

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.025

doi 10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8

Екатерина Михайловна Копарева¹

Марина Валерьевна Зими́на²

Сергей Николаевич Титов³

Любовь Леонидовна Чагина⁴

^{1,2,3,4}Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

¹kat.kopareva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5700-7305>

²ziminamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

³slotings@yandex.ru

⁴lyu-chagina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

Аннотация. В статье показана возможность определения характеристик деформации растяжения трикотажных полотен методом оптико-электронной обработки цифровых изображений с использованием разработанного программного обеспечения. Методика применима для трикотажных полотен разреженных структур любого волокнистого состава. Испытания проводятся на разработанном устройстве, реализующем возможность пространственного деформирования проб. В качестве количественного показателя изменения структуры трикотажного полотна при растяжении используется коэффициент, характеризующий изменение структуры увеличением сквозной пористости полотна. Стабильность структуры трикотажного полотна оценивается показателем, определяющим восстанавливаемость петельной структуры после отдыха. Апробация методики осуществлена на льняных трикотажных полотнах. Результаты экспериментальных исследований целесообразно использовать на стадии проектирования изделий для создания трикотажных полотен, устойчивых к действию эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: трикотажные полотна, трикотажные изделия, деформация растяжения, методика, автоматизированная оценка, гистограмма цифрового изображения, программное обеспечение

Для цитирования: Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен / Е. М. Копарева, М. В. Зими́на, С. Н. Титов, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 4–8. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8>.

Ekaterina M. Kopareva, Marina V. Zimina, Sergey N. Titov, Lyubov' L. Chagina

Kostroma State University, Kostroma, Russia

USING THE PRINCIPLES OF AUTOMATED OPTICAL IMAGE RECOGNITION TO ASSESS THE STRUCTURAL STABILITY OF KNITTED FABRICS

Abstract. The article shows the possibility of determining the characteristics of stretch deformation of knitted fabrics by optoelectronic processing of digital images using the developed software. The technique is applicable for knitted fabrics of sparse structures of any fibrous composition. The tests are carried out on a developed device that implements the possibility of spatial deformation of the samples. As a quantitative indicator of the change in the structure of the knitted fabric under tension, a coefficient, that characterises the change in the structure by increasing the through porosity of the fabric, is used. The stability of the structure of the knitted fabric is evaluated by an indicator that determines the recoverability of the loop structure after rest. The method was tested on linen knitted fabrics. The results of experimental studies

© Копарева Е. М., Зими́на М. В., Титов С. Н., Чагина Л. Л., 2021

should be used at the design stage of products to create knitted fabrics resistant to the action of operational loads.

Keywords: knitted webs and articles, tension strain, technique, automated evaluation, digital image histogram, software

For citation: Kopareva E. M., Zimina M. V., Titov S. N., Chagina L. L. Using the principles of automated optical image recognition to assess the structural stability of knitted fabrics // *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;1(51): 4–8. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-1-51-4-8>.

В процессе эксплуатации трикотажных изделий на участках опорной поверхности фигуры человека происходит деформирование петельной структуры полотна. Значительные деформации приводят к видимому искажению рисунка переплетения, что обуславливает снижение эстетического уровня изделия. Наиболее актуальна эта проблема для изделий из трикотажных полотен, обладающих разреженной петельной структурой, например льняных. Нестабильность структуры льняного трикотажа, в сравнении с другими полотнами, является свойством, обуславливающим специфику ассортимента изделий, их конструктивных особенностей и поведения в процессе носки [1–4]. Нецелесообразность увеличения плотности вязания вследствие повышенной жесткости льняных полотен определяет важность выявления рациональной структуры полотен с точки зрения их стабильности при эксплуатационных воздействиях [5–9].

Для количественной оценки изменения структуры трикотажного полотна при растяжении

разработана методика (рис. 1), в которой в качестве критерия используется изменение площади сквозных пор после деформации растяжения в пределах эксплуатационных нагрузок [10, 11].

Методика применима для трикотажных полотен разреженных структур любого волокнистого состава. Испытания проводятся на разработанном устройстве, реализующем возможность пространственного деформирования проб [11]. В качестве количественного показателя изменения структуры трикотажного полотна при растяжении используется коэффициент K , характеризующий изменение структуры увеличением сквозной пористости полотна:

$$K = \frac{S_1 - S_0}{S_0} 100 \%, \quad (1)$$

где S_0 – суммарная площадь сквозных пор полотна до нагружения;

S_1 – суммарная площадь сквозных пор полотна после нагружения.



Рис. 1. Последовательность изучения деформационных свойств трикотажных полотен по гистограммам цифровых изображений

Стабильность структуры трикотажного полотна оценивается показателем, характеризующим восстанавливаемость петельной структуры после отдыха. Предлагаемый коэффициент стабильности полотна, рассчитанный по формуле (2), может являться критерием для выявления рациональных характеристик строения трикотажного полотна с точки зрения устойчивости петельной структуры к действию эксплуатационных нагрузок.

$$K_{\text{стаб}} = \left(1 - \frac{S_2 - S_0}{S_0} \right) 100 \%, \quad (2)$$

где S_2 – суммарная площадь сквозных пор полотна после нагружения и отдыха.

Определение площади сквозных пор пробы выполняется с помощью разработанного программного обеспечения, позволяющего в автоматизированном режиме получать значения коэффициента изменения структуры полотна.

Изображения трикотажного полотна до и после нагружения получают при одинаковых внешних условиях. Параметры графических преобразований в процессе обработки изображений остаются постоянными. Для сравнительной оцен-

ки используется центральная область полученных изображений, в которой определяется суммарная площадь всех сквозных пор в пикселах.

Цифровое изображение пробы состоит из светлых участков – нитей и темных участков – сквозных пор. Главная задача заключается в том, чтобы разделить изображение на составляющие части (нити и поры) для последующего определения их площадей. На первом этапе в программу загружается оптическое изображение трикотажного полотна до нагружения, затем – после действия нагрузки (рис. 2а). Обработка цифрового изображения начинается с преобразования изображения в оттенки серого. Все элементы изображения (пиксели) имеют числовое значение яркости от 0 (соответствующее черному цвету) до 255 (соответствующее белому цвету). Гистограмма, получаемая на данном этапе обработки, отражает количество пикселей, распределенных в спектре яркости. Для преобразования в черно-белое изображение необходимо задать порог для гистограммы цифрового изображения (все пиксели справа от него будут считаться белыми, слева – черными), а также сглаживание выбивающихся единичных пикселей (рис. 2б).

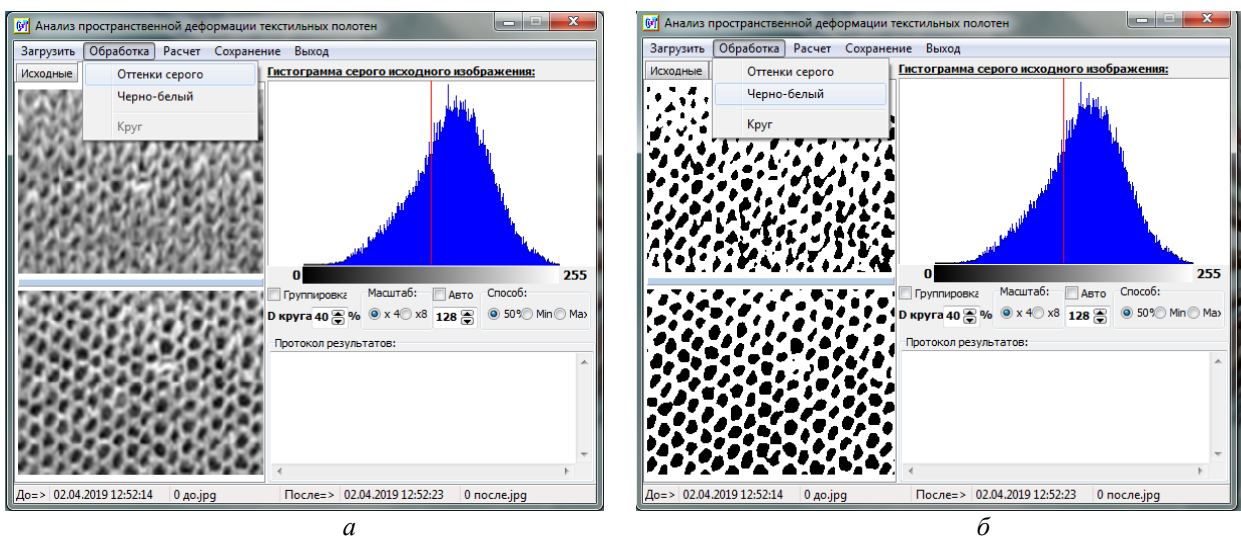


Рис. 2. Преобразование изображения в оттенки серого (а) и черно-белое (б) изображение

Далее осуществляется выделение центральной области изображения. Исследуемый участок является плоским на нагружающем элементе и обеспечивает корректность дальнейших расчетов (рис. 3а). Диаметр выделяемого круга можно корректировать, его значение зависит от фокусного расстояния камеры, с помощью которой производится фотосъемка на этапе проведения испытаний. На предварительном этапе экспериментальным способом

устанавливается оптимальное значение данного параметра. По завершении указанных преобразований происходит расчет коэффициента изменения структуры полотна по формулам (1) и (2). В конечном итоге формируется протокол проведения испытаний (рис. 3б).

В протоколе отображается информация о дате и времени проведения испытаний, размере изображения, задаваемые параметры для преобразования изображений в монохромные,

параметры, необходимые для выделения центральной области, значение площади сквозных пор до и после нагружения, значение коэффициента деформации (коэффициента изменения структуры). На рис. 4 представлен фрагмент протокола проведения испытаний.

ВЫВОДЫ

1. Разработано программное обеспечение, реализующее возможность количественной оценки изменения структуры трикотажного по-

лотна при растяжении по гистограммам цифровых изображений.

2. Критерием оценки деформационных свойств является изменение площади сквозных пор трикотажного полотна после растяжения в пределах эксплуатационных нагрузок.

3. Результаты экспериментальных исследований могут использоваться на стадии проектирования для прогнозирования устойчивости петельной структуры трикотажных полотен.

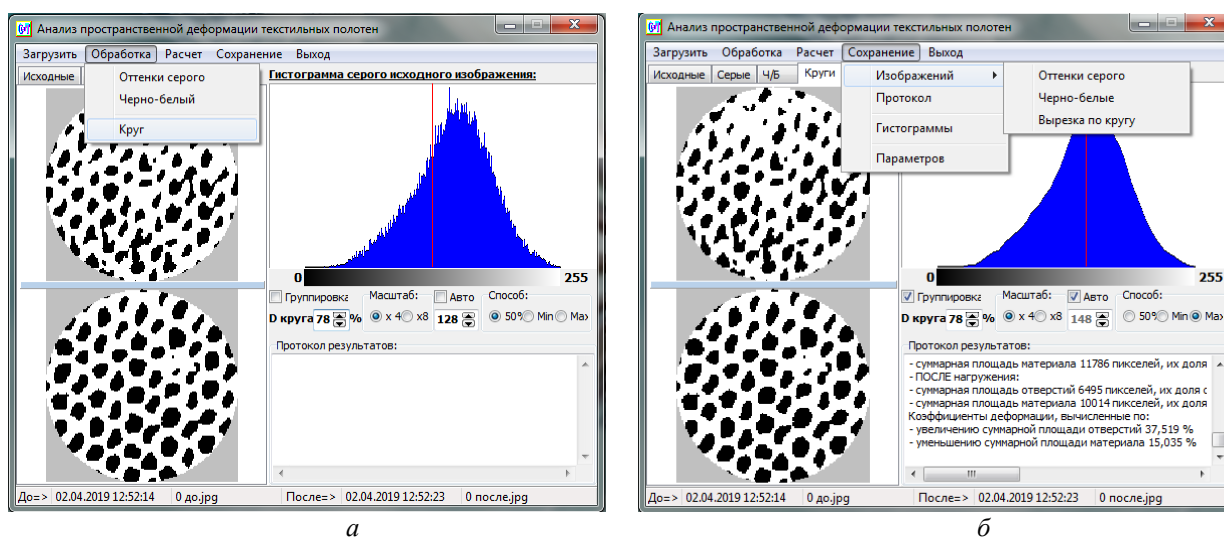


Рис. 3. Выделение центральной области изображения (а) и формирование протокола испытаний (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
Размер изображения образца до нагружения	$284 \times 186 = 52824$ пикселей
Размер изображения образца после нагружения	$284 \times 186 = 52824$ пикселей
Способ определения порога при преобразовании изображений в монохромные:	автоматический, 50 %
Значение порога	128/256
Анализ ВЫДЕЛЕННЫХ ЧАСТЕЙ монохромных изображений образца:	
Диаметр выделенного круга составляет	40 % от меньшего размера изображения
– ДО нагружения:	
– суммарная площадь отверстий	1665 пикселей, их доля составляет 38,739 %
– суммарная площадь материала	2633 пикселей, их доля составляет 61,261 %
– ПОСЛЕ нагружения:	
– суммарная площадь отверстий	1997 пикселей, их доля составляет 46,463 %
– суммарная площадь материала	2301 пикселей, их доля составляет 53,537 %
Коэффициенты деформации, вычисленные по:	
– увеличению суммарной площади отверстий	19,940 %
– уменьшению суммарной площади материала	12,609 %

Рис. 4. Фрагмент протокола испытаний

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чагина Л. Л. Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 2. С. 91–95.
2. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А. К вопросу определения уровня качества льняных трикотажных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1. С. 153–157.
3. Чагина Л. Л. Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 16–21.

4. Чагина Л. Л., Копарева Е. М., Аверкиева О. А. Использование критериев параметрического и геометрического соответствия формы одежды фигуре человека для оценки качества льняных трикотажных изделий // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 2(33). С. 41–44.
5. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А., Вершинина А. В. Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 10–14.
6. Методика оценки жесткости при растяжении элемента трикотажного полотна / С. В. Бойко, Л. Л. Чагина, Н. А. Смирнова, М. А. Соболева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 4. С. 25–29.
7. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А., Воронова Е. М. Применение неразрушающего метода для исследования деформационных свойств льняных трикотажных полотен // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2012. № 1(28). С. 40–43.
8. Чагина Л. Л. Экспериментальное исследование жесткости при изгибе льняных трикотажных полотен по различным методикам // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2014. № 1(32). С. 36–41.
9. Чагина Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние модуля петли на показатели свойств льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 1(332). С. 12–15.
10. Копарева Е. М., Чагина Л. Л. Разработка классификации методов исследования деформационных свойств текстильных полотен при пространственном растяжении // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2013. № 2(31). С. 42–46.
11. Патент на изобретение № 2619728 РФ. Способ определения изменения структуры трикотажного полотна при пространственном растяжении / Е. М. Копарева, М. А. Маринкина, С. П. Рассадина, Л. Л. Чагина. Оpubл. 17.05.2017, Бюл. № 14.

REFERENCES

1. Chagina L. L. Vliyanie svoystv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye harakteristiki izdeliya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2014. № 2. S. 91–95.
2. Chagina L. L., Smirnova N. A. K voprosu opredeleniya urovnya kachestva l'nyanyh trikotazhnyh izdelij // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2017. № 1. S. 153–157.
3. Chagina L. L. Metodika kompleksnoj ocenki kachestva l'nyanyh trikotazhnyh poloten dlya verhnih izdelij // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2015. № 6. S. 16–21.
4. Chagina L. L., Kopareva E. M., Averkieva O. A. Ispol'zovanie kriteriev parametricheskogo i geometricheskogo sootvetstviya formy odezhdy figure cheloveka dlya ocenki kachestva l'nyanyh trikotazhnyh izdelij // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 2(33). S. 41–44.
5. Chagina L. L., Smirnova N. A., Vershinina A. V. Issledovanie i uchet deformacionnyh svoystv pri proektirovanii odezhdy iz l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2011. № 1. S. 10–14.
6. Metodika ocenki zhestkosti pri rastyazhenii elementa trikotazhnogo polotna / S. V. Bojko, L. L. Chagina, N. A. Smirnova, M. A. Soboleva // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2013. № 4. S. 25–29.
7. Chagina L. L., Smirnova N. A., Voronova E. M. Primenenie nerazrushayushchego metoda dlya issledovaniya deformacionnyh svoystv l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. № 1(28). S. 40–43.
8. Chagina L. L. Eksperimental'noe issledovanie zhestkosti pri izgibe l'nyanyh trikotazhnyh poloten po razlichnym metodikam // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 1(32). S. 36–41.
9. Chagina L. L., Smirnova N. A. Vliyanie modulya petli na pokazateli svoystv l'nyanyh trikotazhnyh poloten // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2010. № 1(332). S. 12–15.
10. Kopareva E. M., Chagina L. L. Razrabotka klassifikacii metodov issledovaniya deformacionnyh svoystv tekstil'nyh poloten pri prostranstvennom rastyazhenii // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2013. № 2(31). S. 42–46.
11. Patent na izobretenie № 2619728 RF. Sposob opredeleniya izmeneniya struktury trikotazhnogo polotna pri prostranstvennom rastyazhenii / E. M. Kopareva, M. A. Marinkina, S. P. Rassadina, L. L. Chagina. Opubl. 17.05.2017, Byul. № 14.

Статья поступила в редакцию 02.02.2021
Принята к публикации 11.03.2021