

Научная статья

УДК 677.024:519.876.5

EDN ZSVKWC

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39

Петр Алексеевич Севостьянов¹

Татьяна Алексеевна Самойлова²

Владимир Иванович Монахов³

Александр Андреевич Белевитин⁴

Илья Максимович Бурдин⁵

^{1,2,3,4,5} Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

¹petrsev46@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9919-5551>

²tasamo89@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2727-0011>

³monvi1255@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7016-8680>

⁴sashagoodnes@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2101-1740>

⁵burd20@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0063-6952>

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ВАТКИ-ПРОЧЕСА В ЛИНЕЙНУЮ ПЛОТНОСТЬ ЧЕСАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

***Аннотация.** В статье предложена модель преобразования плотности массы ватки-прочеса со съемного барабана кардочесальной машины в линейную плотность чесальной ленты с учетом случайных и периодических составляющих неравномерности. Методом статистического моделирования исследовано влияние разброса случайной составляющей в неравномерности ватки-прочеса и в скорости ее транспортирования к воронке на неровноту ленты, частоты периодической составляющей на структуру неровноты ленты. Установлена высокая степень выравнивания линейной плотности в результате сложения потока волокнистого материала из ватки-прочеса в ленту и различное влияние неравномерности ватки-прочеса и неравномерности по скорости ее съема на периодическую составляющую неравномерности чесальной ленты.*

***Ключевые слова:** кардочесание, ватка-прочес, лента, неровнота, спектральная плотность дисперсии, статистические вариации, метод статистического моделирования*

***Для цитирования:** Преобразование плотности ватки-прочеса в линейную плотность чесальной ленты / П. А. Севостьянов, Т. А. Самойлова, В. И. Монахов, А. А. Белевитин, И. М. Бурдин // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 34–39. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39>.*

Original article

Petr A. Sevostyanov¹

Tatiana A. SamoiloVA²

Vladimir I. Monakhov³

Alexander A. Belevitin⁴

Ilya M. Burdin⁵

^{1,2,3,4,5} Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia

CONVERTING OF THE DENSITY OF CARDING FLEECE-BATT INTO THE LINEAR DENSITY OF THE CARDING SLIVER

***Absrtact.** The article proposes a model for converting the carding fleece-batt mass density from the carding machine doffer into the linear density of the carding sliver, taking into account random and periodic components of unevenness. Using the method of statistical modelling, the influence of the scatter of the random component in the unevenness of the fleece-batt and in the speed of its transportation to the funnel on the unevenness of the carding sliver, the frequency of the periodic component on the structure of the sliver irregularity was studied. A high degree of alignment of the linear density is set as a result of the summation of the fibrous material flows from the doffer into the sliver and the different influence of the unevenness of the fleece-batt and variations of its removal rate on the periodic component of the carding sliver irregularity.*

© Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Монахов В. И., Белевитин А. А., Бурдин И. М., 2022

Keywords: *carding, fleece-batt, sliver, unevenness, spectral power density of variance, statistical variations, statistical modelling method*

For citation: Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Monakhov V. I., Belevitin A. A., Burdin I. M. Converting of the density of carding fleece-batt into the linear density of the carding sliver. *Technologies & Quality*. 2022. № 2(56). P. 34–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-34-39>.

Ватка-прочес образуется при съеме волокнистого настила с поверхности съемного барабана кардочесальной машины [1, 2] (рис. 1) и направляется в воронку, в которой вследствие сжатия и уплотнения волокнистой массы образуется чесальная лента и либо укладывается в тазы, либо пропускается через вытяжной прибор и затем подается на следующие переходы прядильного производства. Зависимость неравномерности линейной плотности ленты от неравномерности ватки-прочеса исследовалась аналитическими методами [3–5]. Компьютерная модель [6] позволяет получить более разностороннюю и полную информацию об этой зависимости.

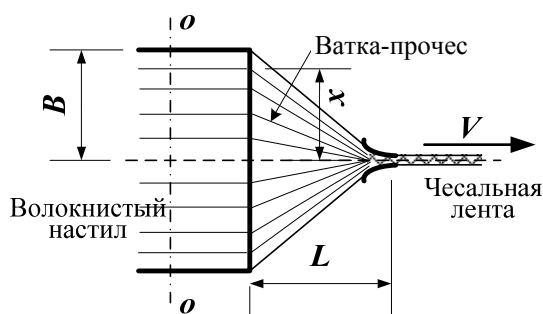


Рис. 1. Схема преобразования ватки-прочеса в чесальную ленту

На рис. 1 обозначено: B – рабочая полуширина барабана; L – расстояние от линии съема до воронки; x – координата точки съема вдоль линии съема; V – скорость движения ленты в воронке.

Несмотря на разницу в длине пути, проходимого волокнистым материалом от точки съема до воронки в зависимости от координаты x , ватка-прочес за счет деформации и провисания не теряет сплошности материала и непрерывно собирается в воронке. Обозначим: $g(x, t)$ – поверхностная плотность волокнистого настила в точке x линии съема, $\text{кг}/\text{м}^2$; $G(t)$ – линейная плотность ленты в воронке в момент t , $\text{кг}/\text{м}$.

Зависимость $G(t)$ от $g(x, t)$ может быть представлена интегралом

$$G(t) = \int_{-B}^B g(x, t - \tau(x, t)) dx. \quad (1)$$

В этом выражении τ – интервал «транспортного» запаздывания – время перемещения элемента ватки-прочеса от точки x линии съема до входа в воронку в момент t . Очевидно, что τ , вообще говоря, зависит от x , момента t и средней скорости движения материала $v(x, t)$:

$$\tau(x, t) = \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{v(x, t)}. \quad (2)$$

При аналитическом подходе [2] в исследовании зависимости неравномерности ленты по линейной плотности от неравномерности снимаемой с барабана ватки-прочеса формулы (1) и (2) упрощают: предполагают, что τ – величина постоянная, и интеграл (1) преобразуют по Лапласу:

$$\tilde{G}(s) = \int_{-B}^B \tilde{g}(x, s) \cdot \exp(-s \cdot \tau(x)) dx. \quad (3)$$

Знак \sim обозначает функцию-изображение, а s – оператор Лапласа. Затем подбирают такую зависимость плотности волокнистого настила и интервала от x , чтобы интеграл (3) можно было оценить аналитически. В простейшем случае принимают, что плотность настила по ширине барабана в среднем величина постоянная, а $\tau(x)$ заменяют усредненным значением $m\tau$:

$$\begin{aligned} \tilde{g}(x, s) &= \tilde{g}(s), \\ \tau(x) &= m\tau. \end{aligned} \quad (4)$$

Тогда взаимосвязь между изображениями функций $g(x, t)$ и $G(t)$ выражается простейшим соотношением

$$\tilde{G}(s) = 2B \cdot \tilde{g}(s) \cdot \exp(-s \cdot m\tau), \quad (5)$$

т. е. линейная плотность волокнистого потока при переходе с поверхности барабана в воронку, с точностью до постоянных множителей, не меняется.

Численные методы [7–9] значительно расширяют возможности исследования преобразования (1). Дискретизация переменной x с шагом Δx приводит к представлению об $n = 2B/\Delta x$ пото-

ках волокнистого материала, «стекающих» с линии съема и складывающихся в воронке. Нумеруя потоки индексом $k = 1, 2, \dots, n$, преобразуем формулу (1) к виду

$$G(t) = \Delta x \sum_{k=1}^n g(k, t - \tau(k, t)). \quad (6)$$

В этой формуле функция $g(k, t)$ – по-прежнему поверхностная плотность волокнистого настила, кг/м².

Для исследования влияния различных факторов на результат преобразования (6) представим $g(k, t)$ в виде суммы трех составляющих: постоянной gSr – средней линейной плотности настила, gr – случайной составляющей и $gc(k, t)$ – периодической составляющей. Появление периодической составляющей может быть вызвано, например, неравномерностью поверхности гарнитуры на барабане, эксцентриситетом окружности барабана из-за неточности изготовления или износа подшипников оси барабана, различий в разводке между поверхностями барабана и шляпок или валиков и др. В качестве модели этой периодической составляющей выберем синусоидальную функцию

$$gc(k, t) = agSr \sin(2\pi t / T). \quad (7)$$

Безразмерный параметр a равен отношению амплитуды синусоиды к среднему gSr . Период колебаний T равен времени одного оборота барабана. В модели (7) составляющая $gc(k, t)$ одинакова для всех потоков $k = 1, 2, \dots, n$. Переменная времени моделируется в интервале $(0; Tm)$.

Случайная составляющая моделировалась независимыми, равномерно распределенными случайными числами в диапазоне от $(1 - b) gSr$ до $(1 + b) gSr$. Безразмерный параметр b задает полуширину этого диапазона относительно средней плотности настила.

При равенстве скоростей снимаемой ватки-прочеса и ленты в воронке средняя линейная плотность ленты равна $Gsr = 2 B gSr$. Поскольку случайная и периодическая составляющие линейной плотности ватки-прочеса не коррелиро-

ваны, дисперсия линейной плотности ленты равна сумме дисперсий этих составляющих. Для рассматриваемой модели дисперсия и коэффициент вариации линейной плотности ленты равны:

$$DG = \frac{(bgSr)^2}{3} + \frac{(agSr)^2}{2},$$

$$CvG = \sqrt{\frac{b^2}{3} + \frac{a^2}{2}}.$$

Вследствие некоррелированности составляющих неравномерности линейной плотности ленты спектральная плотность дисперсии (СПД) этой неравномерности также равна сумме СПД случайной и периодической составляющих. Случайная составляющая представляет собой «белый шум» с постоянной СПД во всем диапазоне частот, СПД гармонической составляющей выражается δ -функцией. В табл. 1 показано, как нарастает коэффициент вариации CVG линейной плотности ленты с увеличением параметра b , задающего разброс случайной составляющей плотности ватки-прочеса относительно средней плотности. Видно, что даже при очень больших величинах этого разброса коэффициент CVG находится в пределах 1 %. Результаты в табл. 1 получены при значениях параметров $a = 0,1$ и $dV = 0$.

Синхронное периодическое изменение линейной плотности ватки-прочеса во всех потоках, «стекающих» с барабана, приводит к появлению периодической составляющей с той же частотой в ленте. При постоянной скорости движения этих потоков, что означает независимость τ от t , смещение по фазе этих потоков вследствие зависимости τ от x приводит лишь к уменьшению амплитуды пика спектральной плотности при сохранении формы в виде δ -функции.

Еще менее чувствительна неравномерность линейной плотности ленты к случайным вариациям интервалов запаздывания τ . Модель (2), (6), (7) позволяет получить соответствующую оценку для CVG линейной плотности ленты SG , приведенную в табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Зависимость коэффициента вариации линейной плотности ленты от случайного разброса значений плотности ватки-прочеса

b	0	0,10	0,30	0,70
$CVG, \%$	0,29	0,34	0,66	1,45

Т а б л и ц а 2

Зависимость коэффициента вариации линейной плотности ленты от случайного разброса значений скорости движения ватки-прочеса

dV	0	0,10	0,50	0,90
$CVG, \%$	0,29	0,27	0,26	0,25

Результаты, приведенные в табл. 2, показывают некоторое уменьшение CVG с увеличением dV . Это можно объяснить сглаживанием периодических составляющих (7) в потоках вследствие увеличения фазовых смещений волн периодической неравномерности в складываемых потоках.

Очевидно, что присутствие периодической составляющей (7) в неравномерности плотности ватки-прочеса приводит к появлению четко выраженного пика в оценке СПД. Случайный разброс в значениях скорости схода ватки-прочеса с барабана и движения к воронке, приводящий согласно формуле (2) к случайным вариациям времени запаздывания τ , проявляет себя в СПД лишь в некотором расширении пика в спектре. Это видно по оценке СПД на рис. 2 (штриховая линия), полученной при $b = 0$ и $dV = 0,25$.

Увеличение диапазона разброса случайной составляющей b не меняет вида СПД. На

рис. 2 непрерывная линия является такой оценкой, полученной при $b = 0,5$ и $dV = 0,25$, что превышает реальный разброс плотности ватки-прочеса. Однако эта случайная неравномерность проявляется лишь в увеличенной интенсивности шумовой составляющей (белого шума) в СПД. Периодическая составляющая остается неизменной и четко проявляется в СПД независимо от величины случайных вариаций запаздывания.

Иная зависимость СПД от случайных вариаций τ наблюдается, если среднее запаздывание соизмеримо по величине с периодом периодической составляющей. На рис. 3 показаны оценки СПД при $dV = 0,01; 0,10$ и $0,20$.

В данном компьютерном эксперименте параметры $a = 0,1$ и $b = 0$. Видно, как с увеличением диапазона случайных вариаций dV уменьшается амплитуда спектра периодической составляющей.

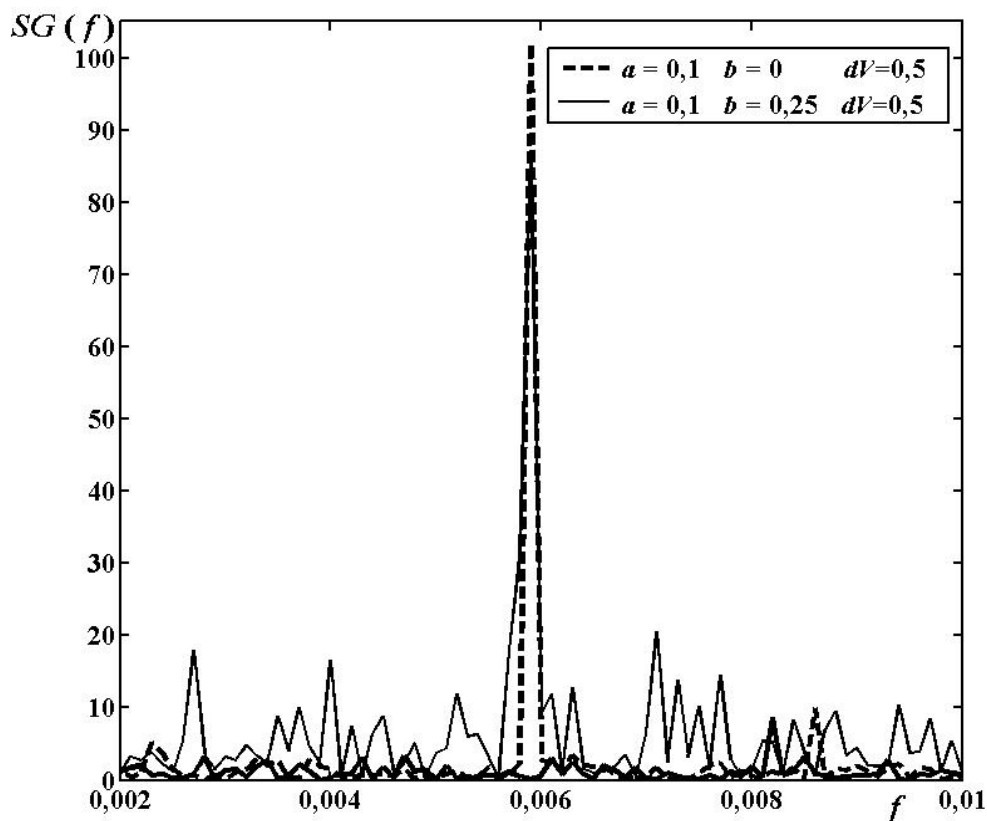


Рис. 2. Оценки СПД при периодической, случайной составляющих и вариациях скорости движения от барабана к воронке

ВЫВОДЫ

1. Предложена простая компьютерная модель преобразования плотности по массе ватки-прочеса, снимаемой со съемного барабана кардочесальной машины, в линейную плотность чесальной ленты.

2. Методом компьютерных экспериментов установлено, что нарастание неравномерности ватки-прочеса и случайных вариаций различий в точках съема по ширине барабана (величины запаздывания между отдельными участками линии съема) приводит к незначительному

росту коэффициента вариации по линейной плотности ленты, что объясняется суммированием в воронке отдельных участков ватки-прочеса в одномерный волокнистый продукт.

3. Зависимость спектральной плотности дисперсии ленты от случайных вариаций запаздывания в поступлении ватки-прочеса в ворон-

ку различна для разных частот периодической составляющей неравномерности ватки-прочеса. Длинноволновая неровнота практически не зависит от запаздывания и переходит без изменений в ленту, а коротковолновая неровнота ослабляется и нивелируется этими случайными вариациями запаздывания.

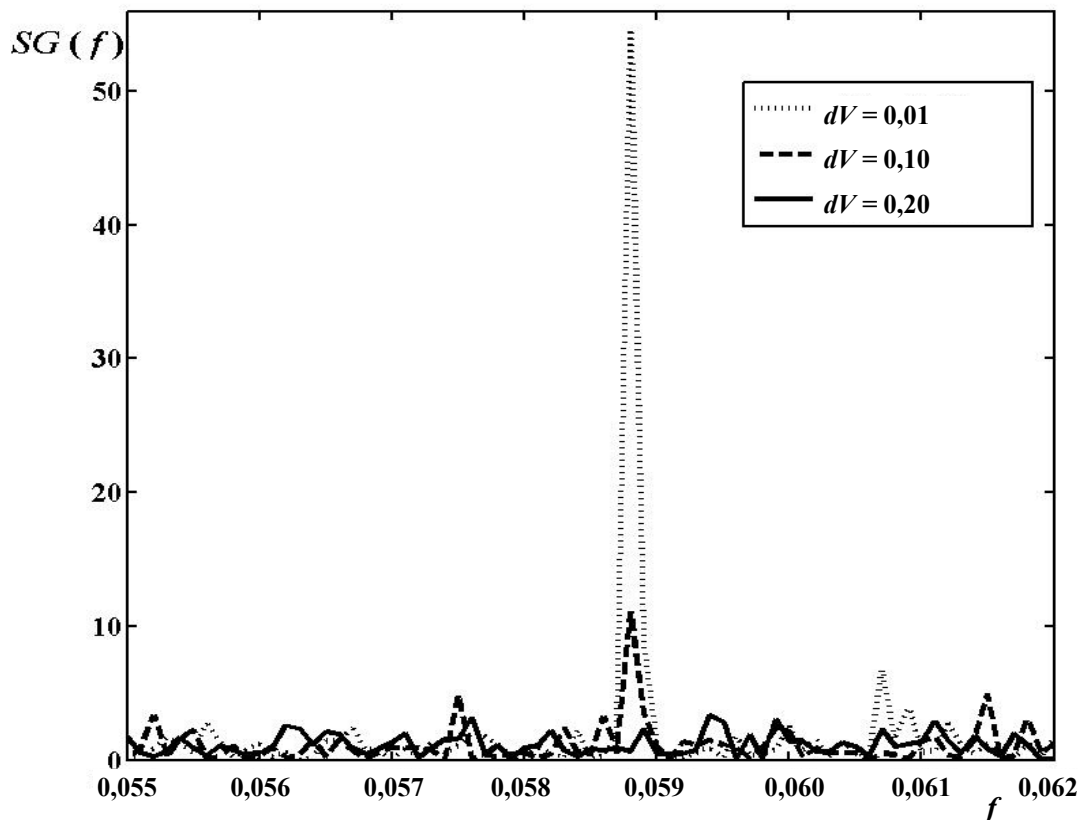


Рис. 3. Оценки СПД при высокочастотной периодической составляющей и вариациях скорости движения от барабана к воронке

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашнин Н. М. Кардочесание волокнистых материалов. М. : Легпромбытиздат, 1985. 143 с.
2. Плеханов А. Ф. Разработка способов очистки волокнистых материалов и создание безотходной технологии в хлопкопрядении : дис. ... д-ра техн. наук : 05.19.03. М., 1994. 320 с.
3. Оренбах С. Б., Винтер Ю. М. Влияние биения съемного и главного барабана чесальной машины на неровноту чесальной ленты // Прядение : сб. М. : ЦНИИТЭИЛегпром, 1974. № 6. С. 9–14.
4. Оренбах С. Б., Кофман Э. Д., Худых М. И. Повышение эффективности работы чесальных машин. М. : Легкая промышленность, 1980. 176 с.
5. Оренбах С. Б. Монтаж и эксплуатация современных гарнитур для высокопроизводительных чесальных машин : Из цикла лекций заоч. фак. по новой технике и технологии х.-б. пром-сти. М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. 39 с.
6. Севостьянов П. А. Статистическая модель динамики распределения волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 28–32.
7. Севостьянов П. А. Детерминированная модель динамики распрямления волокон при кардочесании на валичной машине // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 49–51.
8. Севостьянов П. А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапелирование, кручение, намотка, перемотка. М. : Клуб-Печати, 2021. 591 с.
9. Севостьянов П. А., Самойлова Т. А., Маркова М. Л. Моделирование миграции волокон по поверхности барабана кардочесальной машины // Современные инженерные проблемы ключевых отрас-

лей промышленности : сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. симпозиума III Междунар. Косыгинского форума «Современные задачи инженерных наук» (20–21 октября 2021 г.). Т. 1. М. : РГУ им. А. Н. Косыгина, 2021. С. 62–66.

REFERENCES

1. Ashnin N. M. Carding of fibrous materials. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1985. 143 p. (In Russ.)
2. Plekhanov A. F. Development of methods for cleaning fibrous materials and creation of waste-free technology in cotton spinning. Dr. eng. sci. diss. : 05.19.03. Moscow, 1994. 320 p.
3. Orenbakh S. B., Winter Yu. M. Influence of the beating of the removable and main drum of the carding machine on the unevenness of the carding sliver. Spinning. Moscow, TsNIITEILegprom Publ., 1974;6:9–14. (In Russ.)
4. Orenbakh S. B., Kofman E. D., Khudykh M. I. Improving the efficiency of carding machines. Moscow, Light industry Publ., 1980. 176 p. (In Russ.)
5. Orenbakh S. B. Installation and operation of modern headsets for high-performance carding machines: From a series of lectures by the correspondence department on new technology and technology of the cotton industry. Moscow, Light and food industry Publ., 1984. 39 p. (In Russ.)
6. Sevostyanov P. A. Statistical simulation of fibre straightening dynamics in carding on roller machine. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;1(51):28–32. (In Russ.)
7. Sevostyanov P. A. Deterministic model of the dynamics straightening of fibres during carding on a roller machine. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;2(52): 49–51. (In Russ.)
8. Sevostyanov P. A. Dynamics and models of the main spinning processes: breaking, cleaning, mixing, carding and combing, drawing, sampling, stapling, twisting, winding, rewinding. Moscow, Club-Print Publ., 2021. 591 p.
9. Sevostyanov P. A., Samoilova T. A., Markova M. L. Modeling of fiber migration over the surface of a carding machine cylinder. Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium “Modern Engineering Problems of Key Industries” of the III International Kosyginsky Forum “Modern Problems of Engineering Sciences”. (October 20–21, 2021). Vol. 1. Moscow, RSU named after A. N. Kosygin Publ., 2021. P. 62–66. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.03.2022
Принята к публикации 19.05.2022