

УДК 677.014.8:004.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ОДИНОЧНЫХ ВОЛОКОН

А.Ю. МАТРОХИН, Н.А. КОРОБОВ, О.А. ШАЛОМИН, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящее время основным препятствием на пути практического применения компьютерных методов измерения свойств текстильных материалов является недостаточная степень доверия к результатам, получаемым этими методами. Несмотря на очевидные преимущества в производительности предлагаемых компьютерных методов, по сравнению с традиционными, потребители отдают предпочтение последним. В связи с этим необходимо решить проблему определения значений основных метрологических характеристик компьютерных методов измерения для целей калибровки. Основной качественной метрологической характеристикой любого метода измерения является точность, которая количественно выражается абсолютной и относительной погрешностями.

Объектом данного исследования является компьютерный метод измерений, реализующий способ определения длины отдельных хаотически расположенных волокон по цифровому изображению, получае-

мому с помощью оптического сканера [1]. Любая измерительная система представляет собой совокупность элементов, которые, с одной стороны, необходимы для получения конечного результата, а с другой стороны – подвержены колебаниям, приводящим к отклонению результата измерений от истинного (действительного) значения.

Основные операции подготовки и проведения испытаний компьютерного метода описаны в [1]. Способ формирования пробы отличается тем, что он не требует распрямления и ориентации волокон. Это способствует сохранению исходных размеров волокон и предохраняет их от разрушения.

Однако основным недостатком такой пробы является кривизна волокон, радиус которой на некоторых участках сопоставим с диаметром волокна. Это обстоятельство является одной из причин погрешности результатов измерений.

Как следует из [2], классическими составляющими итоговой систематической погрешности являются погрешности, вносимые оператором, инструментальные и методические погрешности.

Рассмотрим возможность появления и предупреждения погрешности, вносимой оператором. Она может возникнуть только на стадии подготовки пробы и при сканировании. Следует отметить, что при соблюдении рекомендаций [1] и при выборе правильного режима сканирования погрешность от неадекватного распознавания волокна может быть сведена к нулю. Исключения составляют волокна, находящиеся в непосредственной близости к краю изображения или выходящие за него. В связи с этим такие волокна выводятся из компьютерной обработки и в дальнейшем не учитываются.

Причиной инструментальной погрешности, прежде всего, является ограничение разрешающей способности средства измерений (сканера). Основной целью сканирования является получение цифрового изображения пробы с целостными волокнами.

Как оказалось, разрешающая способность R сканера существенно влияет на качество изображения (качество оценивается количеством и размером разрывов изображения волокна). С помощью визуальной оценки установлено, что для сканирования хлопковых волокон минимальная разрешающая способность должна быть не ниже 300 пикселей/дюйм.

На основе этого значения можно определить теоретическое значение минимальной абсолютной погрешности, которое составляет 0,17 мм, что сопоставимо с размерами двух пикселей (так как вероятность возникновения погрешности одинакова на обоих концах изображения волокна). Соответствующая величина относительной погрешности δL_p зависит от длины волокон и применительно к хлопковому волокну базового (пятого) типа ее можно оценить на уровне 0,66%.

Другой причиной инструментальной погрешности является несоответствие реальных размеров пикселей номинальным

значениям вследствие неверной передачи измерительной информации. Задача по оцениванию этой составляющей погрешности решена путем сопоставления длины, определенной непосредственно на калиброванной линейке с погрешностью 0,1 мм, и эквивалентной длины, соответствующей числу пикселей между центрами выбранных меток линейки.

Таким образом, относительная погрешность $\delta L_{\text{ц}}$ от несоответствия реальных размеров пикселей номинальным значениям определяется по формуле

$$\delta L_{\text{ц}} = 100 \left(L_1 - \frac{25,4n}{R} \right) / L_1, \quad (1)$$

где L_1 – значение длины между выбранными метками линейки, мм; n – целое число пикселей, находящихся между центрами изображений выбранных меток калиброванной линейки; R – выбранная разрешающая способность сканера, пикселей/дюйм.

Выборочные результаты контроля погрешности от несоответствия реальных размеров пикселей при $R = 300$ пикселей/дюйм приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Номер измерения	Значения характеристик		
	L_1 , мм	n	$\delta L_{\text{ц}}$, %
1	5	59	0,09
2	10	118	0,09
3	15	177	0,09
4	20	236	0,09
5	25	296	0,25
6	30	356	0,47
7	35	413	0,09
8	40	474	0,33
9	45	532	0,09
10	50	591	0,08
Среднее	-	-	0,17

В дальнейших расчетах будем использовать среднее арифметическое значение погрешности $\delta L_{\text{ц}}$, равное 0,17 %.

Наибольший вклад в возникновение методической погрешности вносит операция измерения длины одиночного волокна. Причиной погрешности является неадек-

ватность контролируемому объекту модели, параметры которой принимаются в качестве измеряемой величины. Это связано с тем, что измерение осуществляется дискретно по небольшим участкам изображения (размером от 1 до 17 пикселей), поэтому любое отклонение от прямолинейного расположения волокна внутри соответствующего участка приводит к систематическому искажению (уменьшению) получаемого результата относительно действительного значения.

Учитывая извитость (кривизну) волокон, среднюю (номинальную) длину во-

локна и погрешность, возникающую от одного извитка, можно приближенно спрогнозировать погрешность от кривизны волокон. Для этой цели был разработан компьютерный стенд, который позволяет измерять длину отдельных волокон в автоматическом и в интерактивном режиме. При этом фиксируется отклонение длины в абсолютных и относительных единицах и количество прямолинейных сегментов волокна.

Выборочные результаты определения погрешности компьютерного метода измерения приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер волокна	Длина одинокного волокна		Погрешность результата измерения		Количество пря- молинейных сег- ментов
	по компьютер- ному методу, мм	по ручному за- меру проекции волокон, мм	абсолютная $\Delta L_M, \text{мм}$	относительная $\delta L_M, \%$	
1	25,87	26,38	0,51	1,93	56
2	25,22	25,44	0,22	0,86	38
3	28,96	29,17	0,21	0,73	44
4	25,13	25,22	0,09	0,36	39
5	30,81	31,34	0,53	1,68	53
6	23,76	23,95	0,19	0,81	29
7	16,06	16,51	0,45	2,72	35
8	21,49	21,75	0,26	1,21	49
9	26,63	27,22	0,59	2,22	51
10	23,28	23,50	0,22	0,93	38
Среднее	-	-	0,327	1,34	43

Таким образом, можно предположить, что на каждом сегменте изогнутого волокна возникает локальная абсолютная погрешность, составляющая около 0,008 мм. Соответственно, получена возможность корректировать (увеличивать) значение длины, измеренной компьютерным методом, на величину, равную произведению числа прямолинейных сегментов, на постоянную величину локальной погрешности.

Как видно из табл. 2, величина абсолютной погрешности может достигать 0,59 мм. Средняя величина методической относительной погрешности δL_M составляет 1,34 %.

На заключительной стадии измерения присутствует погрешность δL_0 из-за округления результатов по отдельным волокнам для последующего построения диаграммы распределения и вычисления

сводных характеристик. Исходные данные округляются до 0,1 мм, поэтому предельная погрешность от данного фактора составит не более 0,05 мм. Соответствующая величина относительной погрешности δL_0 для базового типа хлопковых волокон составит около 0,2%.

С учетом вышеизложенного и на основании выборочных данных оценим итоговую относительную погрешность компьютерного метода измерения длины однокных волокон по формуле

$$\delta L = \sqrt{(\delta L_p + \delta L_{\text{ц}})^2 + \delta L_M^2 + \delta L_0^2} \quad (2)$$

В итоге получим, что предельная погрешность δL компьютерного метода измерения без учета компенсации составляющей δL_M не превышает 1,59%, что

свидетельствует о высокой точности предлагаемого метода.

ВЫВОДЫ

1. Оценена предельная относительная погрешность компьютерного метода измерения длины одиночных волокон [1], учитывающая инструментальную и методическую составляющие.

2. Установлена возможность компенсации систематической методической погрешности при измерении изогнутых и извитых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матрохин А.Ю., Коробов Н.А., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 1. С. 106...109.
2. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. – Л.: Изд-во: Энергия, 1978.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 06.04.07.
