

**ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ  
УГЛОВЫХ ДИАГРАММ ОБРАТНОГО СВЕТОРАССЕЯНИЯ  
ОТ КРУЧЕНОЙ НИТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЕЕ ОСВЕЩЕНИЯ**

**CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF ANGLE DIAGRAMS  
OF THE REVERSE SCATTERING OF LIGHT REFLECTED  
FROM THE TWISTED YARNS IN DIFFERENT ILLUMINATION CONDITIONS**

*И.И. ЛИТВАК, П.Г. ШЛЯХТЕНКО, Ю.Н. ВЕТРОВА, А.Е. РУДИН*  
*I.I. LITVAK, P.G. SHLYAKHTENKO, YU.N. VETROVA, A.YE. RUDIN*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)  
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)  
E-mail: irene.iris@mail.ru, pavelshl2012@yandex.ru, veyu@mail.ru, rudin@sutd.ru

*Описан принцип построения угловых диаграмм обратного светорассеяния от крученой нити при различных условиях ее освещения. Проведено сравнительное исследование зависимости вида угловых диаграмм обратного светорассеяния от величины крутки нити при освещении неполяризованным светом и плоскополяризованным светом с вращающейся плоскостью поляризации. Предложена модель взаимодействия света с нитью при различных условиях освещения, объясняющая обнаруженные закономерности, которые будут использованы при разработке оптического датчика для оперативного контроля величины крутки нити.*

*The principle of reverse light scattering angle diagrams formation from twisted thread under various conditions of its lighting was described. A comparative research of dependence the reverse light scattering angle diagrams form from the value of thread twist under unpolarized and plane-polarized lighting with a rotating plane of polarization was conducted. A model of interaction the light with thread under various lighting conditions which explains the observed regularities was proposed on the base of analysis of experimental diagrams. They will be used for design of optical sensor to operational monitoring the value of thread twist.*

**Ключевые слова:** угловые диаграммы, обратное светорассеяние, крутка нити, неполяризованный свет, плоскополяризованный свет, симметризация.

**Keywords:** angle diagrams, reverse light scattering, thread twist, unpolarized light, plane-polarized light, simmetrization.

Оптические методы контроля обладают максимальным быстродействием, что делает их наиболее перспективными при решении задач контроля параметров текстильных материалов в процессе их производства.

Настоящая работа посвящена построению и сравнительному исследованию зависимости от величины крутки нитей вида угловых диаграмм обратного светорассеяния, полученных методами [1] и [2].

Блок-схема и принцип действия лабораторной установки, которая позволяет проводить такие сравнительные исследования на одном и том же объекте и в одних и тех же условиях приведена в работе [3].

При построении угловых диаграмм (зависимостей  $\tilde{U}(\varphi)$  в полярной системе координат) производилась аналогично [2] симметризация и усреднение первичных данных, полученных для значений угла  $\varphi$  в диапазоне  $0-2\pi$  с шагом в  $10^\circ$  по формуле:

$$\bar{U} = (\tilde{U}_f + \tilde{U}_{(\pi-\phi)} + \tilde{U}_{(\pi+\phi)} + \tilde{U}_{(-\phi)}) / 4, \quad (1)$$

где  $\bar{U}$  – среднее значение переменного напряжения, откладываемое при построении диаграммы;  $\tilde{U}_\phi$  – величина переменного напряжения, соответствующая положению нити при угле  $\phi$ ;  $\tilde{U}_{(\pi-\phi)}$  – величина переменного напряжения, соответствующая положению нити при угле  $(\pi-\phi)$ ;  $\tilde{U}_{(\pi+\phi)}$  – величина переменного напряжения, соответствующая положению нити при угле  $(\pi+\phi)$ ;  $\tilde{U}_{(-\phi)}$  – величина переменного напряжения, соответствующая положению нити при угле  $(-\phi)$ .

Нормирование первичных данных осуществляется путем деления каждого усредненного по формуле (1) рассчитанного значения  $\bar{U}$  на среднее арифметическое между значениями переменного напряжения, когда исследуемая нить находится в

положениях, соответствующих показаниям шкалы 90 и 270°.

На рис. 1 представлен пример построения диаграммы обратного светорассеяния для образца капроновой нити, скрученной из трех стренг, с величиной крутки  $K = 500$  [1/м] при построении по методу [2].

Из данных рис. 1 видно, что вид угловой диаграммы для этой нити существенно отличается от эллипса.

На рис. 2 для одного образца белой капроновой нити с величиной крутки  $K = 170$  [1/м] приведены две сравнительные угловые диаграммы обратного светорассеяния, построенные при освещении и регистрации по методу [1] (тонкая линия), и методу [2].

Из данных этого рисунка видно, что если диаграмма, снятая по методу [2], имеет вид "бабочки" и качественно подобна представленной на рис. 1, то диаграмма, снятая для этого же образца нити по методу [1] (тонкая линия), резко отличается от первой и ближе по форме к эллипсу.

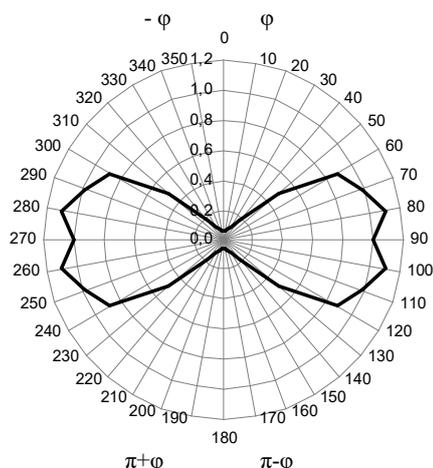


Рис. 1

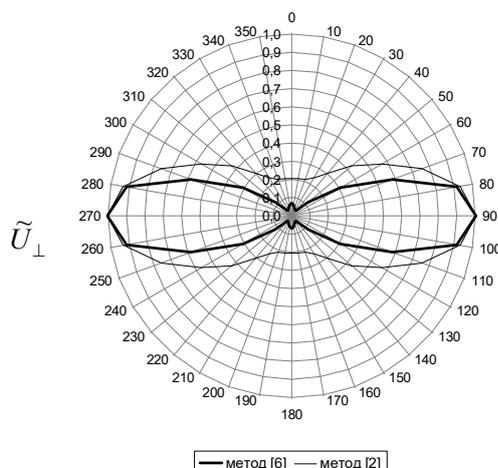


Рис. 2

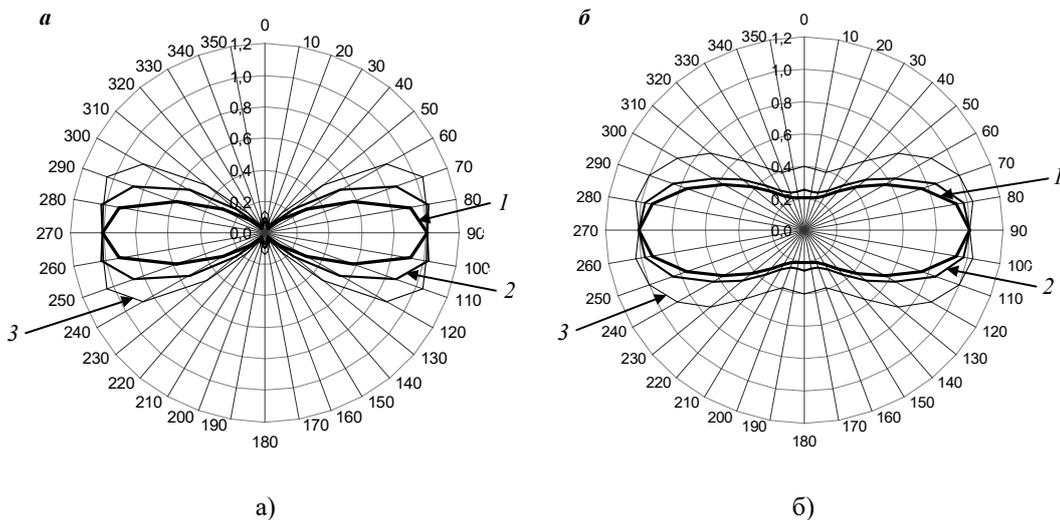


Рис. 3

На рис. 3 приведены угловые диаграммы, построенные по методу [2] (рис. 3-а) и методу [1] (рис. 3-б) для белой капроновой нити с числом кручений на 1 метр: 1 – 170; 2 – 321; 3 – 500.

Наблюдаемое отличие в форме диаграмм на рис. 2 и рис. 3 мы объясняем тем, что при построении диаграмм по методу [2] регистрируется только плоскополяризованная составляющая светового потока, поступающая на фотоприемник при однократном отражении от поверхностей составляющих стренг исследуемой нити. В то время как при построении по методу [1] (при неполяризованном освещении), фото-

приемник регистрирует также неполяризованную компоненту диффузно рассеянного света, идущую от объема светопропускающих составляющих стренг нити. Эта компонента излучения изотропна и складывается с анизотропной поляризованной отраженной компонентой света, зависящей от ориентации поверхности составляющих стренг нитей относительно образующей нити.

С целью проверки такого объяснения были построены аналогичные диаграммы для образца аналогичной нити, окрашенной в черный цвет.

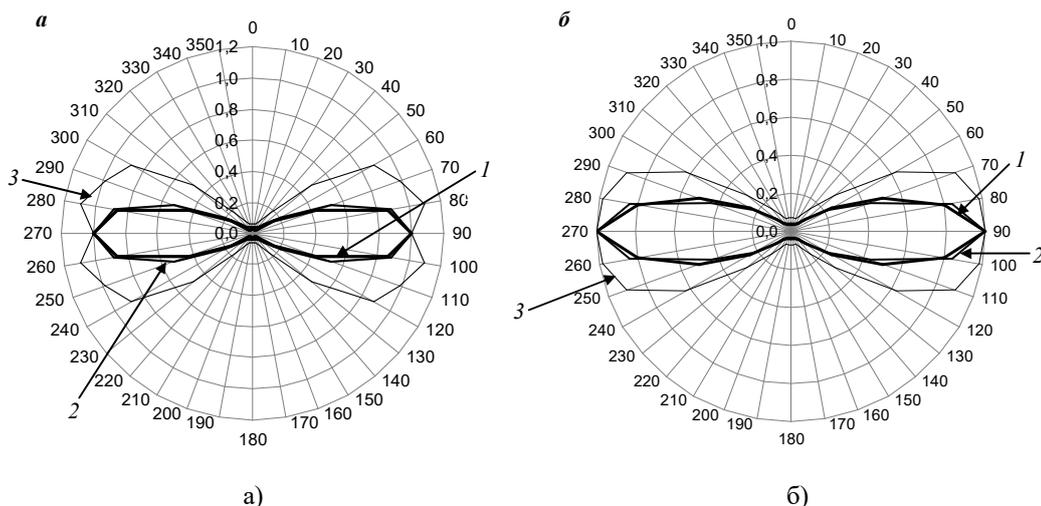


Рис. 4

На рис. 4 приведены диаграммы обратного светорассеяния черной капроновой

нити для значений  $K = (170, 321 \text{ и } 500)$   $[1/\text{м}]$ , полученные по методу [2] (рис. 4-а)

и методу [1] (рис. 4-б), из которых видно, что при одинаковых значениях крутки для обоих способов построения соответствующие диаграммы практически подобны. Что и должно наблюдаться в свете предложенного выше объяснения, так как черные волокна плохо пропускают свет в объеме. Поэтому диффузная компонента очень мала и существенно не влияет на измерения по методу [1].

Из сравнения диаграмм, построенных при различных величинах крутки как методом [2], так и методом [1] для всех исследованных образцов нити общим является факт возрастания площади внутри диаграммы с ростом величины крутки. Этот факт мы связываем с увеличением угла наклона составляющих стренги нитей по отношению к образующей нити с ростом ее крутки.

## ВЫВОДЫ

На одних и тех же образцах капроновых нитей, отличающихся цветом, проведено сравнительное исследование вида угловых диаграмм обратного светорассеяния в зависимости от величины крутки нити и

различных условий освещения и регистрации рассеянного света, подтверждающие предложенную модель взаимодействия света с составляющими стренгами нитей, объясняющую обнаруженные закономерности, и которые могут быть использованы при разработке оптического датчика текущего контроля величины крутки нити.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шляхтенко П.Г., Труевцев Н.Н., Ветрова Ю.Н. Оптический метод измерения коэффициента распрямленности волокон в волокнистых лентах // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1987, №4. С. 9...10.

2. Шляхтенко П.Г., Ветрова Ю.Н., Рудин А.Е., Золотова Я.И. Оптический метод контроля углового распределения волокон в плоских волокнодержущих материалах // Оптический журнал. – 2011, т. 78, № 6. С. 54...59.

3. Шляхтенко П.Г., Литвак И.И., Ветрова Ю.Н., Рудин А.Е. Оптический способ контроля величины механической крутки нитей // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012, № 2. С. 10...12.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 30.09.13.