

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677. 019

doi 10.34216/2587-6147-2021-2-52-5-10

**Николай Анатольевич Коробов**<sup>1</sup>

**Наталья Александровна Грузинцева**<sup>2</sup>

**Марина Александровна Лысова**<sup>3</sup>

**Борис Николаевич Гусев**<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

<sup>3</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

<sup>1</sup>n-korobov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1477-3464>

<sup>2</sup>gruzincevan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

<sup>3</sup>lysova7@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4551-4035>

<sup>4</sup>gusevbn@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3333-5897>

## ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ ЦИФРОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПО ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация.** Обеспечение требуемого уровня качества производимой текстильными предприятиями продукции предусматривает не только финишный (выходной) контроль ее показателей качества, но и обеспечение оперативного контроля за соответствующими характеристиками сырья и полуфабрикатов в технологических процессах по всей цепочке производства формируемого текстильного материала. В рамках функционирования системы менеджмента качества текстильного предприятия при проведении оперативного мониторинга технологических процессов требуются соответствующие автоматизированные технические средства контроля, построенные с применением современных информационных технологий. В работе для оценки качества процесса чесания при производстве гребенной или кардной пряжи, а также при производстве соответствующего ассортимента нетканых материалов предлагается методика цифрового исследования структурной неравномерности по поверхностной плотности ватки прочеса, основанная на принципе определения секториальной и радиальной характеристик по этому показателю качества.*

***Ключевые слова:** нетканые материалы, мониторинг качества, поверхностная плотность, структурная неравномерность, методика исследования, коэффициент вариации, ватка прочеса*

***Для цитирования:** Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых материалов / Н. А. Коробов, Н. А. Грузинцева, М. А. Лысова, Б. Н. Гусев // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 5–10. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-5-10>.*

Original article

**Nikolay A. Korobov**<sup>1</sup>, **Natal'ya A. Gruzintseva**<sup>2</sup>, **Marina A. Lysova**<sup>3</sup>, **Boris N. Gusev**<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

<sup>3</sup>Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russia

## BUILDING A DIGITAL RESEARCH METHODOLOGY IRREGULARITIES IN THE SURFACE DENSITY OF NONWOVENS

***Abstract.** Ensuring the required level of quality of products produced by textile enterprises involves not only the final (output) control of its quality indicators, but also ensuring operational control over the relevant characteristics of raw materials and semi-finished products in technological processes throughout the entire production chain of textile material. Within the framework of the functioning of the quality management system of a textile enterprise, when conducting operational monitoring of technological processes, appropriate*

---

© Коробов Н. А., Грузинцева Н. А., Лысова М. А., Гусев Б. Н., 2021

*automated technical controls are required, built with the use of modern information technologies. In this paper, in order to assess the quality of the carding process in the production of combed or carded yarn, a method is proposed for the digital study of the structural unevenness in the surface density of this type of non-woven material, based on the principle of determining the sectorial and radial characteristics for this quality indicator.*

**Keywords:** nonwovens, quality monitoring, surface density, structural unevenness, research methodology, coefficient of variation, heckling ball

**For citation:** Korobov N. A., Gruzintseva N. A., Lysova M. A., Gusev B. N. Building a digital research methodology irregularities in the surface density of nonwovens. *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;2(52): 5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-5-10>.

Обеспечение требуемого уровня качества производимой текстильными предприятиями продукции предусматривает не только финишный (выходной) контроль ее показателей качества, но и проведение оперативного контроля за соответствующими характеристиками сырья и полуфабрикатов в технологических процессах по всей цепочке производства формируемого текстильного материала. В последнее время сама процедура проведения операционного технического контроля за соблюдением стабильности параметров технологических процессов приобрела более современную форму, а именно осуществляется под общим понятием мониторинга технологических процессов в рамках созданной и функционирующей на предприятии системы менеджмента качества [1]. Однако смещение акцента в самих документированных процедурах не решает в полной мере проблему операционного контроля, так как требует прежде всего постоянного совершенствования его методической и технической базы по отдельным измерительным операциям.

Наиболее перспективным направлением для решения выделенной проблемы является разработка соответствующих автоматизированных технических средств контроля на основе использования современных информационных технологий, где постоянно идет научный поиск и предлагаются новые технические решения [2, 3]. Кроме этого, в теоретических [4] и практических [5] исследованиях технологических процессов различных производств текстильной промышленности отмечается необходимость постоянного оценивания в том числе и характеристик неравномерности исследуемого показателя качества, так как получаемая оперативная информация позволяет более достоверно проводить диагностику используемого технологического оборудования.

В технологических процессах прядильного производства при формировании аппаратной, кардной и гребенной пряжи в рамках экспресс-методов оценки качества полуфабрикатов имеются соответствующие технические средства,

которые позволяют осуществлять количественную оценку таких показателей, как засоренность прочеса, ориентация и параллелизация волокон в прочесе, их извитость и другие. В то же время при производстве нетканых материалов названные выше показатели не характерны для оценки качества этого вида полуфабриката. Основными информативными показателями ватки прочеса являются показатели материалоемкости, а именно поверхностная плотность и ее неравномерность на отдельных участках.

Для определения направлений совершенствования методов количественной оценки характеристик, отражающих неравномерность в оценке показателей качества полуфабрикатов и готовых нетканых материалов, предварительно был рассмотрен стандартный метод [6] оценки качества полуфабрикатов, а именно определение поверхностной плотности прочеса, включающий следующие операции: подготовку пробы; идентификацию полотна по внешнему виду; раскрой пробы по схемам в соответствии с определяемыми характеристиками неровноты; проведение испытаний (измерение массы отдельных проб); обработку результатов измерений. Измерительная пластина площадью 600 см<sup>2</sup> в стандартном методе значительно усредняет значения по поверхностной плотности и не позволяет выявить структурную неравномерность по контролируемому параметру, что необходимо для оценки стабильности параметров технологического процесса «Кардочесание волокнистой массы».

По определению поверхностная плотность  $\Pi_S$ , г/м<sup>2</sup> находится согласно выражению

$$\Pi_S = m/S_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса пробы, г;

$S_{\text{пр}}$  – площадь пробы, м<sup>2</sup>.

Таким образом, оценку неравномерности данного показателя качества можно осуществлять при двух условиях: ( $S_{\text{пр}} = \text{const}$ ;  $m = \text{var}$ ) или ( $m = \text{const}$ ;  $S_{\text{пр}} = \text{var}$ ). Как было показано выше, стандартный метод [6] измерения поверхностной плотности использует первый спо-

соб получения информации о поверхностной плотности. В нашем случае воспользуемся вторым способом получения количественной информации при производственном контроле неравномерности данного показателя, где пластины с прочесом подвергались дополнительным операциям, а именно: получение цифрового изображения пробы; бинаризация изображения по уровню яркости и контрастности в двух уровнях монохроматического изображения; формирование параметрических характеристик радиальной и секториальной неравномерности контролируемого параметра; выбор наиболее информативных характеристик неравномерности по поверхностной плотности и установление их взаимосвязи с параметрами технологического оборудования с целью оптимизации значений последних.

Последовательность осуществления основных операций методики цифрового исследования искомого показателя качества представлена на рис. 1.



Рис. 1. Последовательность операций методики цифрового исследования поверхностной плотности прочеса

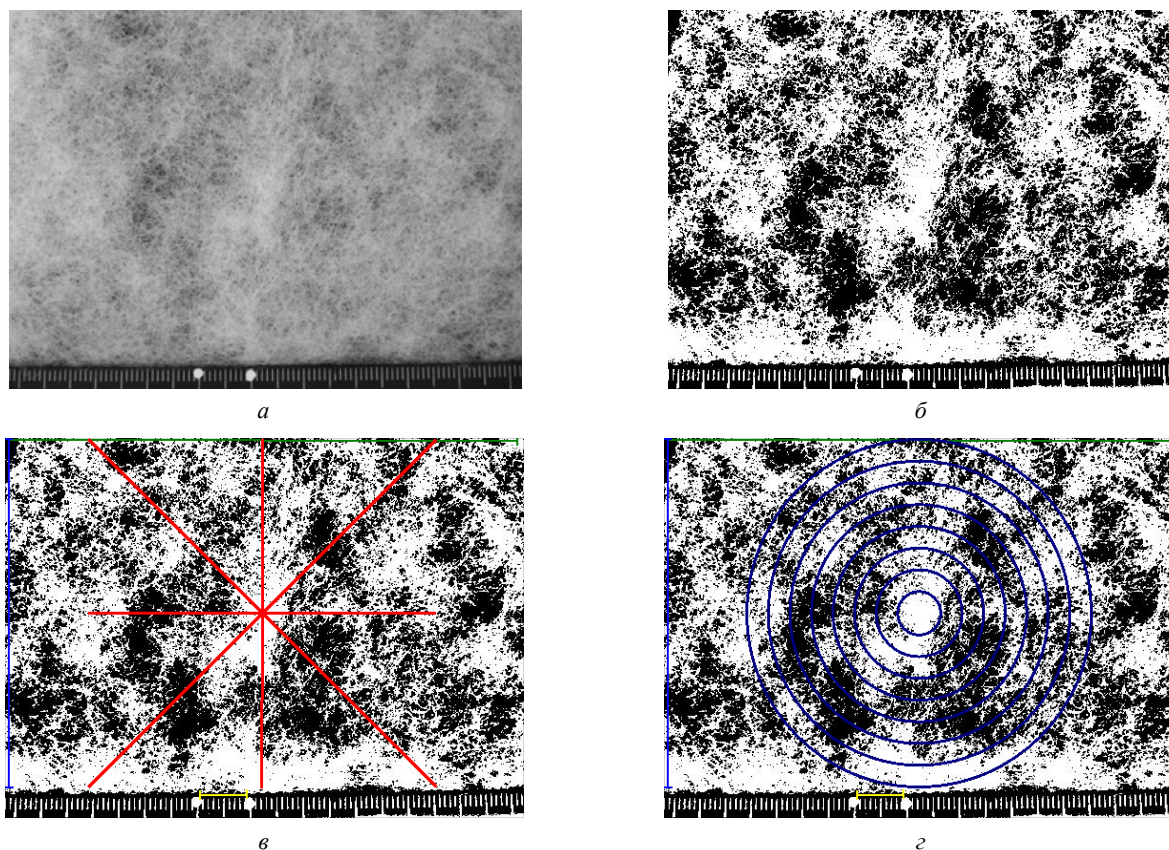


Рис. 2. Изображение пробы:

*a* – исходное; *б* – бинаризованное;

*в*, *г* – для определения соответственно секториальной и радиальной неравномерности

Сформированные статистические характеристики в абсолютных и относительных единицах по оценке радиальной и секториальной неравномерности приведены в табл. 1. Кроме этого, в данной таблице приведены результаты апробирования предлагаемой методики на ос-

новании исследования проб прочеса из полиэфирных волокон. Для автоматизации процесса определения числовых значений по указанным в табл. 2 статистическим характеристикам была написана соответствующая компьютерная программа [8].

Т а б л и ц а 1

Характеристики неравномерности поверхностной плотности

Наименование показателя, ед. измерения	Условие реализации	Экспериментальные данные
Размеры пробы		
Ширина пробы, мм	$a$	66,87
Длина пробы, мм	$b$	66,87
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	$\Pi_S = m/S$	19,80
Показатели общей неравномерности		
<i>Абсолютные</i>		
Площадь изображения, мм <sup>2</sup>	$S = S_C + S_T$	4778,74
Площадь светлых участков, мм <sup>2</sup>	$S_C$	2806,84
Площадь темных участков, мм <sup>2</sup>	$S_T$	1971,91
<i>Относительные</i>		
Доля площади светлых участков, %	$\Delta S_C = (S_C/S) 100$	58,81
Доля площади темных участков, %	$\Delta S_T = (S_T/S) 100$	41,19
Общая площадь, %	$\Delta S_T + \Delta S_C = 100$	100,00
Показатели секториальной неравномерности		
Площадь светлых участков $i$ -го сектора ( $i = 1, \dots, n, n = 8$ ), мм <sup>2</sup>	$(S_C)_i$	Не указана
Площадь темных участков $i$ -го сектора ( $i = 1, \dots, n, n = 8$ ), мм <sup>2</sup>	$(S_T)_i$	Не указана
Средняя секториальная площадь светлых участков, мм <sup>2</sup>	$(\bar{S}_C)_c$	350,85
Средняя секториальная площадь темных участков, мм <sup>2</sup>	$(\bar{S}_T)_c$	247,29
Среднее квадратическое отклонение секториальной площади светлых участков, мм <sup>2</sup>	$\sigma_{S_C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_C)_i - (\bar{S}_C)_c]^2}{n-1}}$	769,92
Коэффициент вариации секториальной площади светлых участков, %	$C_{S_C} = \frac{\sigma_{S_C}}{(\bar{S}_C)_c} 100$	7,92
Коэффициент вариации секториальной площади темных участков, %	$C_{S_T} = \frac{\sigma_{S_T}}{(\bar{S}_T)_c} 100$	11,36
Среднее квадратическое отклонение секториальной площади темных участков, мм <sup>2</sup>	$\sigma_{S_T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_T)_i - (\bar{S}_T)_c]^2}{n-1}}$	775,35
Показатели радиальной неравномерности		
Площадь светлых участков $j$ -го радиального сегмента ( $j = 1, \dots, m, m = 8$ ), мм <sup>2</sup>	$(S_C)_j$	Не указана
Площадь темных участков $j$ -го радиального сегмента ( $j = 1, \dots, m, m = 8$ ), мм <sup>2</sup>	$(S_T)_j$	Не указана
Средняя радиальная площадь светлых участков, мм <sup>2</sup>	$(\bar{S}_C)_p$	269,41
Средняя радиальная площадь темных участков, мм <sup>2</sup>	$(\bar{S}_T)_p$	199,02

На заключительном этапе с учетом полученных результатов исследований осуществляли мониторинг искомого технологического процесса по следующей схеме:

- оценивали общую неравномерность, а именно площадь светлых  $\Delta S_C$  и темных  $\Delta S_T$  участков пробы, где высокому качеству прочеса соответствует  $\Delta S_C \Rightarrow (\Delta S_C)_{\max} = 100\%$ . Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормируется данная характеристика в следующем варианте: хорошее качество от 71 до 100 % (первый уровень); удовлетворительное качество от 41 до 70 % (второй уровень); плохое качество до 40 % (третий уровень);
- анализировали секториальную неравномерность, а именно значения коэффициента вариации  $C_{S_C}$ . Данный показатель имеет негативную направленность, т. е. наилучшим вариантом является условие  $C_{S_C} \Rightarrow (C_{S_C})_{\min} = 0\%$ . Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормировали данную характеристику в варианте:

низкая секториальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя секториальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая секториальная неравномерность выше 10 % (третий уровень);

- изучали радиальную неравномерность, а именно значения коэффициента вариации  $C_{S_P}$ .

Данный показатель также имеет негативную направленность, т. е. наилучшим вариантом является условие  $C_{S_P} \Rightarrow (C_{S_P})_{\min} = 0\%$ .

Данное условие является труднодостижимым. Поэтому аналогично, как и в предыдущем случае, по шкале порядка нормировали данную характеристику в варианте: низкая радиальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя радиальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая радиальная неравномерность выше 10 % (третий уровень);

- оформляли итоговый протокол мониторинга искомого технологического процесса в варианте, представленном в табл. 2.

Таблица 2

Протокол мониторинга технологического процесса «Кардочесание волокнистой массы»

Наименование характеристики, ед. измерения	Обозначение	Среднее значение	Уровень неравномерности по шкале порядка			Оценка состояния технологического процесса и решение по его нормализации
			1	2	3	
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	$P_S$	19,80				Соответствует требованиям
Доля светлых участков, %	$\Delta S_C$	58,81		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков секториальной неравномерности, %	$C_{S_C}$	7,92		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков радиальной неравномерности, %	$C_{S_P}$	13,50			X	Требуется настройка узлов чесальной машины

## ВЫВОДЫ

1. Разработана методика цифрового исследования структурной неравномерности по поверхностной плотности разреженных нетканых материалов, позволяющая оценивать их характеристики в секториальном и радиальном направлениях.

2. Для формирования документальной базы системы менеджмента качества текстильного предприятия в рамках процедуры технического контроля предложен протокол мониторинга исследуемого полуфабриката на примере технологического процесса «Кардочесание волокнистой массы».

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. М. : Стандартинформ, 2015. 27, [10] с.
2. Новиков А. Н. Разработка теоретических и методологических принципов создания систем компьютерного зрения для автоматизации контроля качества текстильных материалов : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2014. 287 с.
3. Оценка качества тканых геосеток в процессе их формирования / А. А. Кусенкова, Н. А. Коробов, Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 5. С. 236–239.

4. Севостьянов П. А. Исследование неровноты одномерных волокнистых продуктов по доле компонентов и ее зависимости от неровноты по линейной плотности // Технологии и качество. 2020. № 1(47). С. 15–21.
5. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности : [учебник для текст. спец. вузов]. М. : Легкая индустрия, 1980. 392 с.
6. ГОСТ 15902.2–2003 (ИСО 9073-2:1995). Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик. М. : Изд-во стандартов, 2004. 14, [3] с.
7. Компьютерная программа бинаризации цифровых изображений проб нетканых текстильных материалов : [свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21692 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование»] / Н. А. Коробов, С. В. Павлов, Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев. Оpubl. 10.03.2016.
8. Павлов С. В., Грузинцева Н. А., Гусев Б. Н. Компьютерная программа для измерения структурных характеристик нетканых текстильных материалов : [свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21693 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование»]. Оpubl. 10.03.2016.

## REFERENCES

1. GOST R ISO 9001–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. М. : Standartinform, 2015. 27, [10] s.
2. Novikov A. N. Razrabotka teoreticheskikh i metodologicheskikh principov sozdaniya sistem komp'yuternogo zreniya dlya avtomatizacii kontrolya kachestva tekstil'nyh materialov : dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.13.06. М. : RGU im. A. N. Kosygina, 2014. 287 s.
3. Ocenka kachestva tkanyh geosetok v processe ih formirovaniya / A. A. Kusenkova, N. A. Korobov, N. A. Gruzinceva, B. N. Gusev // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2017. № 5. S. 236–239.
4. Sevost'yanov P. A. Issledovanie nerovnoty odnomernyh voloknistyh produktov po dole komponentov i ee zavisimosti ot nerovnoty po linejnoj plotnosti // Tekhnologii i kachestvo. 2020. № 1(47). S. 15–21.
5. Sevost'yanov A. G. Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko-tekhnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti : [uchebnik dlya tekst. spec. vuzov]. М. : Legkaya industriya, 1980. 392 s.
6. GOST 15902.2–2003 (ISO 9073-2:1995). Polotna netkanye. Metody opredeleniya strukturnyh harakteristik. М. : Izd-vo standartov, 2004. 14, [3] s.
7. Komp'yuternaya programma binarizacii cifrovyh izobrazhenij prob netkanyh tekstil'nyh materialov : [svidetel'stvo o registracii elektronnoho resursa № 21692 v Ob"edinennom fonde elektronnyh resursov «Nauka i obrazovanie»] / N. A. Korobov, S. V. Pavlov, N. A. Gruzinceva, B. N. Gusev. Opubl. 10.03.2016.
8. Pavlov S. V., Gruzinceva N. A., Gusev B. N. Komp'yuternaya programma dlya izmereniya strukturnyh harakteristik netkanyh tekstil'nyh materialov : [svidetel'stvo o registracii elektronnoho resursa № 21693 v Ob"edinennom fonde elektronnyh resursov «Nauka i obrazovanie»]. Opubl. 10.03.2016.

Статья поступила в редакцию 23.02.2021  
Принята к публикации 27.05.2021