

УДК 006.015.5:677.014.66

Г.О. Скрипко

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

## ОЦЕНКА ГРАНИЦ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ КОРРЕЛИРОВАННОЙ МАССОВОЙ ДОЛИ ШЕРСТИ В СМЕШАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ (ШЕРСТЬ-ПОЛИЭФИР) ПО ДИАГРАММЕ РАССЕЯНИЯ

Проведена оценка неопределенности метода для установления коррелированной массовой доли шерсти, в смешанной пряже (шерсть-полиэфир) текстильного материала по «диаграмме разброса». Точки, образующие область рассеяния, являются экспериментальными данными. Координаты точек на графике соответствуют значениям двух переменных - количественное соотношение ( $x$ ) и массовая доля ( $y$ ) волокон шерсти как компонента в смешанной пряже материала. Разработка диаграммы основана на корреляционной зависимости обоих переменных ( $x$ ,  $y$ ). На практике это дало возможность определять качество волокнистого состава материала по микропробе, используя один из методов оптической микроскопии.

**Ключевые слова:** неопределенность величины, волокна шерсти, количественное соотношение, массовая доля, текстильный материал, пряжа, метод оптической микроскопии.

### Введение

Для практики большой интерес представляет возможность по одной из переменных, имеющих корреляционную зависимость, определять другую, если ее измерение требует значительно больших затрат или использование веществ опасных для здоровья человека [1]. Как правило, получение данных косвенным методом, влечет за собой увеличение границ неопределенности. Превышение величины неопределенности допустимых границ, исключают использование метода.

В текстильной промышленности для определения массовой доли компонентов в смешанных материалах используется химический анализ - ДСТУ 4057-2001 [2]. Недостатками этого метода является большая продолжительность испытаний, использование макропроб, работа с опасными химическими реактивами.

Разработанный на базе НИЭКЦ при УМВД Украины в Николаевской области метод установления коррелированной массовой доли шерсти в полушерстяных текстильных материалах (шерсть-полиакрилонитрил) по диаграмме рассеяния [3] позволил исключить, указанные выше, недостатки стандартизованного метода. Позднее, при участии специалистов Киевского и Донецкого НИИСЭ Министерства юстиции Украины, были разработаны диаграммы для установления коррелированной массовой доли шерсти и хлопка в смесях с полиэфиром.

### Изложение основного материала

Наблюдаемое в настоящее время ежегодное увеличение производства дешевых химических волокон [4] привело к снижению потребления текстильным сек-

тором натурального сырья и насыщению рынка Украины продукцией низкого качества.

Изготовление смешанной пряжи с волокнистым составом шерсть-полиэфир в мировом производстве комплексных нитей занимает значительную долю от общего объема. Такой вид пряжи используется при производстве камвольно- и тонкосуконных тканей, трикотажа, применяемых для пошива костюмно-плательных изделий, школьной формы и ведомственной одежды. Содержание лавсана в полшерстяных материалах в пределах 30-70%, позволяет сохранить их потребительские свойства, поэтому промышленностью в большей мере выпускаются материалы с указанным соотношением компонентов. Материалов с 80-90% содержанием шерсти выпускается мало.

Для построения «Диаграммы разброса», как инструмента для установления коррелированной массовой доли шерсти в смешанных материалах (шерсть-полиэфир), использовались данные, полученные в результате испытаний образцов с разным соотношением компонентов. Испытания каждого образца проводилось параллельно двумя методами – химическим (ДСТУ 4057-2001 [2]) и оптическим [6, 7].

Химический метод основан на селективном растворении одного из компонентов. Согласно ДСТУ ISO 1833-4:2009 [5] в испытуемой смеси растворяли шерсть. В качестве основного реактива использовался гипохлорит натрия. Масса трех проб составила 3 г.

Для исследования пряжи оптическим методом использовался лабораторный поляризационный микроскоп Полам-Л-213. Максимальная масса навески с учетом повторяемости эксперимента (3-5)

составила меньше 0,001 г. Суть метода заключается в механическом подсчете волокон в пробах длиной 2-3 мм, отделенных от пряжи с разных участков изделия.

Дифференциация волокон по виду в исследуемой смеси, и их подсчет проводились в проходящем или поляризованном свете. По полученным данным вычислялось количественное соотношение компонентов в смеси.

По данным, полученным двумя методами, на диаграмме отмечены точки, образующие область рассеяния. Координаты точек разброса соответствуют значениям двух переменных - количественное соотношение (x) и массовая доля (y) волокон шерсти как компонента в смесовой пряже материала. Характер разброса экспериментальных точек указывает на криволинейную корреляцию переменных (x, y). Вследствие аппроксимации была выбрана линия тренда соответствующая логарифмической функции (рис. 1). Степень близости аппроксимации экспериментальных данных выбранной функции оценивается коэффициентом детерминации ( $R^2$ ), который равен 0,9966 (рис. 1).

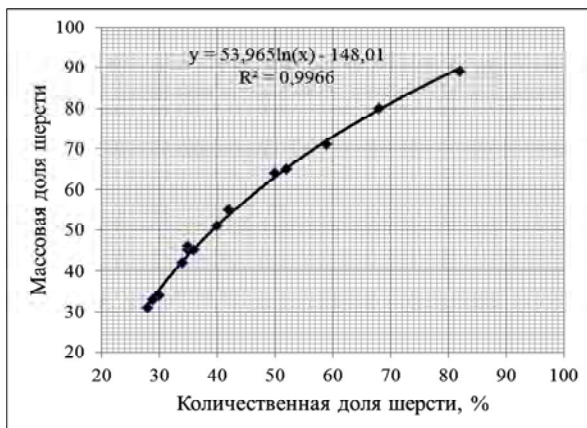


Рис. 1. Графическая диаграмма, характеризующая корреляцию количественной доли шерсти в двух компонентной пряже (шерсть-полиэфир) к ее массовой доле, коэффициент детерминации выбранной функции ( $R^2$ ) равен 0,9966

Техническая и экономическая целесообразность предложенного метода по определению массовой доли шерсти в смеси с полиэфирными волокнами определяется границами неопределенности разработанного метода.

К факторам, влияющим на размер неопределенности, отнесены: не равномерность распределения волокон шерсти по длине пряжи; неполнота охвата волокон по толщине пряжи; неоднородность волокон шерсти по толщине; влияние коэффициента пересчета (при отклонении толщины волокон от принятого значения) на количественную долю компонента; отклонение экспериментальных точек на диаграмме от линии тренда.

Неопределенность, связанная с выбранными входными величинами, описывается модельным уравнением:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m),$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_m$  – входные величины, отражающие степень влияния каждого фактора на выходную величину (Y).

Все составляющие неопределенности входных величин отнесены к типу А, поэтому оценивались как стандартные неопределенности ( $u_A$ ), равные среднеквадратичным отклонениям средних арифметических многократных подсчетов и измерений. Стандартную неопределенность вычисляли по формуле:

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{X})^2}{n_i(n_i - 1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

Для расчета стандартной неопределенности ( $u_{A1}$ ) входной величины, связанной с не равномерностью распределения волокон шерсти по длине пряжи, определялась количественная доля волокон шерсти в пробе, по следующей формуле:

$$K_{дш} = \frac{K_{вш}}{K_{вп}} \cdot 100\%,$$

где  $K_{вш}$  – количество волокон шерсти в пробе, шт;  $K_{вп}$  – количество волокон в пробе, шт.

$u_{A2}$  по фактору влиянию неполноты охвата волокон относительно толщины пряжи вычислялось по среднеарифметическому отклонению рассчитанной количественной доли волокон шерсти в пробе и пряже. Расчет проводился по результатам подсчета волокон в пяти пробах.

$u_{A3}$  входной величины, зависящей от неоднородности волокон шерсти по типу, вычислялось по отклонению от средней толщины волокон шерсти в пряже. Расчет проводился по результатам подсчета волокон в пяти пробах.

В связи с тем, что вид корреляции, описанный функциональной зависимостью обоих переменных, напрямую зависит от толщины волокон каждого компонента, диаграмма рассеяния (рис. 1) была разработана для пряжи, толщина волокон в которой фиксирована и обоснованно выбрана - средняя толщина шерстяных волокон составляла 27 мкм, полиэфирных - 24 мкм. Выбор экспериментальной толщины волокон обоснован технологическими условиями исследуемого вида ассортимента и статистическими данными. В случаях, когда средняя толщина волокон меньше или превышает принятое значение, при определении количественной доли волокон в пряже применяется коэффициент пересчета, который определяют, как отношение рекомендованной толщины волокон, к измеренной.

$u_{A4}$  входной величины, зависящей от результатов перерасчета количественной доли волокон по коэффициенту, вычислялось по отклонению этой величины от рассчитываемой относительно установленным величинам (27 мкм, 24 мкм.). Расчет проводился по результатам подсчета волокон в трех пробах.

Пятой входной величиной выбрано отклонение экспериментальных точек (рис. 1), от линии тренда, полученной в результате сближения аппроксимации экспериментальных данных выбранной функции (рис. 2). В результате чего коэффициент детерминации увеличился до максимального значения,  $R^2=0,9998$ .

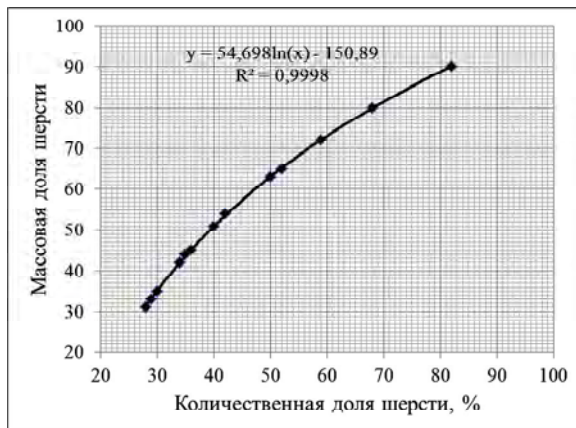


Рис. 2. Графическая диаграмма, характеризующая корреляцию количественной доли шерсти в двух компонентной пряже (шерсть-полиэфир) к ее массовой доле, коэффициент детерминации выбранной функции ( $R^2$ ) равен 0,9998

$u_{A5}$  вычислялось по отклонению точек от среднеарифметического значения. Расчетные значения стандартных неопределенностей представлены в табл.

Таблица  
Стандартная неопределенность входных величин

$u_{A1, \%}$	$u_{A2, \%}$	$u_{A3, \%}$	$u_{A4, \%}$	$u_{A5, \%}$
0,529	0,327	0,624	0,244	0,205

Стандартные неопределенности рассчитанные по пяти факторам составляют суммарную стандартную неопределенность  $u_c$ . Поскольку  $x_i$  являются независимыми величинами, то суммарная стандартная неопределенность рассчитывалась по формуле:

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_i^N u_i^2(y)}$$

Расчетное значение  $u_c$  равно 0,993%. Расширенная неопределенность вычислялась по формуле:

$$U = k \cdot U_c$$

где  $k$  – коэффициент охвата.

За коэффициент охвата был принят коэффициент Стьюдента, значение которого при доверительной вероятности  $P=0,95$  равно 2 [8].

Расчетное значение  $U$  равно 1,986%  $\approx 2\%$ .

Если учитывать ассортимент полушерстяной пряжи (шерсть-полиэфир), выпускаемой текстильной промышленностью: 30/70; 33/67; 35/65; 40/60; 45/55; 50/50; 55/45; 60/40; 65/35; 70/30; 80/20; 90/10, то границы неопределенности, рассчитанные для метода, позволяют использовать его в практических целях.

## Вывод

Установленные математическим расчетом границы неопределенности разработанного метода – установление коррелированной массовой доли шерсти в двухкомпонентных смешанных текстильных материалах (шерсть-полиэфир) по диаграмме рассеяния, позволяют использовать его в практических целях.

Диаграмма разработана для компонентов с установленной толщиной: средняя толщина волокон шерсти 27 мкм, полиэфирных волокон – 24 мкм. В случае отклонения толщины волокон от указанных параметров не более чем на 5%, рекомендовано использовать коэффициент пересчета.

## Список литературы

1. Ноулер Л. Статистические методы контроля качества продукции. Пер. с англ. / Л. Ноулер, Дж. Хаулер – М.: Издательство стандартов, 1989. – 96 с.
2. Матеріали текстильні. Метод ідентифікації волокон.: ДСТУ 4057-2001. – [Чинний від 2002-06-01] – Київ: Держстандарт України, 2002 – 28 с.
3. Скрипка Г.О. Визначення масової частки вовни у напіввовняній пряжі, текстильних матеріалах і виробках з них методом поляризаційної мікроскопії через кореляцію з даними, отриманими хімічним методом / Г.О. Скрипка // Криміналістичний вісник. – 2012 – № 2(18). – С. 215–221.
4. Айзенштейн Э.М. Мировое производство химических волокон / Э.М. Айзенштейн // Рабочая одежда. Легкая промышленность. – 2012. – № 2 (55). – С. 18–19.
5. Матеріали текстильні. Кількісний хімічний аналіз. Частина 4. Суміші деяких протейнових волокон. Метод з використанням гіпохлориту. : ДСТУ ISO 1833-4:2009 (ISO 1833-4:2006, IDT) – [Введен 2011-01-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2012 – 3 с. – (Державний стандарт України).
6. Текстильные волокна – источник розыскной и доказательной информации Ч II. Основные сведения об источниках микрообъектов - текстильных волокон. Методики криминалистического исследования волокон / МВД СССР ВНИИ и МВД ГДР КИНИП. - Москва-Берлин. – 1982. – 184 с.
7. Скрипка Г.О. Методика визначення видових ідентифікаційних ознак натуральних волокон, ідентифікація волокнистого складу ниток, текстильних матеріалів та виробів з них методом поляризаційної мікроскопії / Г.О. Скрипка // Методика – Київ: ДНДЕКЦ МВС України. – 2011. – 40 с.
8. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений / Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа, 2008. – 214 с.

Поступила в редколлегию 24.03.2014

**Рецензент:** к-т техн. наук, доцент Т.А. Григорова, Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, Кременчуг.

**ОЦІНКА ГРАНИЦЬ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАСОВОЇ ЧАСТКИ В СУМІЖНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ (ВОВНА-ПОЛІЕФІР) ЗА ДІАГРАМОЮ РОЗСІЯННЯ**

Г.О. Скрипко

*Проведена оцінка невизначеності метода для встановлення кореляційної масової частки вовни, в двокомпонентних змішаних текстильних матеріалах (вовна-поліефір) за «діаграмою розсіяння». Точки, що утворюють область розсіяння, є експериментальними даними. Координати точок на графіці відповідають значенням двох перемінних - кількісне співвідношення ( $x$ ) і масова частка ( $y$ ) волокон шерсті як компонента змішаної пряжі матеріалу. Розробка діаграми заснована на кореляційній залежності обох перемінних ( $x$ ,  $y$ ). На практиці це дало можливість визначати якість волокнистого складу матеріалу по мікропробі, використовуючи один з методів оптичної мікроскопії.*

**Ключові слова:** невизначеність величини, волокна вовни, кількісне співвідношення, масова частка, текстильний матеріал, пряжа, метод оптичної мікроскопії.

**ESTIMATION OF THE BOARDERS OF UNCERTAINTY WHILE DETERMINING CORRELATED MASS FRACTION OF WOOL IN MIXED TEXTILE MATERIALS (WOOL-POLYESTER) ACCORDING TO THE SCATTER DIAGRAM**

G.O. Skrypko

*An estimation of uncertainty of the method for determination of correlated mass fraction of wool in mixed yarn (wool-polyester) of textile material according to the "scatter diagram" is made. The points that make scattering region are experimental data. Point data on the diagram correspond to the value of two variables – proportion ( $x$ ) and mass fraction ( $y$ ) of wool fibers as a component in mixed yarn of material. The development of the diagram is based on the correlation dependence of both variables ( $x$ ,  $y$ ). It gave an opportunity to determine in practice the quality of fibrous structure of material according to the microsampling, using one of the methods of optical microscopy.*

**Keywords:** uncertainty of value, fibers of wool, proportion, mass fraction, textile material, yarn, method of optical microscopy.