

Прикладні аспекти: фізико-хімічні вимірювання

УДК 006.91.681.3.01 : 677.014.84

Т.А. Григорова¹, Г.О. Скрипко²

¹ Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчуг

² Научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр при УМВД Украины в Николаевской области, Николаев

АНАЛИЗ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА

С помощью программы проведен анализ полученного изображения интерференционной картины волокна, наблюдаемой в поляризованном свете микроскопа. Рассчитана неопределенность для четырех факторов, влияющих на общую картину распределения цветовых регионов. По результатам анализа неопределенностей были выявлены факторы, которые оказывают негативное влияние на конечный результат измерений. Предложен алгоритм проведения обработки изображения волокна, что дало возможность снизить влияние негативных факторов.

Ключевые слова: изображение волокна, интерференционная картина, фактор влияния, анализ изображения, неопределенность измерения.

Введение

Основной оценкой пригодности измерительного метода в настоящее время считается неопределенность.

Сотрудниками Кременчугского национального университета имени Михайла Остроградского по заказу Научно-исследовательского экспертно-криминалистического центра при УМВД Украины в Николаевской области была разработана программа, позволяющая проводить анализ изображения волокна, наблюдаемого в поляризованном свете микроскопа.

Известно [1], что большинство текстильных волокон имеют анизотропную (неоднородную) структуру, поэтому при облучении поляризованным светом они интерференционно окрашиваются. Рисунок интерференционного окрашивания волокна зависит от совершенства и особенностей структуры волоконно-образующего полимера [2]. Волокна с низкой степенью кристалличности, но относительно равномерной структурой однородно окрашены. Волокна с высокой степенью кристалличности и ориентированностью структурных элементов имеют рисунок в виде симметричных полос разной ширины и цвета. Волокна, структура которых разориентирована, окрашены пестро в виде пятен. Визуальная оценка интерференционной картины в целом волокна позволяет проводить межвидовую идентификацию волокон. Проведение идентификации волокон внутри одного вида стало возможным, после технического улучшения качества изображения волокна.

Цвет интерференционно окрашенных полос или пятен, наблюдаемых на участке волокна, и их относительная площадь к площади, анализируемого рисунка, отнесены к качественным характеристикам структуры полимера.

Созданная компьютерная программа дает возможность анализировать все волокно или его выделенный фрагмент, определять площади участков волокна, окрашенных определенным цветом и находить их процентное соотношение к общей площади. Указанные выше возможности программы позволили перейти от качественной оценки интерференционной картины волокна к ее количественному анализу.

Изложение основного материала

Тестирование программного продукта проводили на изображениях, полученных при исследовании полиэфирных волокон, представляющих научный интерес для экспертного исследования, ввиду увеличения в настоящее время производства этого вида продукции во всем мире.

Так в 2010 г существенный прирост полиэфирных волокон и нитей относительно общего объема производства других видов синтетических волокон отмечен в Турции (29%), США (20%), Китае (16%), Ю. Корее (14%), Японии (12%) и др., в целом — на 14% [3].

В 2011 году мировое производство полиэфирных волокон и нитей составило чуть меньше 39 млн. т., т.е. 46% от всех видов волокон (84,1 млн. т) [4].

Рост производства штапельного волокна, традиционно составляющего альтернативу хлопку, в XXI столетии вытеснил его на второе место.

Заполнение текстильного рынка более однообразной по волокнистому составу продукцией поставило перед экспертами волокнистых материалов актуальную проблему – усовершенствование оптического метода идентификации полиэфирных волокон внутри вида и оценка состояния структуры полимера экспрессивными методами.

Использование цифровой видеокамеры и компьютерной программы «Эксперт» дало возможность, интерференционную картину, наблюдаемую на волокне в поле зрения поляризационного микроскопа «Полам Л-213», видеть на экране монитора, фиксировать полученное изображение в формате BMP (рис. 1).

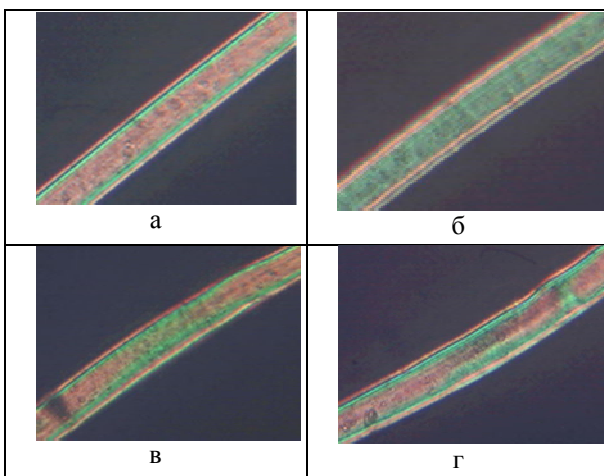


Рис. 1. Изображение полиэфирных волокон. а – с высокоориентированной структурой полимера; б – с менее ориентированной структурой полимера; в, г – с разориентированной структурой полимера.

Анализ полученного изображения проводился путем выделения и расчета площади областей заданного цвета, с помощью программы анализатора, разработанной для этой цели.

Работа программы включает следующие этапы: выделение области для анализа, предварительная обработка изображения, анализ цветовой маски изображения и выполнение расчетов, поддержка базы данных для выполнения статистического анализа полученных результатов.

Для выделения области определенного цвета на рисунке интерференционной картины волокна применен алгоритм нечеткой кластеризации. Его основа – битовая маска связей и рангов цветовых компонентов, которые отражают взаимосвязи и ранги трех цветовых характеристик [5].

По результатам рассчитываются площади цветовых регионов. Все результаты работы программы сохраняются в базу данных. Статистическая обработка результатов позволяет получить гистограмму

процентного соотношения площадей цветовых характеристик к общей площади всего волокна (рис.2).

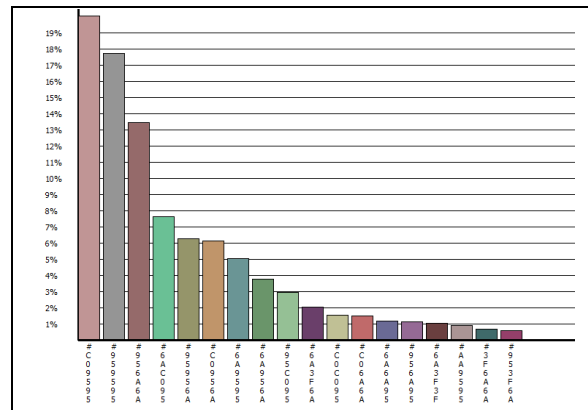


Рис. 2. Гистограмма площадей цветовых характеристик изображения волокна (рис. 1, а).

С целью определения пригодности метода, разработанного для анализа изображения волокна, был проведен расчет границ неопределенности измерений при его использовании.

На первом этапе была проведена проверка повторяемости результата при расчете площади областей заданного цвета. Для этого анализ одного и того же волокна выполнялся несколько раз. Полученные результаты повторялись без отклонений, что говорит о правильном выборе метода и устойчивой работе программы.

Анализ полученных изображений показал, что на размер окрашенных и выделенных с помощью программы площадей оказывают влияние факторы настройки изображения – резкость и освещенность, а также фактор, учитывающий влияние случайных внешних загрязнений.

Для определения степени влияния указанных выше факторов на результаты анализа изображения волокна были рассчитаны границы их неопределенностей.

Суммарная неопределенность каждого фактора вычислялась отдельно по базовому алгоритму [6].

Запись модельного уравнения

$$y = f(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_N),$$

где x_1, x_2, \dots, X_N – входные величины, отражающие процентное соотношение показателей площади цвета выделенной области на волокне,

$$\bar{X}_i = \left(\sum_{k=1}^n X_{i,k} \right) / n,$$

n определяется количеством рассмотренных образцов.

Суммарная стандартная неопределенность, поскольку x_i являются независимыми величинами, рассчитывается по формуле

$$u_{c,2}(y) = \sum_i^N u_i^2(y).$$

Для определения влияния резкости и освещения был проведен анализ изображений одного и того же волокна полученного при разной степени его освещенности и с разной настройкой резкости изображения. По такой же схеме был проведен анализ разных волокон.

Результаты замеров и расчетов при разном освещении для одного волокна представлены табл. 1, результаты расчетов неопределенности измерений для разных волокон представлены в табл. 2.

Таблица 1

Расчетные данные по замерам одного волокна при разной освещенности

Цвет	Дисперсия	Сред. дисп.	Отклонения	Сред. откл.	Неопредел.
6A6A3F	65,97	21,99	8,12	4,69	4,69
3F6A3F	28,24	9,41	5,31	3,07	3,07
3F3F14	247,41	82,47	15,73	9,08	9,08
6A3F3F	11,61	3,87	3,41	1,97	1,97
3F3F3F	7,84	2,61	2,80	1,62	1,62
6A3F14	0,10	0,03	0,32	0,19	0,19
3F3F29	8,42	2,81	2,90	1,68	1,68
956A3F	0,17	0,06	0,42	0,24	0,24
6A6A6A	2,58	0,86	1,61	0,93	0,93
956A6A	1,56	0,52	1,25	0,72	0,72
3F6A14	0,25	0,08	0,50	0,29	0,29
6A3F29	1,00	0,33	1,00	0,58	0,58
6A543F	0,14	0,05	0,38	0,22	0,22
3F6A6A	0,46	0,15	0,68	0,39	0,39
95956A	0,46	0,15	0,68	0,39	0,39

Таблица 2

Суммарная неопределенность измерений волокон, отличающихся по яркости изображений

Образцы	Неопределенность, %
1	26,046
2	28,1513
3	24,5694
4	28,3642
5	31,4541
6	11,4798
7	17,5466

Результаты расчетов неопределенности измерений для разных волокон снятых с разной настройкой резкости изображения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Суммарная неопределенность измерений волокон, отличающихся по резкости изображения

Образцы	Неопределенность, %
1	13,630
2	9,165
3	12,443
4	12,128
5	9,246

Для определения степени влияния случайных внешних загрязнений на размер выделенных с помощью программы окрашенных площадей по двум волокнам, имеющих разную степень загрязнений их изображений, было сделано по пять замеров. Далее провели расчет суммарной неопределенности.

Результаты расчетов неопределенности измерений для двух волокон представлены табл. 4.

Таблица 4

Суммарная неопределенность измерений изображения волокон с разную степенью загрязнения

Образцы	Неопределенность, %
1	12,55
2	22,9

Анализ неопределенности измерений (табл.1-4) позволил сделать вывод, что яркость освещения (табл.2) в большей степени, чем другие факторы влияет на результат измерения, выделенных с помощью программы окрашенных площадей, на интерференционной картине, наблюдаемой на волокне. На второе место можно поставить загрязненность изображения, на третье – резкость.

Таким образом, от правильности настроек освещения и резкости изображения во многом зависит уровень точности измерений. Для получения результата с меньшей неопределенностью при сравнительном анализе изображений идентифицируемых волокон необходимо съемку проводить при одинаковых настройках освещения и резкости изображения.

Величину неопределенности измерений, зависящую от случайных загрязнений, можно снизить, используя при работе оборудование с незагрязненной оптикой, чистое лабораторное стекло и иммерсионную жидкость.

Практическое исследование полученных изображений волокон показало, что проводить анализ по всей длине волокна не всегда возможно. Указанная проблема связана не всегда с хорошим качеством получаемого изображения по длине волокна.

Для решения указанной проблемы программа поддерживает опцию выделения области изображения. Это дает возможность выбрать участок на волокне по внешним признакам отвечающей области наиболее качественного изображения.

Оценку неопределенности результатов измерений окрашенных площадей при выделении анализируемой области на волокне проводили по измерениям, полученным от пятикратного ее выделения. Результаты замеров и расчетов неопределенности для одного волокна представлены в табл. 5. Результаты расчетов неопределенности измерений для разных волокон представлены в табл. 6.

Таблица 5

Расчетные данные по замерам одного волокна при выделении области для анализа

Цвет	Дисперсия	Сред. дисп.	Отклонения	Сред. откл.	Неопредел.
956A6A	1,33	0,44	1,15	0,67	0,67
6A6A6A	0,08	0,03	0,29	0,17	0,17
95956A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6A956A	0,63	0,21	0,79	0,46	0,46
C06A6A	0,09	0,03	0,31	0,18	0,18
3F6A6A	0,86	0,29	0,93	0,54	0,54
956A95	0,00	0,00	0,06	0,03	0,03
6A9595	0,00	0,00	0,06	0,03	0,03
3F956A	0,04	0,01	0,20	0,12	0,12
3F9595	0,04	0,01	0,20	0,12	0,12
953F3F	0,02	0,01	0,15	0,09	0,09
6A6A3F	65,97	21,99	8,12	4,69	4,69
3F6A3F	28,24	9,41	5,31	3,07	3,07
3F3F14	247,41	82,47	15,73	9,08	9,08
6A3F3F	11,61	3,87	3,41	1,97	1,97
3F3F3F	7,84	2,61	2,80	1,62	1,62
6A3F14	0,10	0,03	0,32	0,19	0,19
3F3F29	8,42	2,81	2,90	1,68	1,68
956A3F	0,17	0,06	0,42	0,24	0,24
6A6A6A	2,58	0,86	1,61	0,93	0,93
956A6A	1,56	0,52	1,25	0,72	0,72
3F6A14	0,25	0,08	0,50	0,29	0,29
6A3F29	1,00	0,33	1,00	0,58	0,58
6A543F	0,14	0,05	0,38	0,22	0,22
3F6A6A	0,46	0,15	0,68	0,39	0,39
95956A	0,46	0,15	0,68	0,39	0,39

Таблица 6

Суммарная неопределенность измерений разных волокон при выделении области для анализа

Образцы	Неопределенность, %
1	2,76908
2	5,52809
3	2,53452
4	1,44377
5	0,66694
6	2,49450
7	2,65633

Сравнительный анализ величин неопределенности измерений, полученных при расчете выделенной для анализа области (табл. 5, 6) и неопределенностей, возникающих вследствие неустойчивости оттенков цветов, четкости и чистоты изображения (табл. 1 – 4), позволил сделать заключение – использование операции выделения области анализа на волокне дает возможность в десять раз снизить неопределенность при измерении площади цветового региона.

Выводы

Расчет неопределенности позволил выявить фактор, дающий наиболее широкий разброс результатов измерений. Таким фактором является освещение при получении изображения волокна в поле зрения микроскопа в поляризованном свете. Анализ полученной неопределенности также позволил разработать алгоритм проведения обработки полученного изображения, что дало возможность снизить влияние негативных факторов на результат измерений.

Список литературы

1. Калиновски Е. Химические волокна (исследования и свойства) / Е. Калиновски, Г.В. Урбанчик. – М.: Легкая индустрия – 1966. – 319 с.
2. Криминалистическое исследование волокнистых материалов и изделий из них. Выпуск 2. Исследование текстильных волокон / В.А. Пучков, А.А. Седов, Г.А. Сергаева, В.П. Чернов : – М. : МЮ СССР ВНИИСЕ, 1983. – 311 с.
3. Айзенштейн Э.М. Полиэфирные волокна по-прежнему в лидерах / Э.М. Айзенштейн // Рабочая одежда. Легпромбизнес. – 2012. – № 1 (54). – С. 10-11.
4. Айзенштейн Э.М. Мировое производство химических волокон / Э.М. Айзенштейн // Рабочая одежда. Легпромбизнес. – 2012. – № 2 (55). – С. 18-19.
5. Вовк О.Л. Иерархический агрегативный алгоритм кластеризации для выделения регионов изображений [Электронный ресурс] // Графикон'2004. – М., 2004. – Режим доступа: <http://www.graphicon.ru/2004>.
6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа. – 2008. – 214 с.

Поступила в редколлегию 14.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, доц. В.П. Ляшенко, Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг.

АНАЛІЗ ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРІВ РЕЗУЛЬТАТІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОЇ КАРТИНИ ПОЛІЕФІРНОГО ВОЛОКНА

Г.О. Скрипко, Т.А. Григорова

За допомогою програми проведено аналіз отриманого зображення інтерференційної картини волокна, яка спостерігається у поляризаційному світлі мікроскопа. Розрахована невизначеність для чотирьох факторів, що впливають на загальну картину розподілу кольорних регіонів. За результатами аналізу невизначеностей були виявлені фактори, які впливають на кінцевий результат вимірів. Запропоновано алгоритм проведення обробки зображення волокна, застосування якого дало можливість знизити вплив негативних факторів.

Ключові слова: зображення волокна, інтерференційна картина, фактор впливу, аналіз зображення, невизначеність виміру.

**THE ANALYSIS OF MEASUREMENT UNCERTAINTY ESTIMATION OF RESULTS OF ELECTRONIC DATA
PROCESSING OF POLYESTER FIBER INTERFERENCE PATTERN IMAGE**

G.A. Skrypko, T.A. Hryhorova

Image of fiber interference pattern, which is seen in polarized light of microscope, is analyzed through the instrumentality of program. Uncertainty for four factors, which influence on the scheme of color limits dispensing is calculated. The factors, which negatively influence on final result of calculations, are developed according to the results of uncertainties analysis. An algorithm of fiber image processing, which gives an opportunity to reduce influence of negative factors, is suggested.

Key words: fiber image, interference pattern, influence, analysis of image, uncertainty of measurement.