

С. Н. Виниченко, Д. В. Масанов

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕРОВНОТЫ СМЕШИВАНИЯ НАТУРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОМ СБОРЕ ДАННЫХ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Ключевые слова:* статистический анализ, массив данных, алгоритм оценки данных, неровнота смешивания, волокнистая лента.

*В данной статье представлены разработанные методы оценки данных, позволяющие определить равномерность распределения натуральных и химических волокон в сечении волокнистой ленты, полученной на ленточной машине прядильного производства, тем самым определяя неровноту их смешивания. Данные методы основываются на особенностях получения и обработки измерений при многоканальном сборе информации с чувствительных элементов инфракрасного средства контроля. В результате, сбор данных, может осуществляться, как через последовательную запись информации со всех измерительных элементов с заданными промежутками времени, так и с одновременным опросом всех чувствительных элементов. При этом метод одиночного последовательного опроса более простой в реализации и оценки полученных измерений, так как запись данных осуществляется в один массив, что также упрощает дальнейший анализ. Реализованные алгоритмы оценки полученных данных, позволяют не только дать визуальную характеристику равномерности распределения разнородных волокон вдоль всего сечения исследуемой волокнистой ленты, но и получить процентный показатель, определяющий качество смешивания в поперечном или продольном ее сечении. Показанные диаграммы изменение вероятности неровноты смешивания дают наглядное представление об изменении равномерности распределения волокон в сечениях волокнистых лент, образцы которых соответствовали различным переходам на ленточной машине. Применение соответствующих средств измерения, а также предложенных методов оценки степени распределения волокон в поперечном или продольном сечении волокнистой ленты, позволят не только осуществлять количественный и качественный анализ неровноты смешивания разнородных волокон в полупродуктах прядения, но и обеспечить неразрушающий контроль этого параметра в процессах прядильного производства.*

S. N. Vinichenko, D. V. Masanov

## METHODS FOR ASSESSING THE UNEVENNESS OF MIXING OF NATURAL AND CHEMICAL FIBERS DURING MULTICHANNEL DATA COLLECTION FROM MEASURING ELEMENTS

*Keywords:* statistical analysis, data array, data estimation algorithm, mixing roughness, fiber tape.

*This article presents the developed methods for evaluating data that make it possible to determine the uniformity of the distribution of natural and chemical fibers in the section of a fiber ribbon produced on a spinning machine, thereby determining the unevenness of their mixing. These methods are based on the features of obtaining and processing measurements during multi-channel information collection from the sensitive elements of an infrared monitoring device. As a result, data collection can be carried out both through sequential recording of information from all measuring elements at specified time intervals, and with simultaneous polling of all sensitive elements. At the same time, the method of a single sequential survey is simpler to implement and evaluate the measurements obtained, since the data is recorded in a single array, which also simplifies further analysis. The implemented algorithms for evaluating the data obtained make it possible not only to visually characterize the uniformity of the distribution of dissimilar fibers along the entire section of the fiber strip under study, but also to obtain a percentage indicator that determines the quality of mixing in its transverse or longitudinal section. The diagrams shown, the change in the probability of uneven mixing, give a visual representation of the change in the uniformity of fiber distribution in the sections of fibrous tapes, the samples of which corresponded to various transitions on the tape machine. The use of appropriate measuring instruments, as well as the proposed methods for assessing the degree of fiber distribution in the transverse or longitudinal section of a fiber ribbon, will not only allow for quantitative and qualitative analysis of the unevenness of mixing dissimilar fibers in spinning intermediates, but also ensure non-destructive testing of this parameter in spinning production processes.*

### Введение

Основной задачей при статистическом анализе [1] данных является определение допустимых границ и оценка вероятности попадания измеряемых сигналов в заданные пределы, тем самым определяя достоверность полученных результатов [2, 3]. На основе ранее разработанных методов сбора информации [4, 5] с чувствительных элементов инфракрасного средства измерения (СИ) [6] были составлены различные методики оценки данных о При обработке информации массива данных первоочередной задачей является нахождение среднего значения  $i$ -х строк. Таким образом определяются усредненные показания с трех

чувствительных элементов для каждого измеренного поперечного сечения.

равномерности распределения натуральных и химических волокон в сечении полупродуктов прядения, определяя, тем самым, неровноту смешивания их компонентов [7-9].

### Оценка параметров массива при одиночном последовательном опросе СИ

Первый метод оценки полученных измерений [5] основывается на анализе одного массива сигналов с трех чувствительных элементов, сформированного или при последовательном опросе через заданные

промежутки времени, или при одновременном, но со смещенным периодом записи информации (рис. 1).



Рис. 1 – Алгоритм оценки равномерности распределения разнородных волокон в поперечном сечении ленты

Fig. 1 – Algorithm for assessing the uniformity of distribution of heterogeneous fibers in the cross section of the tape

Используя алгоритм оценки данных [10], рассчитывается полиномиальная функция, описывающая характер изменения усредненного сигнала, а после чего находятся нижние и верхние границы допустимых значений, с помощью которых устанавливаются пределы для показателя качества смешивания волокон в поперечном сечении [11].

В результате, для всех значений массива определяется попадание в полученный интервал, а после чего осуществляется количественная оценка вероятности непопадания в заданные границы параметров строк массива, т. е. всех исследуемых точек в сечениях по всей длине волокнистой ленты:

```

for j=1:m;
    Ver_i_str=Ver_i_str+emp_prob1(:,j);
End
  
```

Визуализация изменения качества смешивания представляет собой изменение вероятности на

протяжении всего сечения ленты [12]. Так, 100% вероятность характеризует попадание сигналов со всех чувствительных элементов в заданные интервалы, около 66% – с двух измерительных элементов и 33% – соответственно с одного.

Сравнивая вышеприведенные диаграммы результатов сканирования волокнистых лент с 1-го и 2-го переходов ленточной машины, видно, что наибольшее число попаданий в заданные границы одновременно с трех измерительных элементов наблюдается с образца волокнистой ленты, полученной на 2-ом переходе ленточной машины (рис. 2). В то время как у ленты с 1-го перехода (рис. 3), преобладает вероятность попадания сигнала в допустимый интервал значений только с одного из элементов, т. е. наблюдается ярко выраженная неровнота по структуре – "ручьистость" [13-15].

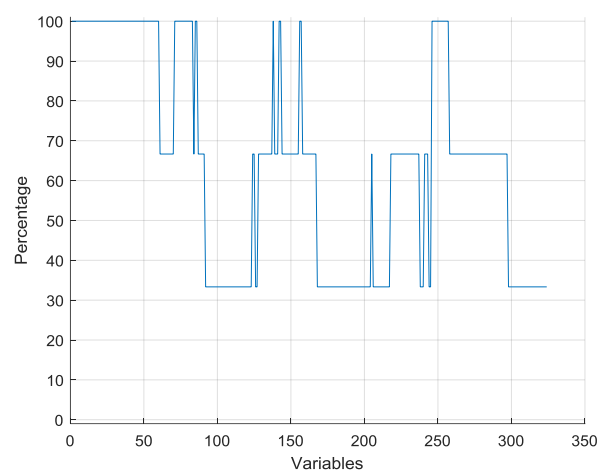


Рис. 2 – Диаграмма изменение вероятности неровноты смешивания в волокнистой ленте со второго перехода ленточной машины

Fig. 2 – Diagram of the change in the probability of uneven mixing in a fiber tape from the second transition of a tape machine

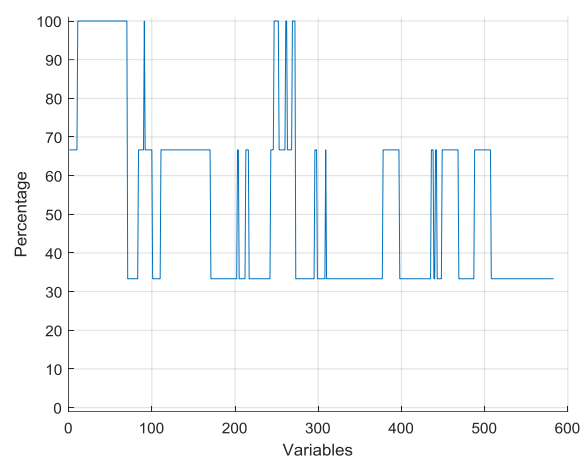


Рис. 3 – Диаграмма изменение вероятности неровноты смешивания в волокнистой ленте с первого перехода ленточной машины

Fig. 3 – Diagram of the change in the probability of uneven mixing in a fiber tape from the first transition of a tape machine

Также, для более легкого восприятия информации, проводится расчет показателя вероятности качества смешивания волокон. Например, для исследуемого образца волокнистой ленты, полученной с первого перехода на ленточной машине, вероятность равномерного распределения волокон в сечении составило:

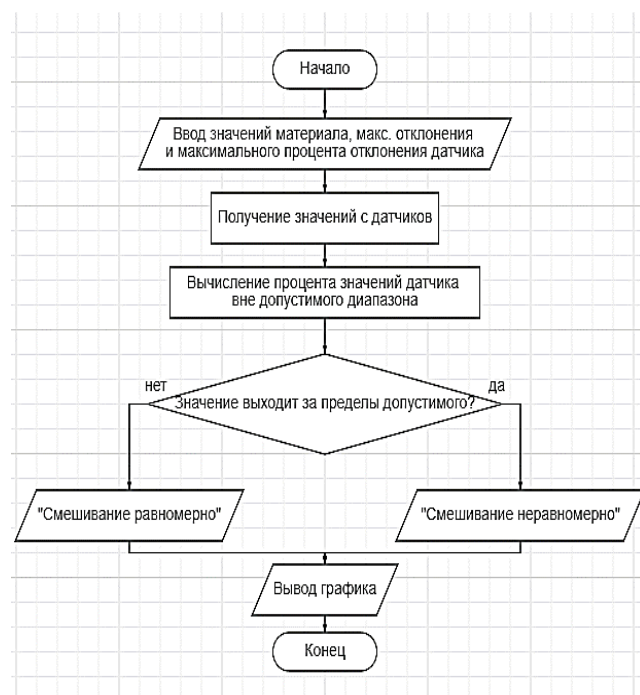
Показатель неровноты смешивания волокон:  
**55.49 %**

Для волокнистой ленты со второго перехода:

Показатель неровноты смешивания волокон:  
**71.06 %**

### Оценка параметров нескольких массивов при одновременном опросе СИ

В случае одновременного снятия сигналов с чувствительных элементов измерительного устройства, что представляет собой второй метод опроса, алгоритм оценки данных будет отличаться, так как запись показаний в течение контрольного времени осуществляется в несколько массивов, согласно числу чувствительных элементов (рис. 4).



**Рис. 4 – Алгоритм оценки равномерности распределения разнородных волокон в продольном сечении волокнистой ленты**

**Fig. 4 – Algorithm for assessing the uniformity of distribution of heterogeneous fibers in the longitudinal section of a fibrous tape**

Данный метод опроса позволяет получить большее количество точек для анализа информации, тем самым увеличив объем данных для дальнейшей оценки качества смешивания волокон. Однако, при этом значительно усложняется алгоритм выборки информации для определения параметров смешивания в конкретном поперечном сечении исследуемой ленты.

Так, для образца волокнистой ленты, с первого перехода ленточной машины, процент значений,

выходящих за пределы допустимого диапазона с каждого чувствительного элемента, составило:

Выход показаний 1 чувствительного элемента за указанные границы: **44.85 %**

Выход показаний 2 чувствительного элемента за указанные границы: **53.38 %**

Выход показаний 3 чувствительного элемента за указанные границы: **35.29 %**

Смешивание неравномерно

Тогда как показатели значений, выходящих за пределы диапазона с каждого чувствительного элемента при оценке ленты со второго перехода ленточной машины, соответствуют:

Выход показаний 1 чувствительного элемента за указанные границы: **40.56 %**

Выход показаний 2 чувствительного элемента за указанные границы: **24.31 %**

Выход показаний 3 чувствительного элемента за указанные границы: **21.94 %**

Смешивание неравномерно

С учетом заданного 10% максимально допустимого отклонения показателя неровноты, характеризующего равномерное распределение волокон в сечении, для исследуемых волокнистых лент смешивания является неравномерным, что говорит о необходимости дополнительных переходов на ленточной машине.

### Заключение

Сравнивая данные алгоритмы, следует отметить, что в общей оценке показателя качества смешивания разнородных волокон вероятность равномерного распределения у них близки. При этом, визуализация и процентное представление информации позволяет наглядно оценить качество распределения разнородных волокон в сечении, а также дать своевременную оценку технологическому процессу.

Разработанные алгоритмы оценки равномерности распределения разнородных волокон в сечении волокнистой ленты позволяют осуществлять как количественный, так и качественный анализ полупродуктов прядения

### Литература

1. А.А. Мицель, Прикладная математическая статистика. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, 2022. 118 с.
2. Н.А. Спирин, В.В. Лавров., Л.А. Зайнуллин, А.Р. Бондин, А.А. Бурыкин, Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. ООО «УИНЦ», Екатеринбург, 2015. 290 с.
3. Е.И. Куликов, Прикладной статистический анализ. Горячая Линия – Телеком, Москва, 2008. 464 с.
4. S. Vinichenko, D. Masanov, AIP Conference Proceedings. International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021),. С. 050005. (2022) DOI: 10.1063/5.0077006.
5. Д.С. Николаев, С.Н. Виниченко, Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021), В сб.: Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Том Часть 4, Москва, С. 226-228. (2021).

6. S.N. Vinichenko, E.A. Ryzhkova, M.V. Nikonov, Fibre Chemistry. Т. 51, № 6. P. 480-482. (2020). DOI: 10.1007/s10692-020-10140-7.
7. К.Э. Разумеев, Изв. ВУЗов: Технология текстильной промышленности, №1. С 25-28, (1999).
8. С.А. Голайдо, М.М. Бондарчук, Е.В. Грязнова, Н.Е. Федорова, Альманах современной науки и образования, №1(91). С.24-28, (2015).
9. Протасова В. А., Бельшев Б. Е., Капитанов А. Ф. Прядение шерсти и химических волокон: учеб. для вузов, Легпромбытиздат, Москва, 1988. 334 с.
10. С.Н. Виниченко, Д.В. Масанов, Инженерный вестник Дона, № 1 (109). С. 624-630. (2024).
11. С.Н. Виниченко, Д.В. Масанов, Инженерный вестник Дона, № 11 (95). С. 82-89. (2022)
12. Vinichenko S., Masanov D. II International Scientific Forum on Sustainable Development and Innovation (WFSDI 2023). Conference Proceedings. Ekaterinburg, 2024. P. 2179-2182.
13. И.Г. Борзунов, К.И. Бадалов, В. Г. Гончаров, Т. А. Дугинова, А. Н. Черников, Н. И. Шилова Прядение хлопка и химических волокон: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Легкая и пищевая промышленность, Москва, 1982. 376 с.
14. Севостьянов, П.А. Методы исследования и моделирования неровноты продуктов прядения, ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», Москва, 2019. 241 с.
15. М.М. Бондарчук, Е.В. Грязнова, Альманах современной науки и образования. Грамота, Тамбов, №12. С. 23-27, (2014).
3. E.I. Kulikov, Applied statistical analysis. Hotline – Telecom, Moscow, 2008. 464 p.
4. S. Vinichenko, D. Masanov, AIP Conference Proceedings. International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021),. P. 050005. (2022) DOI: 10.1063/5.0077006.
5. D.S. Nikolaev, S.N. Vinichenko, Innovative development of machinery and technologies in industry (INTEX-2021), In the collection of the All-Russian Scientific Conference of Young Researchers with International Participation. Volume Part 4, Moscow, pp. 226-228. (2021).
6. S.N. Vinichenko, E.A. Ryzhkova, M.V. Nikonov, Fibre Chemistry. Т. 51, № 6. P. 480-482. (2020). DOI: 10.1007/s10692-020-10140-7.
7. K.E. Yaslyayev, Izv. VUZov: Technology of the Textile Industry, №. 1. From 25-28, (1999).
8. S.A. Golaido, M.M. Bondarchuk, E.V. Gryaznova, N.E. Fedorova, Almanac of Modern Science and Education, №. 1(91). pp.24-28, (2015).
9. Protasova V. A., Belyshev B. E., Kapitanov A. F. Spinning of wool and chemical fibers: textbook. for universities, Legprombytizdat, Moscow, 1988. 334 p.
10. S.N. Vinichenko, D.V. Masanov, Engineering Bulletin of the Don, №. 1 (109). pp. 624-630. (2024).
11. S.N. Vinichenko, D.V. Masanov, Engineering Bulletin of the Don, №. 11 (95). pp. 82-89. (2022)
12. Vinichenko S., Masanov D. II International Scientific Forum on Sustainable Development and Innovation (WFSDI 2023). Conference Proceedings. Ekaterinburg, 2024. P. 2179-2182.
13. I.G. Borzunov, K.I. Badalov, V. G. Goncharov, T. A. Duginova, A. N. Chernikov, N. I. Shilova Spinning cotton and chemical fibers: a textbook for universities. 2nd ed., revised and add. Light and food industry, Moscow, 1982. 376 p
14. Sevostyanov, P.A. Methods of investigation and modeling of the unevenness of spinning products, Kosygin Russian State University, Moscow, 2019– 241 p.
15. M.M. Bondarchuk, E.V. Gryaznova, Almanac of Modern Science and Education. Gramota, Tambov, No. 12, pp. 23-27, (2014).

## References

© С. Н. Виниченко – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и промышленной электроники, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (РГУ им. А.Н. Косыгина), Москва, Россия, vinichenko-sn@rguk.ru; Д. В. Масанов – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и промышленной электроники, Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (РГУ им. А.Н. Косыгина), Москва, Россия, masanov-dv@rguk.ru.

© S. N. Vinichenko – PhD in engineering sciences, associate professor of the department of automation and industrial electronics, Kosygin Russian State University, Moscow, Russia, vinichenko-sn@rguk.ru; D. V. Masanov – PhD in engineering sciences, associate professor of the department of automation and industrial electronics, A.N. Kosygin Russian State University (Kosygin Russian State University), Moscow, Russia, masanov-dv@rguk.ru.

Дата поступления рукописи в редакцию – 18.04.25.

Дата принятия рукописи в печать – 30.08.25.