Б.Н.* Совершенствование нормативной оценки качества трикотажных бельевых изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2016, №2. С. 48...51.

21. *Лунькова С.В., Лысова М.А., Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н.* Комплексная оценка чистоты текстильных нитей // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2014, № 2. С. 27...31.

22. Шустов Ю.С., Лебедева Н.П. Сравнительная оценка качества огнестойких тканей различных поставщиков нефтегазового комплекса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 1. С. 28...31.

23. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Малавко Е.Н. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С. 12...15.

REFERENCES

1. Omirova M.Z., Gruzdeva A.P., Chagina L.L., Azanova A.A. . Investigation of the waterproofness of materials used for the manufacture of awning products // Design and Technologies. – 2020, № 76 (118). P.70...77.

2. Chagina L.L., Ryzhov E.S. Formation of the nomenclature of material properties that determine the quality of tents for water transport // Technologies and quality. – 2018, № 1(39). P. 8...12.

3. STB ISO 2960-2002 (GOST ISO 2960-2002) Determination of punching shear strength and punching tensile strength by the diaphragm method. – M.: Publishing house of standards, 2002.

4. Bazhenov V.I., Babinets S.V. Material science of knitted and sewing production. – M.: Light Industry, 1971. P.37.

5. Zybin A.Yu. Auth. certificate № 167065.– Bulletin of Inventions, № 24, 1964.

6. Plant I.K., Petrauskas A.V., Strazdas L.B., Gutauskas M.M. Pneumatic pulsator ERDT-2 // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 1970, № 4.

7. Kukin G.N. etc. Textile materials science (textile fabrics and products). - 2nd ed., revised. and additional – M.: Legprombytizdat, 1992.

8. Koblyakov A.I. Structure and mechanical properties of knitwear. – M.: Light industry, 1973.

9. Laboratory workshop on textile materials science / Ed.A. I. Koblyakova. - M., 1986.

10. A device for determining the deformation properties of leather and similar flexible materials. Pat. 2354953 RF: G 01 N 33/36/ Baranova E.V., Lisienkova E.N., Stelmashenko V.I., Salamatina A.V.; applicant and patent holder Russian State University of Tourism and Service - № 2007114927/28; 04/20/2007; publ. 27.10.2008

11. DIN EN 12332-1-1998 Rubber or plastic coated fabrics - Determination of bursting strength - Part 1: Steel ball method. – 1998.

12. Membrane Structures Association of Japan, MSAJ/M-02-1995 - Testing Method for Elastic Constants of Membrane Materials, 1995.

13. ASTM D2136-02(2012) Standard Test Method for Coated Fabrics – Low-Temperature Bend Test. – 2012.

14. Burkin A.N., Makhon A.N., Pankevich D.K. Operational properties of textile materials / Ed. ed. A.N. Burkina. – Vitebsk: VSTU, 2019.

15. Denisova O.N., Kiryukhin S.M. Improving the integrated assessment of the quality of tissues // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2007, № 2. P. 22...26.

16. Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V. Improvement of a comprehensive assessment of the quality of fabrics // Design and technology. – 2017, № 60(102). P. 61...69.

16. Chagina L.L. Method of comprehensive assessment of the quality of linen knitted fabrics for upper products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 6. P. 16...21.

17. Marinkina M.A., Chagina L.L. Methodology for a comprehensive assessment of the quality of linen knitted fabrics for compression products // Bulletin of the Kostroma State Technological University. - 2015, №1(34). P. 39...43.

18. Omirova M.Z., Chagina L.L., Gruzdeva A.P. Comprehensive assessment of the quality of awning materials // Technologies and quality. – 2020, № 2 (48). P.3...7.

19. Chagina L.L., Smirnova N.A. On the question of determining the quality level of linen knitwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2017, № 1. P. 153 ... 157.

20. Malysheva O.V., Gusev B.N. Improvement of the normative assessment of the quality of knitted underwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2016, № 2. P. 48...51.

21. Lunkova S.V., Lysova M.A., Chistyakova N.E., Gusev B.N. Comprehensive assessment of the purity of textile threads // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2014, № 2. P. 27 ... 31.

22. Shustov Yu.S., Lebedeva N.P. Comparative assessment of the quality of fire-resistant fabrics from various suppliers of the oil and gas complex // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, № 1. P. 28...31.

23. Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Malavko E.N. Complex assessment of mechanical properties of furniture fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2011, № 6. P. 12...15.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 26.11.21.