

**НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПИЛЛИНГУЕМОСТИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН С УЧЕТОМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ
ИСПЫТЫВАЕМЫХ ПРОБ**

**RATIONING OF TEXTILE FABRICS PILLING ABILITY INDEX
WITH DIGITAL PROCESSING INCLUDED TEST SAMPLES**

Т.О. ГОЙС, Т.Н. НОВОСАД, Н.А. КОРОБОВ, Б.Н. ГУСЕВ

T.O. GOIS, T.N. NOVOSAD, N.A. KOROBOV, B.N. GUSEV

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: k_mtsm@ivgpu.ru

Уровень качества изготавливаемых текстильных изделий зависит от соответствия фактических значений единичных показателей качества их нормативным значениям. Для швейных и трикотажных изделий, изготавливаемых из различных по виду текстильных полотен, ухудшение уровня качества в процессе эксплуатации изделий связано прежде всего с образованием пиллингуемости текстильных волокон на поверхности исходных материалов. Сам процесс образования пиллингуемости зависит от волокнистого состава материала, геометрических и механических свойств волокон, структуры нитей и строения произведенных текстильных полотен. Показатель пиллингуемости для тканей и штучных изделий бытового назначения из химических волокон входит в номенклатуру показателей качества по группе свойства назначения.

В работе осуществлен анализ измерительных операций стандартных методов испытаний для различных видов текстильных полотен, где подсчет количества пиллей осуществляется визуально, что приводит к субъективной погрешности при определении более четкой границы между понятиями ворсистости и пиллингуемости. Для снижения значения данной погрешности и повышения точности в оценке исследуемого показателя эксплуатационной надежности текстильных полотен применены различные способы цифровизации испытаний: формирование цифрового изображения испытываемой пробы с целью дальнейшей обработки, включая его бинаризацию, фильтрацию и сегментацию. Определены возможные направления по повышению точности измерений путем установления границы между свойствами «ворсистость» и «пиллингуемость» текстильных полотен. До-

полнительно с использованием метода аппроксимации предложен вид уравнения для непрерывного прогнозирования уровня показателя пиллингуемости относительно числа циклов испытаний на истирание пробы.

The quality level of manufactured textiles depends on the compliance of the actual values of individual quality indicators with their normative values. For sewing and knitting products made from textile fabrics of various types, the deterioration of the quality level during the operation of the products is primarily due to the formation of the pilling properties of textile fibers on the surface of the starting materials. The very process of formation of pilling depends on the fiber composition of the material, the geometric and mechanical properties of the curls, the structure of the threads and the structure of the textile polishes produced. The pilling index for fabrics and household products made of chemical fibers is included in the range of quality indicators for the purpose properties group.

The paper analyzes the measurement operations of standard test methods for various types of textile fabrics, where the counting of the number of pills is carried out visually, which leads to a subjective error in determining a clearer boundary between the concepts of fluffiness and pilling. To reduce the value of this error and increase the accuracy in assessing the studied indicator of operational reliability of textile fabrics, digital processing of the tested samples was applied by forming a digital image with its subsequent binarization, filtration and segmentation of the necessary image elements. Possible directions for improving the accuracy of measurements by establishing a boundary between the properties of "fluffiness" and "pilling" of textile fabrics are determined. Additionally, using the approximation method, a type of equation for continuous prediction of the level of the pilling index relative to the number of test cycles for abrasion of the sample is proposed. An equation for continuous prediction of the level of the pilling index relative to the number of cycles of abrasion tests of the sample is proposed .

Ключевые слова: текстильные полотна, показатель пиллингуемости, нормирование, приборная и цифровая обработка проб.

Keywords: textile fabrics, pilling index, rationing, instrumental and digital sample processing.

Введение

Процесс образования пиллингуемости волокон на поверхности текстильных полотен при их использовании в готовых изделиях (швейных, трикотажных) включает образование на начальной стадии их истирания небольших шариков (пиллей), т. е. рыхлых комочков из спутанных волокон, которые более или менее прочно удерживаются на поверхности полотен с помощью так называемых якорных волокон. Сам процесс образования пиллей можно разделить на три этапа: вначале происходит подъем над поверхностью материала свободных кончиков волокон, где образуется заметная ворсистость или мшистость, а затем во-

локна начинают группироваться, перепутываться и образовывать рыхлые комочки. Далее часть волокон обрывается и запутывается в комочки, которые уплотняются и удерживаются на трех-четырёх якорных волокнах [1].

Пиллингуемость текстильных полотен зависит от волокнистого состава изделия, геометрических и механических свойств волокон, структуры нитей и произведенных текстильных полотен. Склонностью к пиллингуемости обладают текстильные полотна, при выработке которых в смеси используют полиамидные (например, капрон) или полиэфирные (например, лавсан) волокна. Эти волокна обычно имеют гладкую

поверхность, большие удлинение и прочность, высокую стойкость к многократным деформациям. Благодаря указанным свойствам волокна быстро выходят на поверхность полотна, что ведет к формированию пиллей и очень длительному удерживанию их на поверхности изделия. Напротив, полиакрилонитрильные (например, нитрон) волокна с незначительной прочностью и низкой стойкостью к многократным деформациям дают, как правило, слабый пиллинг. Тонина и форма поперечного сечения волокон оказывают существенное влияние на уровень пиллингуемости. Более тонкие и гладкие волокна имеют большую склонность к образованию пиллинга по сравнению с толстыми волокнами. Для снижения пиллингуемости текстильных изделий выпускают профилированные синтетические

волокна, которые имеют поперечное сечение в виде прямоугольника, треугольника, звездочки. Снижение пиллингуемости или полное ее исключение может быть достигнуто в результате специальной обработки текстильных полотен [2].

Методы исследования

Показатель пиллингуемости, например, для тканей и штучных изделий бытового назначения из химических волокон в соответствии с требованиями ГОСТ 4.51-87 входит в номенклатуру показателей качества по группе свойства назначения.

В технических условиях на отдельные виды тканых и трикотажных полотен установлены соответствующие допускаемые нормативные значения по пиллингуемости (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Номер и наименование нормативного документа	Допускаемые значения кол. пиллей на 10 см ² или баллов (по стандартному методу измерения)
ГОСТ 11518-88. Ткани сорочечные из химических нитей и смешанной пряжи. Общие технические условия	Пиллей не более 3 (ГОСТ 14326-73)
ГОСТ 28253-89. Ткани шелковые и полшелковые плательные и плательно-костюмные. Общие технические условия	Пиллей не более 4 (ГОСТ 14326-73)
ГОСТ 29223-91. Ткани плательные, плательно-костюмные и костюмные из химических волокон. Общие технические условия	Пиллей не более 4...5 (ГОСТ 14326-73)
ГОСТ 28000-2004. Ткани одежные чистошерстяные, шерстяные и полушерстяные. Общие технические условия	Пиллей не более 1...20 (ГОСТ 9913 – 90)
ГОСТ 15968-2014. Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия	Пиллей не более 4...9 (ГОСТ 14326-73)
ГОСТ 30385-95. Полотна трикотажные для верхних изделий. Нормы устойчивости к пиллингу	Пиллей не более 1...3 (ГОСТ 30388-95)
ГОСТ Р 59907-2021. Полотна трикотажные. Флис. Технические условия	Баллов не менее 3 (ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012)
ГОСТ Р 59578-2021. Полотна трикотажные высокорастяжимые для спортивной одежды. Технические условия	Баллов не менее 5 (ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012)

В табл. 2 осуществлен перевод баллов менований в количество пиллей. из шкалы порядка с помощью шкалы наи-

Т а б л и ц а 2

Баллы	Описание	Количество пиллей
5	Нет видимых изменений	0
4	Небольшое появление ворсистой и (или) частично сформированные пилли	0...2
3	Умеренная ворсистость поверхности и (или) умеренные пилли. Пилли разного размера и плотности частично покрывают поверхность пробы	2...10
2	Выраженная ворсистость на поверхности и (или) выраженные пилли. Пилли разного размера и плотности покрывают большую часть поверхности пробы	11...50
1	Густая ворсистость поверхности и (или) резкие пилли. Пилли разного размера и плотности покрывают всю поверхность пробы	более 50

Измерительные операции стандартных методов испытаний для различных видов текстильных полотен приведены в табл. 3. Во всех указанных методах подсчет количества пиллей осуществляется визуально,

что, безусловно, приводит к субъективной (личной) погрешности при определении более четкой границы между понятиями ворсистости и пиллингуемости.

Т а б л и ц а 3

Номер и название нормативного документа	Испытываемые полотна	Измерительные операции
ГОСТ 14326-73. Ткани текстильные. Метод определения пиллингуемости	Тканые полотна (кроме ворсовых тканей и тканей технического назначения)	- подготовка проб; - выбор абразивного материала; - испытания для образования ворсистости (первый этап); - испытания для образования пиллей (второй этап); - подсчет количества пиллей
ГОСТ 9913-90. Материалы текстильные. Метод определения стойкости к истиранию	Чистошерстяные и полушерстяные ткани	- подготовка проб; - выбор абразивного материала; - установление числа циклов испытания; - подсчет количества пиллей
ГОСТ 30388-95/ГОСТ Р 50025-92. Полотна и изделия трикотажные. Метод определения пиллингуемости	Трикотажные полотна	- подготовка проб; - размещение проб на поверхности резиновых трубок с последующим помещением в камеру; - вращение камеры в течение 3 минут; - подсчет количества пиллей
ГОСТ ИСО 12945-1-2022. Материалы и изделия текстильные. Определение стойкости материалов к пиллингу, ворсистости или свойлачиванию (метод с применением камеры)	Тканые и трикотажные полотна	- подготовка проб; - закрепление испытуемых проб на полиуретановых трубках и хаотичное подбрасывание в камере с пробковыми вкладками с постоянной скоростью вращения; - установление числа циклов испытания; - подсчет количества баллов
ГОСТ ИСО 12945-2-2022. Материалы и изделия текстильные. Определение стойкости материалов к пиллингу, ворсистости или свойлачиванию (модифицированный метод Мартиндейла)	Тканые и трикотажные полотна	- подготовка проб; - выбор абразивного материала; - установление числа циклов испытания; - подсчет количества баллов

Для снижения значения субъективной погрешности и повышения точности в оценке исследуемого показателя эксплуатационной надежности текстильных полотен применяют различные способы цифровизации испытаний: формирование цифрового изображения испытываемой пробы с целью дальнейшей обработки, включая его бинаризацию, фильтрацию и сегментацию [3...7]. При этом проблема поиска способов цифровой обработки (в том числе и новых)

испытываемых на истирание проб различных по виду текстильных полотен остается еще актуальной, и по этой причине необходимы соответствующие экспериментальные исследования.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования выбраны тканое и трикотажные полотна различного волокнистого состава, поверхностной плотности и вида переплетения (табл. 4).

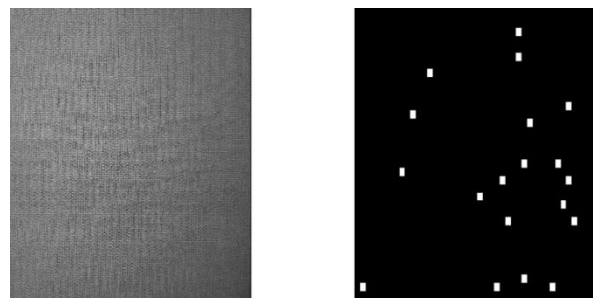
Таблица 4

Образец	Полотно	Вид волокон в составе полотна, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Вид переплетения	Назначение
1	Тканое (лицей 230)	Вискозное (50) Лавсановое (50)	235	Саржевое	Костюмное
2	Трикотажное	Хлопковое (80) Лавсановое (20)	180	Футер (2-нитка)	Для домашних изделий
3	Трикотажное	Хлопковое (100)	140	Гладь	Для домашних изделий

Изображение пробы текстильного (тканого) полотна из смесовой пряжи при 2000 циклов его испытаний (рис. 1, а) после соответствующей цифровой обработки, бинаризации, фильтрации и сегментации приведено на рис. 1, б.

Результаты и обсуждения

Результаты экспериментальных исследований образцов, характеристики которых указаны в табл. 4, приведены в табл. 5.



а)

б)

Рис. 1

Таблица 5

Число циклов	Количество пиллей на 10 см ² пробы, определенное стандартным методом / цифровой обработкой					
	полотна			среднее значение	абсолютное отклонение	относительное отклонение
	1	2	3			
125	4/5	6/8	2/3	4,0/5,3	1,3	0,33
500	8/10	10/14	4/6	7,3/10,0	2,7	0,37
1000	12/17	20/24	5/9	12,3/16,7	4,4	0,36
2000	18/20	56/85	11/7	28,3/37,3	9,0	0,32

Анализ данных, приведенных в табл. 5, показывает, что примененный в работе метод цифрового распознавания пиллей на поверхности тканых и трикотажных полотен выявил наличие систематической относительной погрешности относительно стандартного метода (ГОСТ ИСО 12945-2-2022) подсчета количества пиллей, которая изменяется с небольшим трендом по указанным в таблице циклам испытаний, что подтверждает корректность использования предлагаемого цифрового метода распознавания пиллей. Однако в связи с различными способами цифрового распознавания строения поверхности текстильных полотен [8] необходима разработка для каждого из них соответствующих критериев (установление границы) понятий ворсистости как первичного свойства и пиллингуемости как

вторичного свойства исследуемого материала [9].

При необходимости прогнозирования количества пиллей при числе циклов истирания, промежуточном между указанными в табл. 5, для целей непрерывного нормирования можно воспользоваться методом аппроксимации исходных данных [10]. Для этого выбрали линейное уравнение регрессии в виде $Y = aX + b = 0,008X + 6$ (где X – число циклов испытаний пробы; Y – количество пиллей), для чего воспользовались надстройкой «Анализ данных. Регрессия» в MS Excel. Для данного уравнения вычислены коэффициент корреляции ($R = 0,98$) и коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$), а также проведена проверка статистической значимости параметров уравнения регрессии.

ВЫВОДЫ

Стандартные методы измерения показателя пиллингуемости обладают существенной субъективной погрешностью, связанной с отсутствием четких критериев выделения изображения пиллей относительно испытываемой поверхности пробы.

Повышение точности процесса измерения уровня фактической пиллингуемости текстильных полотен после испытаний их на истирание позволяет осуществить дополнительную измерительную операцию, связанная с цифровой обработкой пробы. В связи с различными способами распознавания строения поверхности текстильных полотен необходимо разработать для каждого из них соответствующие критерии (установление границы) понятий ворсистости как первичного свойства и пиллингуемости как вторичного свойства исследуемого материала.

Примененный в работе метод цифрового распознавания пиллей на поверхности тканых и трикотажных полотен выявил наличие систематической относительной погрешности относительно стандартного метода подсчета количества пиллей, которая изменяется с небольшим трендом по указанным циклам испытаний, что подтверждает корректность использования предлагаемого цифрового метода распознавания пиллей. С использованием метода аппроксимации предложено уравнение для непрерывного прогнозирования уровня пиллингуемости относительно числа циклов испытаний на истирание пробы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С. Основы текстильного материаловедения. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. 302 с.
2. Пикина Н.Ю., Ролдугина А.Е. Влияние структурных характеристик кругловязанных хлопчатобумажных трикотажных полотен на показатели пиллинга и стойкости к истиранию // Научный альманах. 2020. №7-1(69). С. 119...125.
3. Карева Т.Ю., Мирошниченко Д.А., Толубеева Г.И., Болсуновская М.В., Бойков А.В., Лодышкин А.В. Поиск путей совершенствования цифро-

вого представления текстильных материалов с целью обнаружения дефектов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2. С. 104...108.

4. Hanbay K., Talu M.F., Ozgüven O.F., Oztürk D. Реальное время обнаружения дефектов в трикотаже с использованием преобразования Ширлет // Текстиль и конфекцион. 2019. Т. 29. № 1. С. 1...10.

5. Севостьянов П.А., Фирсов А.В. Информационные и компьютерные технологии в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. №4. С. 107...109.

6. Шеромова И.А., Старкова Г.П., Подрядчикова В.А., Железняков А.С. Экспресс-метод оценки пиллингуемости текстильных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2021. №4. С. 95...99.

7. Li C., Yang R., Liu Z., Gao G., Liu Q. Обнаружение дефектов ткани путем изучения визуальной выразительности на основе словаря // International Journal of Clothing Science and Technology. 2016. Т. 28, № 4. С. 530...542.

8. Новосад Т.Н., Сташева М.А., Гоис Т.О. и др. Анализ и перспективы развития цифровых методов измерения показателей свойств текстильных материалов и изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. №3. С. 15...33.

9. Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Синяева И.Н., Гусев Б.Н. Выделение качественных характеристик текстильной продукции // Методы менеджмента качества. 2011. №12. С. 34...38.

10. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2005. 840 с.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S. Fundamentals of Textile Materials Science. M.: Kosygin Moscow State Technical University, 2007. 302 p.
2. Pikina N.Yu., Roldugina A.E. The influence of structural characteristics of round-knitted cotton knitted fabrics on the indicators of pilling and abrasion resistance // Scientific Almanac. 2020, No.7-1(69). P. 119...125.
3. Kareva T.Yu., Miroshnichenko D.A., Tolubeeva G.I., Bolsunovskaya M.V., Boikov A.V., Lodyshkin A.V. The search for ways to improve the digital representation of textile materials in order to detect defects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2. P. 104...108.
4. Hanbay K., Talu M.F., Ozgüven O.F., Oztürk D. Real-time detection of defects in knitwear using Shirlet transformation // Textiles and confection. 2019. Vol. 29. No. 1. P. 1...10.
5. Sevostyanov P.A., Firsov A.V. Information and computer technologies in the textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2018, No.4. P. 107...109.

6. *Sheromova I.A., Starkova G.P., Contractor V.A., Zheleznyakov A.S.* Express-method of evaluation of the pilling of textile materials // *Izv. vuzov. Technology of Light Industry*. 2021, No. 4. P. 95...99.

7. *Li C., Yang R., Liu Z., Gao G., Liu Q.* Detecting tissue defects by studying visual expressiveness based on a dictionary // *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2016. Vol. 28, No. 4. P. 530...542.

8. *Novosad T.N., Stasheva M.A., Gois T.O. etc.* Analysis and prospects for the development of digital methods for measuring the properties of textile materials and products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2024. No. 3. P. 15...33.

9. *Gruzintseva N.A., Lysova M.A., Sinyaeva I.N., Gusev B.N.* Highlighting the qualitative characteristics of textile products // *Methods of quality management*. 2011. No.12. P. 34...38.

10. *Verzhbitsky V.M.* Fundamentals of numerical methods: textbook for universities. M.: Higher School, 2005. 840 p.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ.
Поступила 24.11.23.