

## **РАЗДЕЛ 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **4.1 Информационные системы и автоматизация производства**

УДК 004.94:677.071.252.4

#### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ АРМИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Бизюк А.Н., ст. преп., Ясинская Н.Н., доц.*

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

*Реферат. В статье рассматривается процесс построения имитационной модели текстильного волокнистого материала. Имитационная модель строится на основе анализа экспериментальных данных о диаметре и крутке волокнистого материала, а также данных о свойствах отдельных волокон. Разработано программное обеспечение для построения пространственной модели волокнистого материала с заданными параметрами на основе имитационной модели.*

Ключевые слова: текстильные армирующие материалы, имитационное моделирование, диаметр, крутка.

Одной из основных операций при формировании большинства текстильных композитов является пропитка волокнистого материала полимерным связующим.

Пропитка коллоидных капиллярно-пористых материалов жидкостями – сложный процесс, зависящий от физико-химических свойств полимерного связующего и капиллярной структуры волокнистого материала, определяемой размерами и конфигурацией пор, их пространственным расположением [1].

Для регулирования капиллярных свойств и анализа процесса пропитки полимерным связующим необходима модель пористой структуры волокнистого армирующего материала [2]-[4].

При моделировании пористой структуры волокнистого материала, в частности пряжи определенной линейной плотности, необходимо знание поперечных размеров пряжи – диаметра, крутки, а также количества волокон в поперечном сечении. Известные формулы для расчета геометрических свойств пряжи [5, 6] не учитывают изменения объемной плотности пряжи в зависимости от линейной плотности, степени скрученности, поэтому расчетные значения геометрических и структурных свойств пряжи не совпадают с экспериментальными.

Целью работы явилось определение математических моделей для расчета диаметра и крутки пряжи, учитывающих изменения объемной плотности пряжи в зависимости от линейной плотности, степени скрученности и создание на их основе имитационной модели волокнистого материала.

Известна формула для определения диаметра пряжи на основании линейной плотности и объемной массы, которая различается для каждого вида волокна [5]:

$$d_p = 0,0357 \cdot \sqrt{T / \delta}, \quad (1)$$

где  $d_p$  – расчетный диаметр пряжи, мм;  $T$  – линейная плотность пряжи, текс;  $\delta$  – объемная масса материала, г/см<sup>3</sup>.

Используемое в формуле (1) значение объемной массы указано в литературных источниках и имеет постоянное значение, зависящее только от вида волокна. В частности, для хлопчатобумажной пряжи в литературе можно встретить различные оценки объемной массы, которые к тому же имеют значительный разброс в значениях.

С целью получения модели зависимости диаметра хлопчатобумажной пряжи от ее линейной плотности был проведен эксперимент по определению диаметра. В результате регрессионного анализа экспериментальных данных в системе Statistica было определено статистически значимое значение объемной массы для хлопковой пряжи равное

$\delta = 0,42493 \text{ г/см}^3$ , а модель зависимости диаметра от линейной плотности приняла вид (2).

$$d_p = 0,0357 \cdot \sqrt{T / 0,42493}, \quad (2)$$

Для получения математической модели зависимости крутки хлопковой пряжи от ее линейной плотности был проведен эксперимент по определению крутки для образцов хлопчатобумажной пряжи различной линейной плотности.

Модель зависимости крутки от линейной плотности должна отвечать следующим требованиям: с увеличением линейной плотности крутка уменьшается, значение крутки не принимает отрицательных значений. В качестве такой модели была выбрана экспоненциальная модель, так как она отвечает требованиям и при этом имеет всего два коэффициента.

Экспоненциальная модель зависимости крутки от линейной плотности имеет вид (3).

$$K = a_1 \cdot e^{a_2 T}, \quad (3)$$

где,  $K$  – крутка пряжи, об/м;  $a_1, a_2$  – регрессионные коэффициенты;  $T$  – линейная плотность пряжи, текс.

В результате регрессионного анализа экспериментальных данных в системе Statistica были определены статистически значимые значения коэффициентов регрессионного уравнения (3) и модель приняла вид (4).

$$K = 1143,7 \cdot e^{-0,03 T}, \quad (4)$$

Непосредственный подсчет количества волокон для хлопчатобумажной пряжи вызывает трудности, так как волокна имеют малый диаметр и их количество велико. Оценить количество волокон с точностью, достаточной для построения модели, можно имея данные о среднем диаметре волокон, форме поперечного сечения и плотности вещества волокон. Из литературных источников известно, что средний диаметр волокон хлопка составляет 20 микрометров или  $2 \cdot 10^{-5}$  м [1]. Плотность вещества хлопка составляет  $1500 \text{ кг/м}^3$  [5]. Форма поперечного сечения волокон хлопка сильно варьируется, но большинство источников утверждает, что она не является круглой, а близка к эллипсоидной [1]. Для целей моделирования были приняты следующие параметры волокна: форма поперечного сечения: эллипс, большая полуось эллипса:  $a = 1 \cdot 10^{-5}$  м, малая полуось эллипса:  $b = 0,667 \cdot 10^{-5}$  м. Площадь эллипса находится по формуле  $S = \pi \cdot a \cdot b$ . Таким образом, можно вычислить массу одного волокна заданной длины и определить приблизительное количество волокон в поперечном сечении пряжи поделив массу отрезка пряжи на массу одного волокна.

Для имитационного моделирования пористой структуры волокнистого материала разработано программное обеспечение на языке с++, которое использует описанные выше модели для определения диаметра, крутки и количества волокон в нити и позволяет построить трехмерную модель отдельной нити (рисунок 1) или отрезка ткани (рисунок 2) с заданными параметрами.

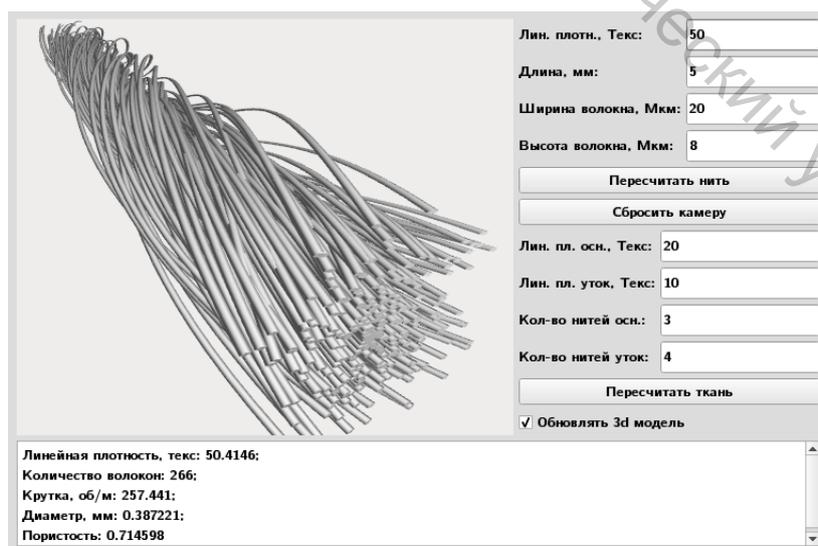


Рисунок 1 – Результат моделирования отдельной нити



Рисунок 2 – Результат моделирования ткани

Модели, полученные с помощью разработанного приложения, можно использовать при моделировании процесса пропитки волокнистых материалов.

#### Список использованных источников

1. Воюцкий С.С. Физикохимические основы пропитывания и ипрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров, Ленинград, Химия, 1969, 336 с.
2. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И. Оптимизация технологического процесса формирования текстильных композиционных материалов в условиях воздействия электромагнитных волн СВЧ- и ИК-диапазона // Химическая технология, 2015, Т. 16. № 1, С. 6-12.
3. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Моделирование процесса пропитки текстильных материалов под действием СВЧ-излучения // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 2014, Т. 23, № 1, С. 16-18.
4. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ излучения // Вестник Витебского государственного технологического университета, 2014, № 1 (26), С. 21-28.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити): учебник для вузов, 2-е изд., перераб. и доп., Москва, Легпромбытиздат, 1989, 352 с.
6. Кобляков А.И., Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению: Учеб. пособ. для вузов, 2-е изд., перераб. и доп., Москва, Легпромбытиздат, 1986, 344 с.: ил.

УДК 620.171.33:677.017.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СМЕСОК

*Ильющенко А.В., доц., Куксевич В.Ф., ст. преп.*

*Витебский государственный технологический университет,*

*г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье представлены результаты исследования влажности компонентов смесок в отдельности и смеси в целом методом СВЧ-влажнометрии. Выявлено наибольшее влияние на влажность смеси, оказываемое шерстью, с допустимой погрешностью не более  $\pm 1\%$ .

Ключевые слова: влажность, пряжа, смесь, СВЧ-влажнометрия.