

# **Технология построения твердотельной модели 3D тканых структур с применением метода компьютерной томографии**

**Киселев А.М. к.т.н., докторант, Стаценко Е.О., Смирнова А.М. аспирант,  
Качалова А.С. магистр**

**Костромской государственный университет**

**Казанский (Приволжский) федеральный университет**

**Московский государственный университет дизайна и технологий**

## **Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы применения современных информационных технологий для решения задач построения геометрических твердотельных моделей 3D тканых полотен. Для исследования структур выбран метод компьютерной томографии. Приводятся результаты построения геометрических моделей 3D тканых слоисто-каркасных тканей. Приведены примеры моделирования рассмотренных структур.

## **Abstract**

In the article the questions of application of modern information technologies for solving problems of constructing a geometric solid models of 3D woven fabrics. For the study of the structures of the chosen method of computer tomography. The results of building the geometric models of 3D woven laminated-frame tissues examples of modeling of the considered structures.

## **Ключевые слова**

Текстильное материаловедение, композиционные материалы, математическое моделирование, программирование, информационные технологии

## **Keywords**

Textile materials, composite materials, mathematical modeling, programming, information technology

Рынок композиционных материалов сегодня огромен и составляет около \$14,7 млрд, при ежегодном увеличении только углеродного волокна на 12,8% [1]. Данные цифры говорят о большом потребительском спросе на изделия из композиционных материалов в различных отраслях промышленности. Основным компонентом композиционных материалов для повышения их прочностных характеристик является армирующая составляющая. Физико-механические свойства нитей армирующей основы и ее структура будут определять прочность будущего изделия. При этом современная тенденция производства композиционных материалов имеет тренд к изготовлению деталей, согласно требованиям конкретного технического задания. В данном случае особенно актуальным становится виртуальное проектирование свойств композиционного материала на основе компьютерного моделирования. Сегодня по данному пути идут и мировые разработчики программного обеспечения такие как ESI GROUP, SIEMENS и другие. Особый интерес с точки зрения получения высоких механических свойств композиционного материала и отсутствие его расслаивания находят 3D тканые структуры. Однако исследование таких структур также требует применения объемных методов исследований, в отличие от классических двумерных, пригодных для исследования однослойных тканей. В данной работе для исследования структур 3D тканых образцов был выбран метод компьютерной томографии. Образцы 3-х мерных тканей получены в ОАО «КНИИЛП» г. Кострома.

Рентгеновская компьютерная томография (РКТ) — метод неразрушающего исследования внутренней структуры объекта основан на измерении ослабления рентгеновских лучей различными участками объекта, различающимися плотностью, составом и толщиной. Для формирования трехмерных образов внутренней структуры объекта используется сложная компьютерная обработка массивов данных по множеству его двумерных теневых проекций.

Анализы выполнены с применением микро-/нанофокусной системы рентгеновского контроля для компьютерной томографии и 2D инспекции Phoenix

V|tome|X S240 в лаборатории рентгеновской компьютерной томографии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета.

Система промышленной рентгеновской микротомографии, Phoenix V|tome|X S 240, оснащена двумя рентгеновскими трубками: микрофокусной с максимальным ускоряющим напряжением 240kV/мощностью 320W и нанофокусной с максимальным ускоряющим напряжением 180kV/мощностью 15W. Для первичной обработки данных и создания объёмной (воксельной) модели образца на базе рентгеновских снимков (проекций) использовалось ПО datos|x reconstruction. Для визуализации и анализа данных по элементам объёмного изображения используется ПО VG Studio MAX 2.1.

Условия проведения эксперимента. Методика препарирования: для проведения сканирования образцов в зависимости от их геометрических форм и размеров изготавливался соответствующий держатель. Зафиксированный в держателе образец помещался на вращающийся столик камеры рентгеновского компьютерного томографа на оптимальном расстоянии от источника рентгеновского излучения. Методика измерений: для полученных образцов была использована нанофокусная трубка. Съёмка проводилась при ускоряющем напряжении 90kV и токе 135mA. Разрешение при съёмке – 16.2 мкм. Файлы формата .stl получены в ПО VG Studio MAX 2.1. Результаты томографии 3D тканого образца приведены на рис.1.

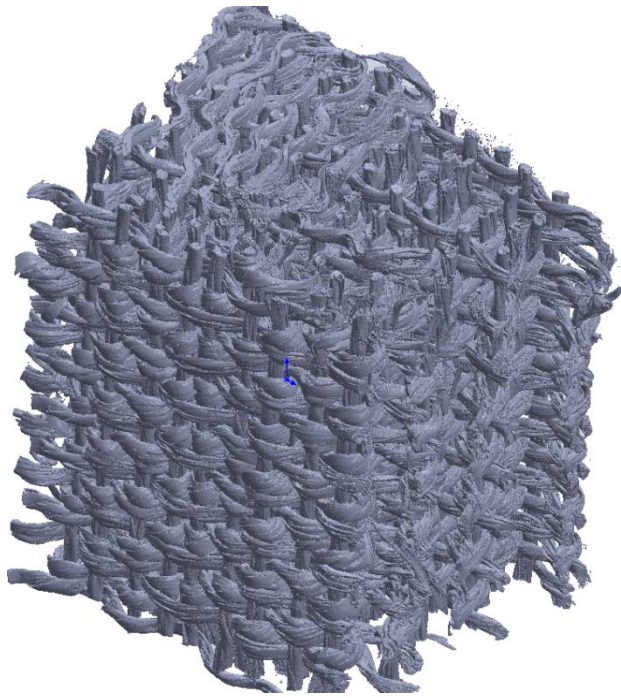


Рис.1. Томографическое изображение 3D тканого образца

Проблема обработки томографического изображения для последующих конечно-элементных расчетов заключается в том, что выходной файл томографа представляет графику объекта в виде полигональной модели, а такое представление геометрии объекта не дает возможность выполнить дальнейший анализ структуры или композита на ее основе в САЕ системе. Для этого необходимо получить формат твердотельного изображения исследуемого объекта для последующего разбиения на конечные элементы в САЕ системе. Для выполнения данных преобразований в исследовании использовался пакет SpaceClaim.

Первым шагом преобразования являлось устранение «шумов», которые засоряют 3D графическое изображение. Результат работы данного этапа представлен на рис.2.



Рис.2. Устранение «шумов» томографического изображения  
3D тканого образца в полигональном формате

Дальнейшие преобразования полученного изображения позволили получить твердотельную модель и разбить ее на конечные элементы. Результаты обработки представлены на рис. 3.

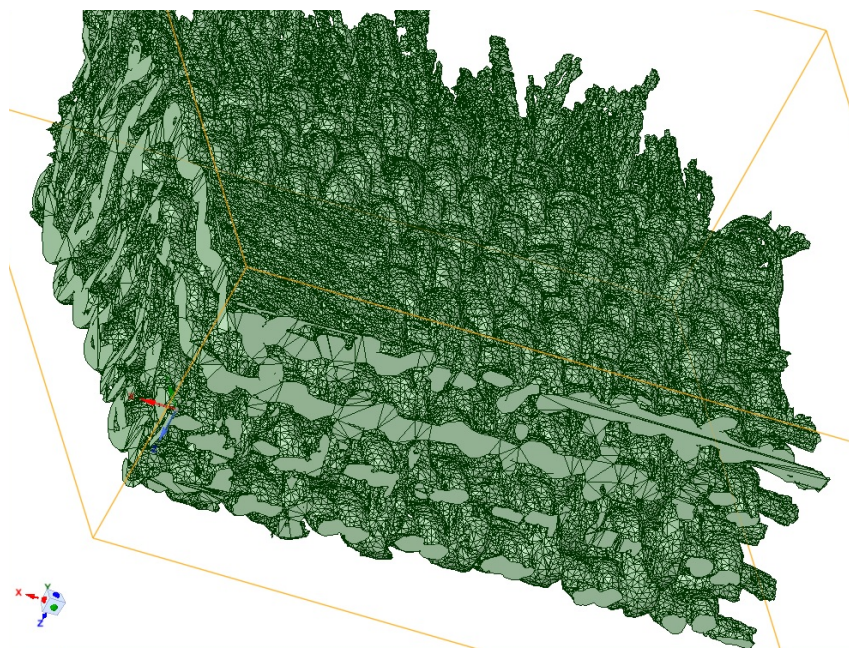


Рис.3. Твердотельная модель 3D тканого образца  
с конечно-элементной сеткой

В результате выполненных преобразований получена твердотельная модель 3D тканого образца, которая может быть загружена в САЕ систему для дальнейших расчетов эксплуатационных характеристик армирующей основы или композиционного материала.

#### Список использованных источников

1. Курилкин А.В., Горбачев А.С. Прогнозирование спроса на углеродные композиционные материалы в наукоёмких отраслях промышленности / Экономика и предпринимательство, № 2 (ч.2), 2016 г., С.436-439.