

УДК 677.022:519.8:62.50.72

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ПРЯЖИ****MODELLING OF YARN CROSS SECTIONS**

*Д.А. ЗАБРОДИН, И.С. ГОРЯЧАЯ, В.И. ЛЕБЕДЕВА, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ*  
*D.A. ZABRODIN, I.S. GORYACHAYA, V.I. LEBEDEVA, P.A. SEVOSTYANOV*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)  
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")  
E-mail: office@msta.ac.ru

*Предложены некоторые алгоритмы моделирования поперечных сечений пряжи, и дана оценка их эффективности.*

*The article contains some algorithms of the modelling of yarn cross sections, and their efficiency is evaluated herein.*

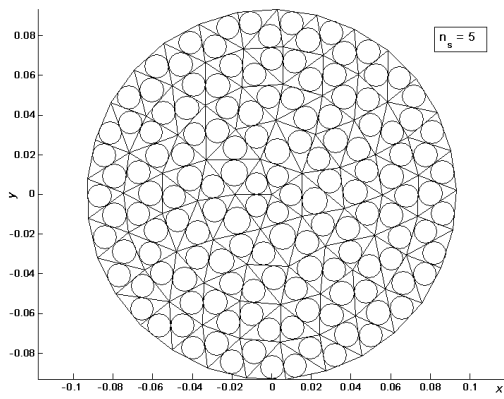
**Ключевые слова:** поперечные сечения пряжи, алгоритмы, моделирование.

**Keywords:** yarn cross sections, algorithms, modelling.

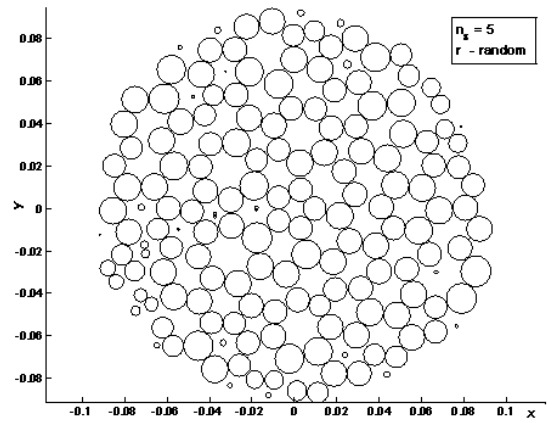
Моделирование поперечного сечения пряжи (ПСП) относится к классической задаче моделирования плотной упаковки, которая возникает во многих прикладных областях [1]. Как правило, рассматривают упаковку элементов правильной формы (круги, шары, прямоугольники, выпуклые многогранники), что упрощает задачу. Разработано большое число алгоритмов построения геометрической модели плотной упаковки. Каждый из них приспособлен для конкретной области применения. Ниже описаны алгоритмы, разработанные для получения геометрических моделей ПСП с учетом перечисленных особенностей структуры.

Первый из них основан на применении триангуляции Делоне [2] в сочетании со случайными вариациями в положении

вершин треугольников и их числа в зависимости от расстояния от центра формирования сечения. При этом сечение каждого волокна моделируется кругом случайного радиуса  $R$ . Алгоритм состоит из следующих шагов: задание закона распределения  $R$ , числа  $m$  кольцевых слоев ПСП, среднего числа волокон  $mS_r$  в слое; генерация случайных значений полярных координат  $\{r(k); \alpha(k)\}$  вершин треугольников в  $k$ -м слое в соответствии со значением  $mS_r$ ,  $k = 1, \dots, m$ ; занесение  $\{r(k); \alpha(k)\}$  в массив вершин треугольников; формирование на его базе подмножества  $V$  вершин из  $(k-1)$ -го и  $k$ -го слоев; триангуляция Делоне для множества точек  $V$ ; построение вписанных кругов в каждом из треугольников слоя.



а)



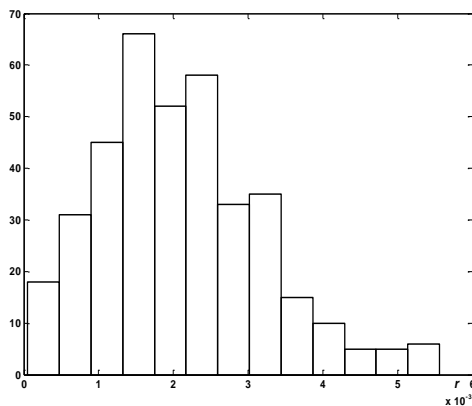
б)

Рис. 1

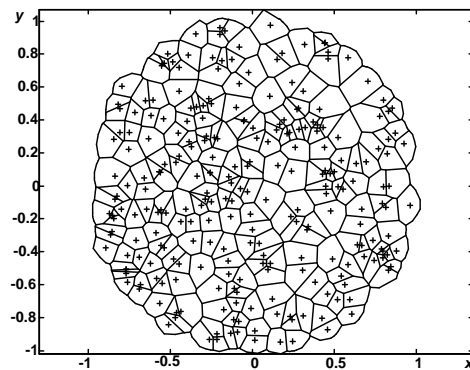
На рис.1-а приведен пример работы алгоритма для  $m = 5$  при отсутствии случайных вариаций в положении волокон внутри слоя как в радиальном, так и в азимутальном направлениях. В этом случае структура близка к идеально упорядоченной. Все треугольники одинаковы. На рис. 1-б показана модель ПСП при наличии случайных вариаций в положении вершин треугольников, положении и радиусах вписанных кругов. Из рисунков видны как достоинства, так и недостатки данного алгоритма. Скорость работы алгоритма вполне приемлема для задач статистического моделирования. Сечения волокон располагаются не предельно плотно, как при плотной упаковке, имеются точки касания между ними, сами сечения случайным образом варьируют как по величине площади, так и по расположению внутри ПСП, а само ПСП имеет форму, близкую к кругу без четко выраженной

границы, то есть реализуется большинство отмеченных выше особенностей ПСП. Однако отсутствует контроль числа волокон в ПСП и распределения их координат и площади, которые зависят от координат вершин и числа не пересекающихся треугольников в триангуляции Делоне. Видны характерные локальные кольцеобразные формирования из сечений волокон с незаполненными центральными областями.

Появляются сильно вытянутые треугольники, которые дают вписанные круги очень малой, не характерной для волокон одного и того же типа, площади. Из-за несвязности триангуляции отдельных кольцевых слоев в модели некоторые из кругов пересекаются (такие круги могут быть удалены путем включения в алгоритм процедур кругов на пересечение после построения модели). Гистограмма распределения радиусов смоделированных сечений волокон приведена на рис.-2-а.



а)



б)

Рис. 2

Другой алгоритм моделирования ПСП основан на следующих соображениях. Поперечные сечения волокон, образующих пряжу, имеют, как уже отмечалось выше, неправильную, иногда весьма причудливую форму. Поэтому маловероятно построить алгоритм для получения ПСП с такими сечениями волокон. Но для прикладных задач использования моделей ПСП обычно можно ограничиться границами области ПСП, которую «контролирует» соответствующее волокно. Для получения модели ПСП такого типа был использован алгоритм разбиения области ПСП на выпуклые многоугольники неправильной случайной формы по методу Вороного [2]. Сначала генерируют множество  $n$  точек – геометрических центров сечений волокон, распределенных согласно некоторому закону распределения вокруг центра ПСП. Затем для этого множества точек строят систему выпуклых многоугольников по методу Вороного. Для устранения незамкнутых многоугольников на границе области в алгоритме, во-первых, генерируются точки по границе области ПСП на расстоянии  $R_0$ , незначительно превышающим радиус ПСП  $R_p$ . Количество этих точек должно быть достаточно большим, чтобы они создавали плотный «ореол» вокруг внутренних точек ПСП. Затем строятся многоугольники Вороного для всех точек: внутренних и «ореола». После этого отрезки, лежащие за границей

области формирования модели ПСП и порожденные точками «ореола», исключаются из модели. Пример модели, построенной по этому алгоритму для значений:  $R_p = 1$ ;  $n = 161$ ;  $R_r = 3R_p = 3$ ;  $R_0 = 1,1$  приведен на рис. 2-б.

## ВЫВОДЫ

Предложены алгоритмы моделирования поперечных сечений пряжи со случайным распределением волокон на основе триангуляции Делоне. Алгоритмы обладают высокой скоростью моделирования, но имеют ряд недостатков, не позволяющих использовать их при статистическом моделировании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волошин В.П., Медведев Н.Н., Фенелонов В.Б., Пармон В.Н. Исследование структуры пор в компьютерных моделях плотных и рыхлых упаковок сферических частиц // Журнал структурной химии. – 1999, т.40 (4). С. 681...692.
2. Медведев Н.Н. Метод Вороного – Делоне в исследовании структуры некристаллических систем // РАН, Сиб. отд-ние, РФФИ, Институт химической кинетики и горения СО РАН. Новосибирск: НИЦ ЦИГТМ СО РАН. – Издательство СО РАН, 2000.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 11.01.11.