

УДК 677.019

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ НИТИ  
В СТРУКТУРЕ ТРЕХМЕРНОЙ ТКАНИ\***

**DEFINITION OF A CROSS PROFILE OF A THREAD  
IN STRUCTURE OF THREE-DIMENSIONAL FABRIC**

*В.А. ИВАНОВСКИЙ*  
V.A. IVANOVSKY

(Костромской государственной технологической университет)  
(Kostroma State Technological University)

E-mail: info@kstu.edu.ru

*Работа посвящена вопросу распознавания поперечного профиля нити в структуре трехмерной ткани. Предложена методика использования двумерного вейвлет-преобразования для определения центра поперечника нитей. Применен двумерный вейвлет French Hat.*

*The work is devoted to a question of recognition of a cross profile of a thread in structure of three-dimensional fabric. The technique of use of a two-dimensional wavelet transformation for definition of the center of diameter of a thread is offered. It is applied two-dimensional wavelet by French Hat.*

**Ключевые слова:** двумерное вейвлет-преобразование, распознавание нитей трехмерной ткани, компьютерная томография, композитные материалы.

**Keywords:** two-dimensional wavelet-transformation, recognition of threads of three-dimensional fabric, computer tomography, composite materials.

Трехмерные ткани имеют сложную структуру с пересечением нитей в различных направлениях. В результате на томограммах образы поперечников нитей не всегда понятны и различимы даже человеку (рис. 1-а).

Также образ поперечника нити может быть в какой-либо мере искажен вследствие ее частичной деформации (рис. 1-б), могут быть различны яркость и контрастность изображений нитей (рис. 1-в).

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Н.Титова.

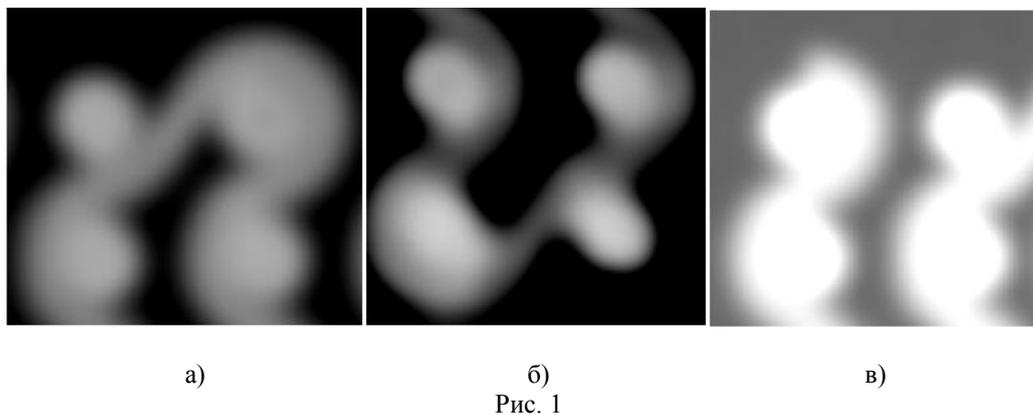


Рис. 1

Для решения нашей задачи требуется распознать профили нитей, расположенных перпендикулярно изображению [1...10].

Одним из эффективнейших средств при анализе данных, в том числе и двумерных (изображений), является вейвлет-преобразование [11].

Для выделения образа поперечника нити предлагается использование двумерного вейвлет-преобразования в частном виде – с фиксированным масштабом

вейвлета. Так как профиль поперечника нити близок к кругу, то можно использовать двумерный вейвлет, поверхность которого образована при помощи вращения вейвлета FHAT (French Hat) (рис. 2-а) вокруг своей оси (рис. 2-б). При этом его проектирование предлагается осуществить в зависимости от вводимого заранее условного диаметра используемых в изделии нитей.

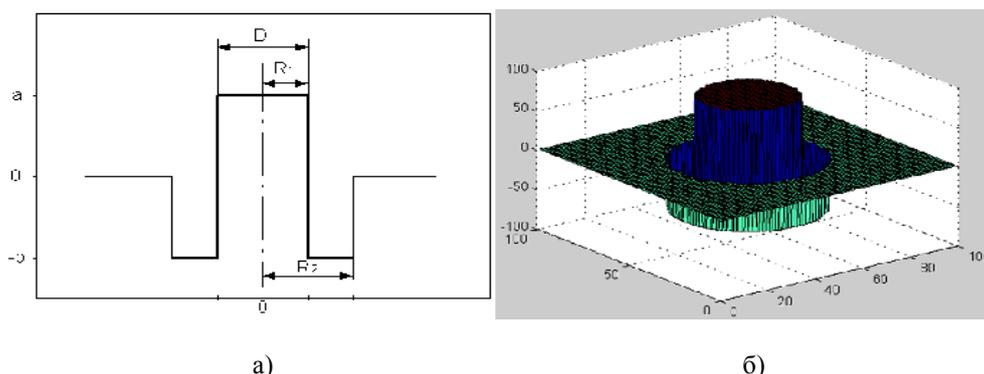


Рис. 2

Предположим условный диаметр нити  $d$ . Тогда радиус положительной части вейвлета принимаем  $R_1 = D/2$ , радиус отрицательной его части будет  $R_2 = 1,5R_1$ . Поверхность вейвлета размещаем на двумерной матрице размерами  $N \times M$ . Задаем  $N=M=2D$ . Размещаем центр поверхности вейвлета в центре двумерной матрицы. Расстояние каждой точки до центра вейвлета вычисляем по следующей формуле:

$$R_i(x, y) = \sqrt{|x - x_0|^2 + |y - y_0|^2}.$$

Формула функции-вейвлета примет следующий вид:

$$\psi_i(x, y) = \begin{cases} a, & R_i(x, y) \leq R_1, \\ -b, & R_1 < R_i(x, y) \leq R_2, \\ 0, & R_i(x, y) > R_2. \end{cases}$$

Принимаем значение  $a$  равным максимальному значению оттенка серого цвета. Значение  $b$  вычисляем по формуле:

$$b = \frac{S_{R_1} a}{S_{R_2} - S_{R_1}},$$

где  $S_{R_1} = \pi R_1^2$ ,  $S_{R_2} = \pi R_2^2$ .

С целью ускорения процесса вычисления вейвлет-преобразования представляется целесообразным обрабатывать поочередно фрагменты томограммы размерами, равными размерам матрицы вейвлет-функции ( $N \times M$ ) с координатами центра фрагмента ( $x_s, y_s$ ). Тогда с учетом того, что масштаб вейвлета остается постоянным и смещения функции вейвлета не происходит, а смещается исследуемая область в матрице томограммы, формула вейвлет-преобразования будет следующей:

$$W(x_s, y_s) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} \psi(x, y) f(x, y),$$

где  $f(x, y)$  – двумерная матрица единичного обрабатываемого фрагмента;  $x_s = 0, 1, 2 \dots K$ ;  $y_s = 0, 1, 2 \dots P$ ;  $K, P$  – координаты окончания матрицы изображения томограммы.

Для устранения краевых эффектов к матрице изображения томограммы добавляется матрица нулевых значений.

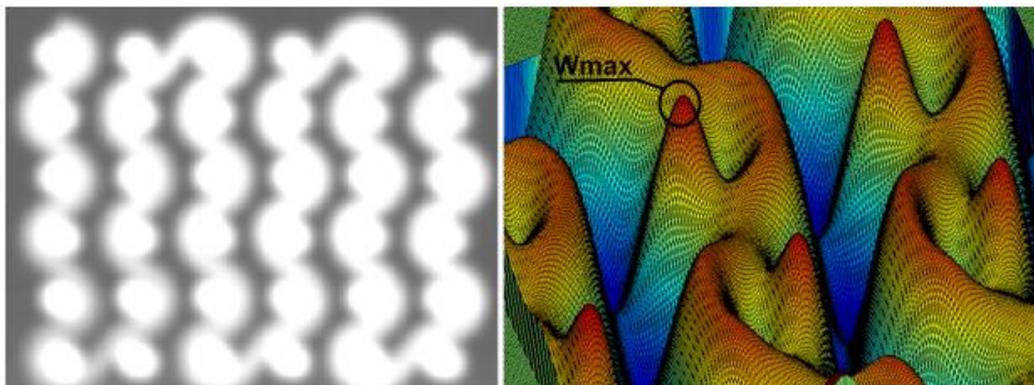


Рис. 3

На рис. 3-а показана томограмма исследуемой ткани, а на рис. 3-б – фрагмент результата вейвлет-преобразования  $W(x_s, y_s)$ . Отчетливо видны пики значений ( $W_{i \max}$ ) в местах прохождения нитей, расположенных перпендикулярно изображению. Эти максимальные значения являются центрами поперечников нитей данной системы.

## ВЫВОДЫ

Применение двумерного вейвлет-преобразования в частном виде, а также использование двумерного вейвлета, спроектированного на основе French Nat, позволило определить на томограммах трехмерной ткани центры поперечников исследуемых нитей. Решение данной задачи дает возможность выделить нити и определить параметры их геометрического расположения в трехмерном армирующем каркасе изделий из композитных материалов, что в свою очередь делает возможным сравнение

изготовленного образца трехмерной армирующей структуры с его компьютерной моделью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бенецкая В.В., Селиверстов В.Ю., Киселев А.М., Рудовский П.Н., Киселев М.В. Моделирование структуры тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С.23...28.
2. Tong L., Mouritz A.P., Bannister M.K. 3DFibre Reinforced Polymer Composites // Elsevier. – 2002.
3. Ивановский В.А. Диагностика армирующих тканых структур при производстве композитных материалов // Вестник Костромского гос. технолог. унта. – 2013, №1(30). С. 47...49.
4. Некрасова Н.П. Анализ существующих методов неразрушающего контроля параметров строения ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4. С.54...56.
5. Стенюгина О.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Алешина Д.А. Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна по компьютерному изображению // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С.134...136.

6. Землякова И.В., Каминская Л.А. Неразрушающий метод определения длины нити в петле трикотажного полотна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.113...116.

7. Волгин А.Б., Рудовский П.Н. Обработка и распознавание цифрового изображения самокрученных нитей с целью определения значения и направления крутки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2012, №2. С.37...38.

8. Павлихина И.Ю., Сумарукова Р.И. Исследование расположения нитей в многослойной ткани облегченного типа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4. С.28...31.

9. Ивановский В.А. Развитие систем неразрушающего контроля армирующих тканых структур // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С. 151...155.

10. Ивановский В.А. Анализ компьютерных томографов для дефектоскопии цельнотканых армирующих структур // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 20...23.

11. Ивановский В.А. Применение вейвлет-анализа при распознавании дефектов ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С.124...126.

#### REFERENCES

1. Beneckaja V.V., Seliverstov V.Ju., Kiselev A.M., Rudovskij P.N., Kiselev M.V. Modelirovanie struktury tkanej // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S.23...28.

2. Tong L., Mouritz A.P., Bannister M.K. 3DFibre Reinforced Polymer Composites // Elsevier. – 2002.

3. Ivanovskij V.A. Diagnostika armirujushhh tkanyh struktur pri proizvodstve kompozitnyh materialov // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2013, №1(30).S. 47...49.

4. Nekrasova N.P. Analiz sushhestvujushhh metodov nerazrushajushhego kontrolja parametrov stroenija tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №4. S.54...56.

5. Stenjugina O.V., Korobov N.A., Gusev B.N., Aleshina D.A. Opredelenie geometricheskikh harakteristik petleobrazovanija trikotazhnogo polotna po komp'juternomu izobrazheniju // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №1. S.134...136.

6. Zemljakova I.V., Kaminskaja L.A. Nerazrushajushhij metod opredelenija dliny niti v petle trikotazhnogo polotna // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S.113...116.

7. Volgin A.B., Rudovskij P.N. Obработка i raspoznavanie cifrovogo izobrazhenija samokruchennyh nitej s cel'ju opredelenija znachenija i napravlenija krutki // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2012, №2. S.37...38.

8. Pavlihina I.Ju., Sumarukova R.I. Issledovanie raspolozhenija nitej v mnogoslnoj tkani oblegchenogo tipa // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №4. S.28...31.

9. Ivanovskij V.A. Razvitie sistem nerazrushajushhego kontrolja armirujushhh tkanyh struktur // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1. S. 151...155.

10. Ivanovskij V.A. Analiz komp'juternyh tomografov dlja defektoskopii cel'notkanyh armirujushhh struktur // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S. 20...23.

11. Ivanovskij V.A. Primenenie vejvlet-analiza pri raspoznavanii defektov tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №5. S.124...126.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.02.15.