

2. Антонов А.В. Системный анализ [Текст] / А.В. Антонов. - М.: Высшая школа, 2004. - 454 с
Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. - М.: Мир, 1981. - 456 с.]
3. Романов В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды [Текст] / В.Е. Романов. - М.: Легкая и пищевая промышленность. - 128 с.
4. Шаммут Ю.А. Совершенствование процессов конструкторско-технологической подготовки производства корсетных изделий [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.19.04/ Ю.А. Шаммут. – Иваново, 2005. – 170 с.

УДК 677.017.37

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ ВОЛОКОН В ВОЛОКНИСТЫХ СТРУКТУРАХ

DEVELOPMENT OF FIBER ORIENTATION MEASUREMENT METHODS IN FIBER STRUCTURES

С.В. Ершов, Е.Н. Калинин
S.V. Ershov, E.N. Kalinin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-Mail: ershovsv.iv@yandex.ru, enkalini@gmail.com

В работе представлены результаты разработки компьютерной системы, которая позволяет выполнять оценку направленности волокон в структуре матрицы композита, представляющей собой нетканый материал или плетеную преформу, методом анализа изображений. С использованием разработанной компьютерной системы выполнен анализ изображений нетканой и плетеной структур из углеродных волокон. Для нетканых образцов определены направленность волокон, коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения от среднего значения для направленности волокон. Для образцов плетеных структур определен угол армирования. Из полученных результатов сделан вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для анализа волокнистых структур.

Ключевые слова: нетканый материал; направленность волокон; плетеная структура; угол армирования; метод анализа изображений.

The work presents the results of the computer system development which allows estimating a fiber orientation in composite structures, namely nonwoven and braided structures, using image analysis. Using our developed computer system the analysis of carbon nonwoven and carbon braided images was made. For nonwoven samples fiber orientation, anisotropy ratio, mean orientation and standard deviation were measured. For braided samples the reinforcement angle was determined. The obtained results make us have a conclusion about effectively applying our computer system for analysis of fiber structures.

Key words: nonwovens; fiber orientation; braided structure; reinforcement angle; image analysis.

Волокнистые структуры широко используются в качестве армирующих матриц при производстве новых композиционных материалов технического назначения, которые применяются в различных отраслях промышленного производства (машиностроение, авиация, аэрокосмическая отрасль, строительство и др.). Известно, что физико-механические свойства таких волокнистых структур и функциональные характеристики конструкционных материалов на их основе определяются природой волокна, из которого они изготовлены, и направленностью волокон, образующей структуру материала. Именно поэтому важное практическое значение приобретает измерение и точная оценка направленности волокон в структуре материала, что обеспечивает контроль качества в процессе производства и достоверный прогноз физико-механических свойств при анализе уже готовой продукции.

Целью работы является разработка компьютерной системы, которая позволит выполнять оценку направленности волокон в структуре матрицы композита, представляющей собой волокнистый материал, с последующим прогнозом ее физико-механических свойств. Особенный интерес в вопросе определения направленности волокон представляют нетканые материалы, в которых направленность волокон в зависимости от технологического процесса производства часто носит вероятностный характер, и плетеные преформы, главной структурной характеристикой которых является угол армирования, точное измерение которого необходимо для обеспечения высокого соответствия процесса изготовления плетеных преформ заданным требованиям.

Для достижения поставленной цели нами использован метод анализа изображений, в основе которого лежит преобразование Фурье. Данный метод позволяет выполнить разложение цифрового изображения волокнистой структуры по спектру, т.е. перевести изображение в область частот, и представить его в виде периодической функции, что обеспечивает высокую точность анализа волокнистой структуры материала даже при наличии шума в изображениях и в ситуациях, когда отдельные участки исследуемых образцов имеют высокую плотность волокон.

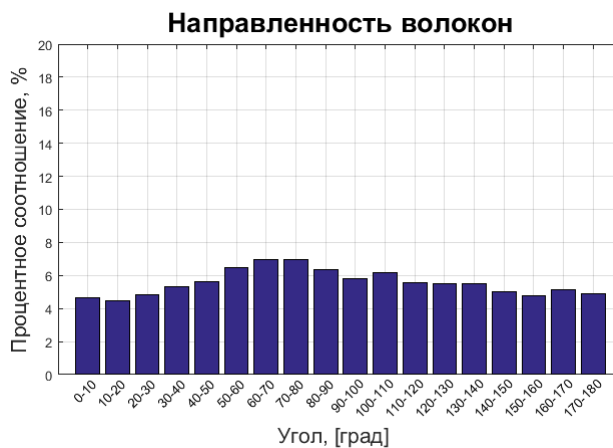
Поскольку в спектре изображения низкочастотные компоненты характеризуют области, в которых яркость практически не изменяется, а высокочастотные компоненты, наоборот, определяют ее интенсивное изменение, в случае анализа изображений волокнистых структур волокна будут преимущественно расположены в направлении, перпендикулярном направлению максимальных значений интенсивности спектра, что позволяет определить среднее значение угла армирования для плетеных структур и оценить направленность волокон в нетканых материалах.

Математический аппарат преобразования Фурье ранее уже был использован нами для определения направленности волокон в нетканых материалах [1,...,4] и дальнейшее совершенствование разработанного алгоритма его реализации позволило нам использовать этот метод для разработки единой компьютерной системы анализа нетканых и плетеных волокнистых структур. Процедура обработки изображений и вычисление преобразования Фурье реализовано нами с использованием функций в системе Matlab.

Для анализа с использованием разработанного нами программного комплекса были выбраны изображения углеродных нетканых образцов (рис. 1), структура которых в процессе производства была сформирована аэродинамическим методом, определяющим вероятностный характер направленности и плотности распределения волокон, а также образцов углеродных плетеных структур с разными углами армирования (рис. 2). Исследуемые изображения были загружены в разработанный нами программный комплекс, автоматически обработаны в соответствии с разработанным нами ранее алгоритмом [2, 3], после чего для каждого изображения было вычислено преобразование Фурье.



(a1)



(б1)



(a2)



(б2)



(a3)



(б3)

Рис. 1. (a1 – a3) Изображения нетканой структуры; (б1 - б3) Диаграммы распределения направленности волокон.

С целью более наглядного представления результатов измерения направленности волокон в образцах нетканой структуры (рис. 1) диапазон от 0° до 180° был разделен нами на 18 интервалов по 10° и было определено процентное соотношение волокон в каждом интервале (рис. 1 б1-б3). Дальнейший анализ полученных диаграмм позволил определить коэффициент анизотропии, средний угол и величину отклонения от среднего значения для направленности волокон в исследуемых образцах нетканой структуры. Численные значения результатов анализа нетканых структур приведены в табл. 1.

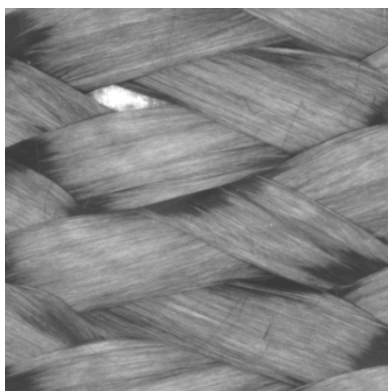
Таблица 1

Изображение нетканого материала	Направление волокон		Максимальное значение распределения волокон, %	Минимальное значение распределения волокон, %	Коэффициент анизотропии
	Среднее значение, град	Отклонение от среднего значения, град.			
Рис. 1(a1)	72,9	44,71	6,85	4,88	1,40
Рис. 1(a2)	82,81	42,75	7,86	4,71	1,67
Рис. 1(a3)	85,22	42,46	7,28	4,18	1,74

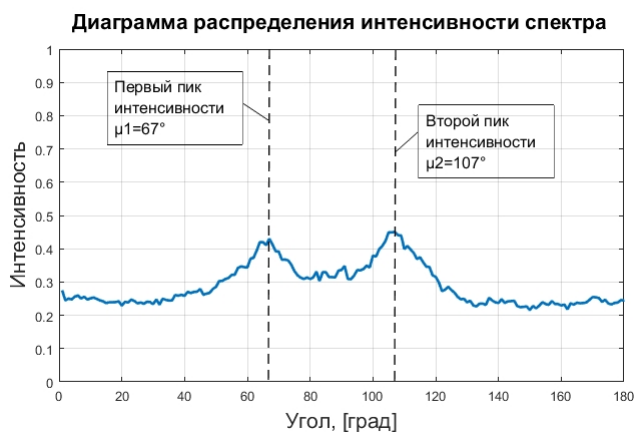
Полученные результаты позволяют охарактеризовать исследуемые нетканые структуры как анизотропные, однако, численные значения коэффициентов указывают на ее невысокую степень. Изменение полученных коэффициентов анизотропии объясняется разницей в отклонении направленности волокон от среднего значения. Чем меньше величина отклонения, тем выше степень анизотропии, а при отклонении направленности волокон от среднего значения в 45° нетканый материал будет иметь изотропную структуру.

В исследовании плетеной структуры были использованы изображения преформы, изготовленной из углеродных волокон на машине радиального плетения (рис. 2). В процессе изготовления взятой преформы скорость намотки нитей и сечение оправки оставались неизменными, но равномерно изменялась в сторону увеличения скорость перемещения (вытяжки) оправки, что обеспечило изменение угла плетения. Для каждого изображения плетеной структуры была построена диаграмма распределения интенсивности (рис. 2 б1-б3) и определен угол армирования θ .

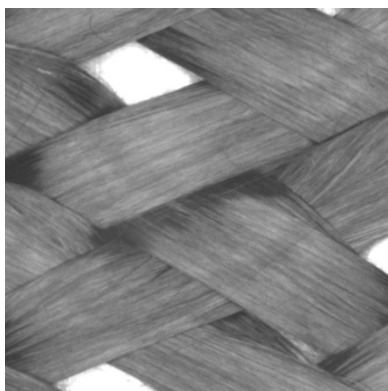
На каждой из полученных диаграмм выделены два ярко выраженных пика интенсивности μ_1 и μ_2 , которые характеризуют угол укладки нитей. Увеличение скорости вытяжки оправки приводит к уменьшению значения μ_1 и к увеличению значения μ_2 на диаграммах (рис. 2 б1-б3), что позволяет определить изменение угла плетения θ [5]. Численные результаты анализа полученных диаграмм и значения углов армирования θ приведены в таблице 2.



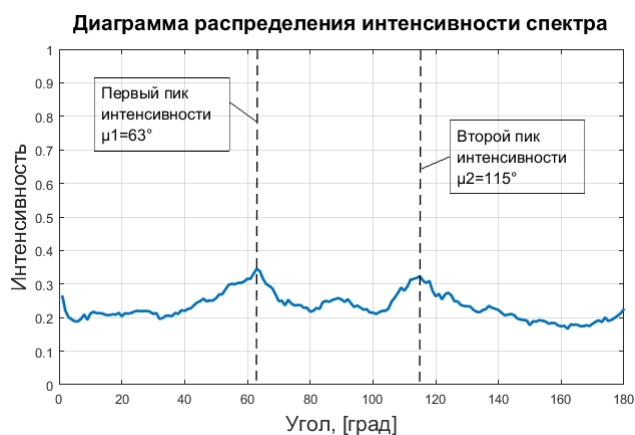
(a1)



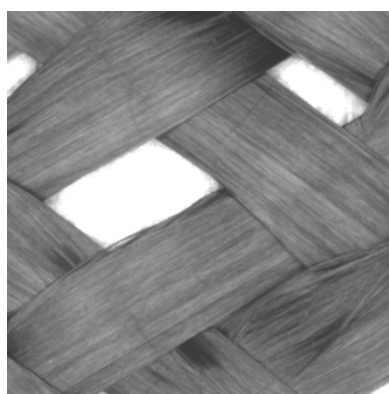
(б1)



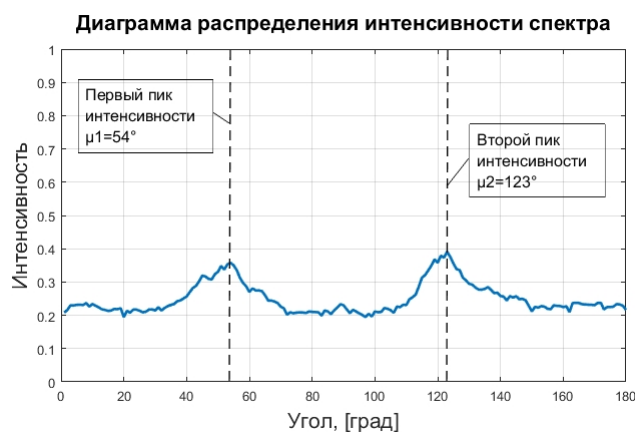
(a2)



(б2)



(a3)



(б3)

Рис. 2. (a1 – a3) Изображения плетеной структуры с разными углами армирования; (б1 - б3) Диаграммы распределения интенсивности.

Таблица 2

Изображение	Первый пик интенсивности, μ_1 , град	Значение интенсивности для μ_1	Второй пик интенсивности, μ_2 , град	Значение интенсивности для μ_2	Угол плетения, θ , град
Рис. 2(a1)	67	0,43	107	0,45	70
Рис. 2(a2)	63	0,35	115	0,32	64
Рис. 2(a3)	54	0,36	123	0,39	55,5

Таким образом, результаты проведенного нами анализа изображений нетканых и плетеных структур позволяют сделать вывод об эффективности применения разработанного нами программного комплекса для анализа волокнистых материалов. Программный комплекс позволяет вычислить направленность волокон и угол армирования, однако, следует отметить, что точность результатов во многом зависит от качества изображений и только четкое изображение волокнистой структуры позволит получить достоверные результаты. В перспективе разработанный программный комплекс может быть использован для осуществления контроля качества в процессе производства нетканых и плетеных структур, а информация о величине угла армирования и значении направленности волокон в структуре материала, полученная из анализа изображений, может быть использована для прогнозирования физико-механических свойств волокнистых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов С.В. Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2014. - №6. – С. 105 - 110.
2. Ершов С.В. Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2015. - №1. – С. 12 - 17.
3. Ершов С.В. Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, Т. Тидт // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: ИВГПУ, 2015. - №6. – С. 189 – 193.
4. Ершов С.В. Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин //

Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. - Иваново: ИВГПУ, 2016. - №6. - С. 243 – 247.

5. Ершов С.В. Определение угла армирования плетеных преформ методом анализа изображений / С.В. Ершов, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Е.Н. Никифорова // Вестник Череповецкого государственного университета. – Череповец: ЧГУ, 2017 (в печати).

УДК 677.024.1

СОЗДАНИЕ ТКАНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

WOVEN COMPOSITE TEXTILE MATERIALS

Г.И. Толубеева, Е.Н. Калинин, В.Б. Кузнецов, Т.Ю. Карева
G.I. Tolubeeva, E.N. Kalinin, V.B. Kuznetsov, T.U. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: kuznetsovtex@gmail.com

Рассмотрены вопросы конструирования тканых композитных многослойных текстильных материалов, объединяющих в единой структуре синтетические и природные волокна, которые могут быть использованы при производстве одежды специального назначения, технических целей, геотекстиля, бытовых изделий, в качестве армирующих основ. Предложена конструкция двухслойной ткани, содержащей полиэфирные и хлопковые и льняные волокна. Получено положительное решение по заявке на получение патента РФ.

Ключевые слова: многослойные ткани; полиэфирные; хлопчатобумажные; льняные; хлопко-льняные нити; атласное; сатиновое переплетения.

The questions of designing woven composite multilayer textile materials were considered, uniting in a single structure synthetic and natural fibers that can be used in the production of special-purpose clothing, technical purposes, geotextiles, household products, as reinforcement bases. The two-layer fabric comprising polyester, cotton and linen fibers was suggested. Received a positive decision on the application for a patent of the Russian Federation.

Keywords: multilayer fabrics; polyester, cotton; linen; cotton-linen threads; satin; satin weave.

Производство композитных тканых текстильных материалов является в последние годы одним из перспективных направлений развития технического текстиля как в мире, так и в нашей стране.

Особенно привлекательным в этом плане представляется объединение в единой ткацкой структуре синтетических и природных волокон. Обладая различным набором качеств и свойств, они позволяют создать различные по назначению и характеристикам материалы специального и технического назначения [1].

Из всего многообразия текстильных материалов подобного типа следует отметить многослойные ткани. Область их применения чрезвычайно широка – они могут использоваться для производства одежды специального назначения, технических целей, геотекстиля, бытовых изделий, в качестве армирующей основы.

При этом необходимо отметить тенденции, которые свидетельствуют в пользу использования полиэфирной пряжи и нитей при создании такого ассортимента композитных материалов.

Во-первых, постоянный рост выпуска текстильного полиэфира в объёме мирового производства синтетических волокон и нитей.