

Модель определения долевого состава смеси натуральных и химических волокон от изменения интенсивности излучения

С.Н. Виниченко, Д. В. Масанов

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва

Аннотация: В статье представлена зависимость изменения интенсивности излучения при прохождении инфракрасного потока через двухкомпонентный материал, что позволяет провести долевую оценку смеси из натуральных и химических волокон. На основе полученной зависимости, по экспериментальным данным построена математическая модель, позволяющая дать количественную оценку распределения разнородных волокон в смеси. Результаты моделирования показали, что, после второго перехода, на ленточной машине наблюдается так называемый дефект «ручьистости», характеризующийся неравномерным распределением волокон в сечении продукта.

Ключевые слова: интенсивность излучения, инфракрасный метод оценки, смешивание разнородных волокон, долевого состав, измерительное устройство.

Смешивание натуральных и химических волокон является одним из основных технологических процессов прядильного производства для выработки качественного продукта прядения. При этом важную роль играет не только правильный состав смеси, но и равномерное распределение разнородных волокон в ней [1, 2], что, в свою очередь, подразумевает контроль и оценку степени смешивания данных волокон [3-5]. Решением проблемы неразрушающего контроля качества смешивания натуральных и химических волокон в полуфабрикатах прядильного производства может служить инфракрасный метод оценки [6], который уже нашел широкое применение при оценке параметров в различных областях [7], в том числе и текстильной промышленности [8, 9].

Существует множество различных факторов, влияющих на количественные и особенно качественные характеристики потока излучения при его взаимодействии с объектом контроля. С учетом, что взаимодействие любого материала с электромагнитным излучением, в том числе, и

оптического диапазона, приводит к уменьшению интенсивности потока, прошедшего через материал.

Согласно закону Бугера - Ламберта – Бера, интенсивность излучения на выходе измерительного элемента J определяется выражением:

$$J(X) = J_0 e^{-AX}$$

где J_0 – интенсивность излучения инфракрасного светодиода.

Таким образом, при взаимодействии инфракрасного излучения с материалом, интенсивность излучения уменьшается по экспоненциальному закону в зависимости от коэффициента пропускания A и длины компонента находящегося в среде X , через который и проходит данное инфракрасное излучение.

Следовательно, изменения интенсивности излучения можно описать выражением:

$$\ln \frac{J(X)}{J_0} = -AX \quad (1)$$

При прохождении инфракрасного излучения через много компонентный материал изменение интенсивности излучения определяется зависимостью от коэффициентов пропускания и длин каждого из компонентов. Так, для двухкомпонентной смеси уравнение (1) записывается как:

$$\ln \frac{J(x)}{J_0} = -a_1 x_1 - a_2 x_2 - a_0 x_0 \quad (2)$$

где $a_1 x_1$ – изменение интенсивности излучения первого компонента смеси;

$a_2 x_2$ – изменение интенсивности излучения второго компонента смеси;

$a_0 x_0$ – изменение интенсивности излучения при прохождении воздушной среды.

Так как в измерительном канале расстоянием прохождения излучения является сумма всех длин:

$$x_1 + x_2 + x_0 = L$$

то, с учетом определения доли компонентов в смеси, общая длина будет выражаться, как:

$$p_1L + p_2L + p_0L = L$$

где p_1 – доля шерсти; p_2 – доля акрила и p_0 – доля воздушной среды.

Тогда общая доля компонентов:

$$p_1 + p_2 + p_0 = 1$$

Используя полученные данные с измерительного устройства, уравнение (2) можно представить в виде:

$$b = -a_1p_1L - a_2p_2L - a_0p_0L \quad (3)$$

где b – сигналы с инфракрасного приемника.

Так как интенсивность излучения при прохождении потока в воздушной среде при небольших расстояниях не изменяется, то выразив долю одного компонента относительно другого:

$$p_2 = 1 - p_1,$$

и подставив в уравнение (3), получим зависимость изменения прохождения инфракрасного излучения от изменения одного из компонентов:

$$b = -a_1p_1L + a_2p_1L - a_2L$$

Отсюда:

$$p_1 = \frac{b + a_2L}{(a_2 - a_1)L}. \quad (4)$$

Однако, данная зависимость подразумевает неизменную толщину ленты с изменяемым долевым составом, но, как показывает практика, при выработке продуктов прядения линейная плотность может изменяться в течение всего технологического процесса. В результате данных изменений будет значительно меняться и интенсивность излучения, проходящего через полупродукт прядильного производства [10, 11]. Так, наибольшее поглощение при заданной длине волны наблюдается у шерсти, в то время как у акриловой ленты пропускная способность является намного выше [6].

Также, чем больше равномерное распределение волокон шерсти и акрила в сечении прядильной ленты, тем меньше разброс значений получаемого сигнала с фотоприемника и меньше пропускная способность.

В результате статистической обработки экспериментальных данных, а также на основе применения формулы (4) разработана математическая модель, позволяющая определить зависимость изменения уровня сигнала с инфракрасного приемника от долевого состава разнородных волокон в сечении прядильной ленты (рис.1), учитывая при этом возможное изменение ее линейной плотности.

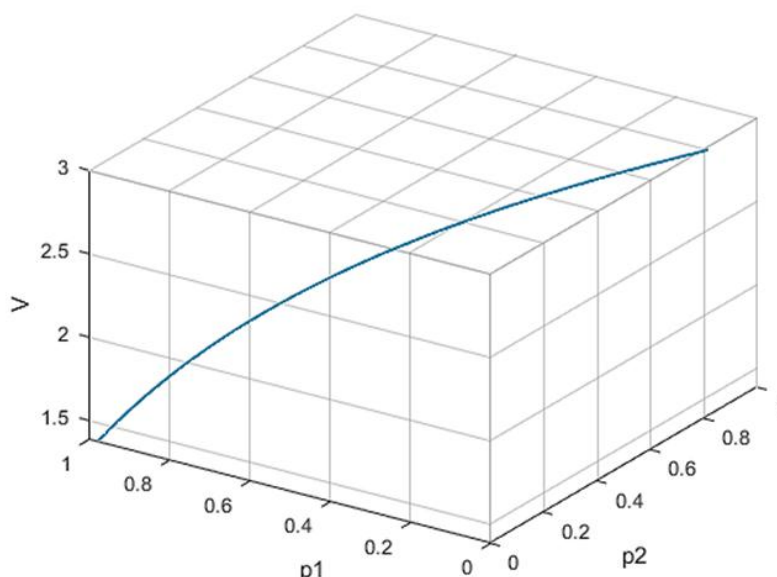


Рис. 1. – Зависимости изменения интенсивности излучения от доли компонентов в смеси

Для полуфабриката прядильного производства, который по составу должен содержать 80% волокон шерсти и 20% акрила, изменение долевого состава в сечении после второго перехода на ленточной машине варьируется в небольших пределах (рис.2.). Так, доля шерсти (p_1), при неизменной линейной плотности, составляет $0,745 \div 0,77$, а доля волокон акрила (p_2) меняется от 0,255 до 0,23, т.е. наблюдается неровность по структуре – «ручьистость».

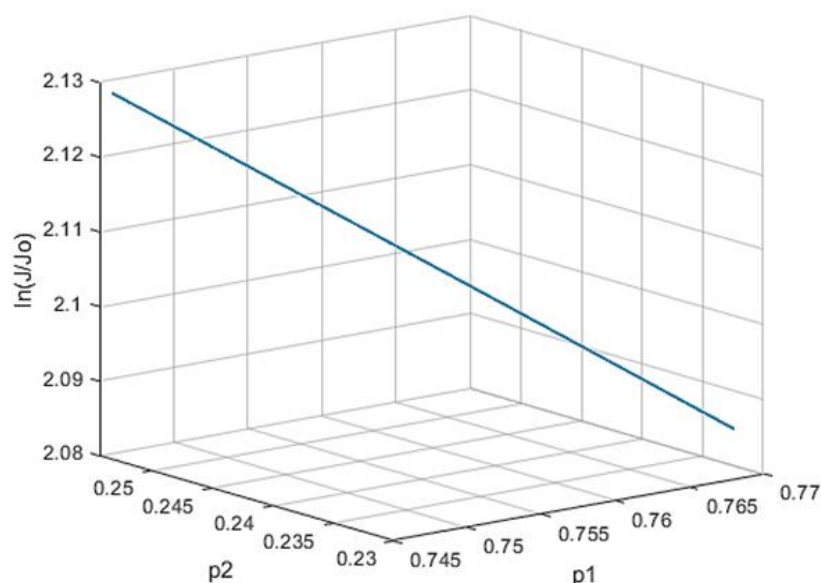


Рис. 2. – Оценка долевого состава шерсти ($p_1=80\%$) и акрила ($p_2=20\%$) после второго перехода на ленточной машине

Полученные результаты моделирования подтверждают необходимость третьего перехода в технологической цепочке сложения и вытяжки ленты на ленточной машине, что позволит не только уменьшить неровность распределения волокон в поперечном сечении ленты, но и улучшить ее качественные показатели. Предложенная же модель оценки долевого состава смеси в дальнейшем будет применяться при анализе и обработке данных, получаемых с технического средства контроля, тем самым реализуя систему неразрушающего контроля.

Литература

1. Севостьянов А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве. М.: Гизлегпром, 1954. 192 с.
2. Протасова В.А., Бельшев Б.Е., Панин П.М., Хутарев Д.Д. Прядение шерсти и химических волокон (приготовление аппаратной ровницы и чесальной ленты). М.: Легпромбытиздат, 1987. 296 с.

3. Эммануэль М.В. Оценка качества перемешивания волокон разных компонентов на основе анализа срезов ровницы или пряжи // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 1962, № 3, с. 64-74; №4, с. 42-48.

4. Coplan M.J., Klein W.G. A Study of Blended Woolen Structures Part 1: Methods of Within-Section Blend Analysis // Textile Research Journal, vol. 29, 1959, pp.632-639.

5. Науменко А.М., Рыклин Д.Б., Джежора А.А. Разработка диэлькометрического метода оценки эффективности смешивания компонентов при производстве хлопкольнай пряжи // Вестник Витебского государственного технологического университета. Выпуск 18/ УО «ВГТУ». – Витебск, 2010, с. 69-74.

6. Виниченко С.Н., Никонов М.В., Рыжкова Е.А. Использование инфракрасной спектроскопии для оценки качества смешивания волокон // Химические волокна, №1, 2019, с. 55 – 56.

7. Рындин Е.А., Леньшин А.С. Методика численного моделирования спектрометрических газочувствительных сенсорных систем // Инженерный вестник Дона, №4 (часть 2), 2012. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1360

8. Козлов А.Б., Ермаков А.А. Микропроцессорный инфракрасный оптоэлектронный преобразователь плотности волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1995, №2, с.107-110., №4, с.95 -98.

9. Мухитдинов М. Оптоэлектронные устройства контроля и измерения в текстильной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 200 с.

10. Виниченко С.Н., Масанов Д. В., Рыжкова Е.А. Анализ результатов эксперимента оценки качества смешивания разнородных волокон//



Инженерный вестник Дона, № 10, 2022. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7930

11. Vinichenko S.N., Nikonov M.V., Ryzhkova E.A. Evaluation of results from a full factorial experiment for IR measurements of a spinning-sliver Composition // Fibre Chemistry Volume 52, Issue 1, 2020, pp. 71-73.

References

1. Sevost`yanov A.G. Sostavlenie smesok i smeshivanie v xlopkopryadil`nom proizvodstve. [Mixing and mixing in cotton spinning]. M.: Gizlegprom, 1954. 192p.

2. Protasova V.A., Bely`shev B.E., Panin P.M., Xutarev D.D. Pryadenie shersti i ximicheskix volokon (prigotovlenie apparatnoj rovnicy i chesal`noj lenty`). [Spinning of wool and chemical fibers (preparation of hardware roving and carding sliver)]. M.: Legpromby`tizdat, 1987. 296 p.

3. E`mmanue`l` M.V. «Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij», Tekhnologiya tekstil`noj promy`shlennosti, 1962, № 3, pp. 64-74; №4, pp. 42-48.

4. Coplan M.J., Klein W.G. «Textile Research Journal», vol. 29, 1959, pp.632-639.

5. Naumenko A.M., Ry`klin D.B., Dzhzhora A.A. Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo texnologicheskogo universiteta. Vy`pusk 18/ UO «VGTU». Vitebsk, 2010, pp. 69-74.

6. Vinichenko S.N., Nikonov M.V., Ry`zhkova E.A. Ximicheskie volokna, №1, 2019, pp. 55 – 56.

7. Ry`ndin E.A., Len`shin A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, №4 (chast` 2), 2012. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1360

8. Kozlov A.B., Ermakov A.A. Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil`noj promy`shlennosti. 1995, №2, pp. 107-110, №4, pp. 95 -98.



9. Muxitdinov M. Optoelektronny`e ustrojstva kontrolya i izmereniya v tekstil`noj promy`shlennosti. [Optoelectronic control and measurement devices in the textile industry]. M.: Legkaya i pishhevaya promy`shlennost`, 1982, 200 p.

10. Vinichenko S.N., Masanov D. V., Ry`zhkova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, № 10, 2022. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2022/7930

11. Vinichenko S.N., Nikonov M.V., Ryzhkova E.A. Fibre Chemistry Volume 52, Issue 1, 2020, pp. 71-73.