

2. Смелкова, В. В. Анализ структур паковок прецизионной намотки / В. В. Смелкова, Н. В. Рокотов, И. М. Беспалова // Инновации молодежной науки: тез. докл. Всерос. науч. конф. – СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2017. – С. 18.
3. Смелкова, В. В. Анализ структур тел намотки / В. В. Смелкова, И. М. Беспалова, Н. В. Рокотов // Инновации молодежной науки: тез. докл. Всерос. науч. конф. – СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2018. – С. 55

УДК 677.053.2

## АЛГОРИТМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАМОТОЧНЫХ СТРУКТУР

*Рокотов Н.В., проф., Беспалова И.М., доц.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Ключевые слова: наматывание, структура, паковка, компьютерное моделирование.

Реферат. В докладе излагается алгоритм компьютерного моделирования структуры паковки, образованной нитевидным материалом. Алгоритм позволяет построить расположение нитей, образующих паковку в заданном сечении. Алгоритм реализован в программной среде MATLAB.

С целью изучения закономерностей формирования структур тел намотки [1, 2], а также для получения наглядного представления о структурах разработаны алгоритм и программное обеспечение в среде MATLAB, позволяющее построить осевое сечение паковки диаметра  $D$  (рис. 1), положение которого задаётся при помощи угла  $\varphi$ , отмеряемого от горизонтальной оси поперечного сечения паковки.

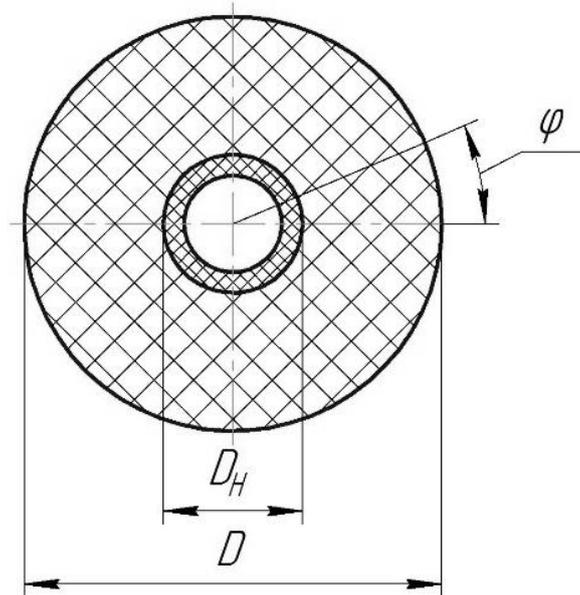


Рисунок 1 – Поперечное сечение паковки

При решении задачи моделирования принято допущение, что деформация нити, возникающая при наматывании, не учитывается, то есть поперечные сечения нитей заменяются окружностями, диаметр которых равен диаметру недеформированной нити.

Исходными данными для моделирования являются длина раскладки нити  $B$ , шаг витков  $H$ , диаметр нити  $d$ , начальный диаметр наматываемой паковки  $D_n$ , а также угол  $\varphi$ , определяющий положение сечения, построение которого выполняет программа.

Сначала выполняется расчёт координат центра поперечного сечения нити для первого витка по оси абсцисс и по оси ординат:  $x_1 = \varphi \frac{H}{2\pi}$ ,  $y_1 = \frac{d}{2}$ .

После определения координат строится поперечное сечение нити для первого витка (рис. 2 а). Затем с использованием оператора цикла рассчитываются координаты центров поперечных сечений нитей для остальных витков. Координата витка по оси абсцисс определяется следующим образом:

$$x_m = x_{m-1} + kH,$$

где  $m$  – порядковый номер витка;  $k$  – вспомогательная переменная, определяющая направление витка,  $k = \pm 1$  ( $k = +1$  при прямом ходе нити,  $k = -1$  при обратном ходе).

На рисунке 2 б показано построение поперечного сечения второго витка.

После определения координаты  $x_m$  проверяется принадлежность  $x_m$  интервалу  $[0, B]$ . В случае, если значение  $x_m$  находится за пределами ширины раскладки, оно корректируется. Если  $x_m > B$ , то значение  $k$  становится равным  $-1$ , новое значение  $x_m$  определяется по формуле:

$$x_m = 2B - (H + x_{m-1}).$$

Если же  $x_m < 0$ ,  $k$  принимает значение  $1$ , а новое значение  $x_m$  определяется из выражения:

$$x_m = (H - x_{m-1}),$$

На рисунке 2 в показан случай, когда виток 1 попадает за границу раскладки и его координата  $x_m > B$ . В этом случае рассчитывается новое значение координаты  $x_m$  по формуле и виток занимает положение 2 в пределах зоны раскладки.

После определения текущего  $x_m$  вычисляется соответствующее ему значение координаты  $y_m$  по оси ординат. Для этого сначала осуществляется поиск значений предыдущих координат  $x$ , которые лежат по отношению к рассчитанному  $x_m$  на расстоянии ближе, чем один диаметр нити  $d$ . В этом случае текущий виток нити будет укладываться поверх предыдущих витков. Если имеются такие значения координат  $x$ , то среди соответствующих им значений координат  $y$  осуществляется поиск двух максимальных  $y_{\max 1}$  и  $y_{\max 2}$ , после чего вычисляются величины  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  (рис. 2 г, д):  $\Delta_1 = |x_m - x_{\max 1}|$ ,  $\Delta_2 = |x_m - x_{\max 2}|$ , где  $x_{\max 1}$ ,  $x_{\max 2}$  – значения координат  $x$ , соответствующие  $y_{\max 1}$  и  $y_{\max 2}$ .

Далее определяются  $y_{d1}$  и  $y_{d2}$ , каждое из которых представляет собой разность между искомым  $y_m$  и значениями  $y_{\max 1}$ ,  $y_{\max 2}$  (рис. 2 г, д):

$$y_{d1} = \sqrt{d^2 - \Delta_1^2},$$

$$y_{d2} = \sqrt{d^2 - \Delta_2^2}.$$

На основании данных, полученных ранее, определяются величины  $y_{m1}$  и  $y_{m2}$  (рис. 2 г, д):

$$y_{m1} = y_{\max 1} + y_{d1}, y_{m2} = y_{\max 2} + y_{d2}.$$

Полученные величины  $y_{m1}$  и  $y_{m2}$  сравниваются между собой, после чего  $y_m$  принимает значение большей из них. Расчёт осуществляется по двум величинам  $y_{\max 1}$  и  $y_{\max 2}$ , потому что может возникнуть ситуация, при которой у витка, на который должен наложиться виток номер  $m$ , значение координаты  $y$  будет не максимальным, а вторым по величине. Поэтому расчёт по единственному максимальному значению  $y_{\max}$  в ряде случаев может быть ошибочным.

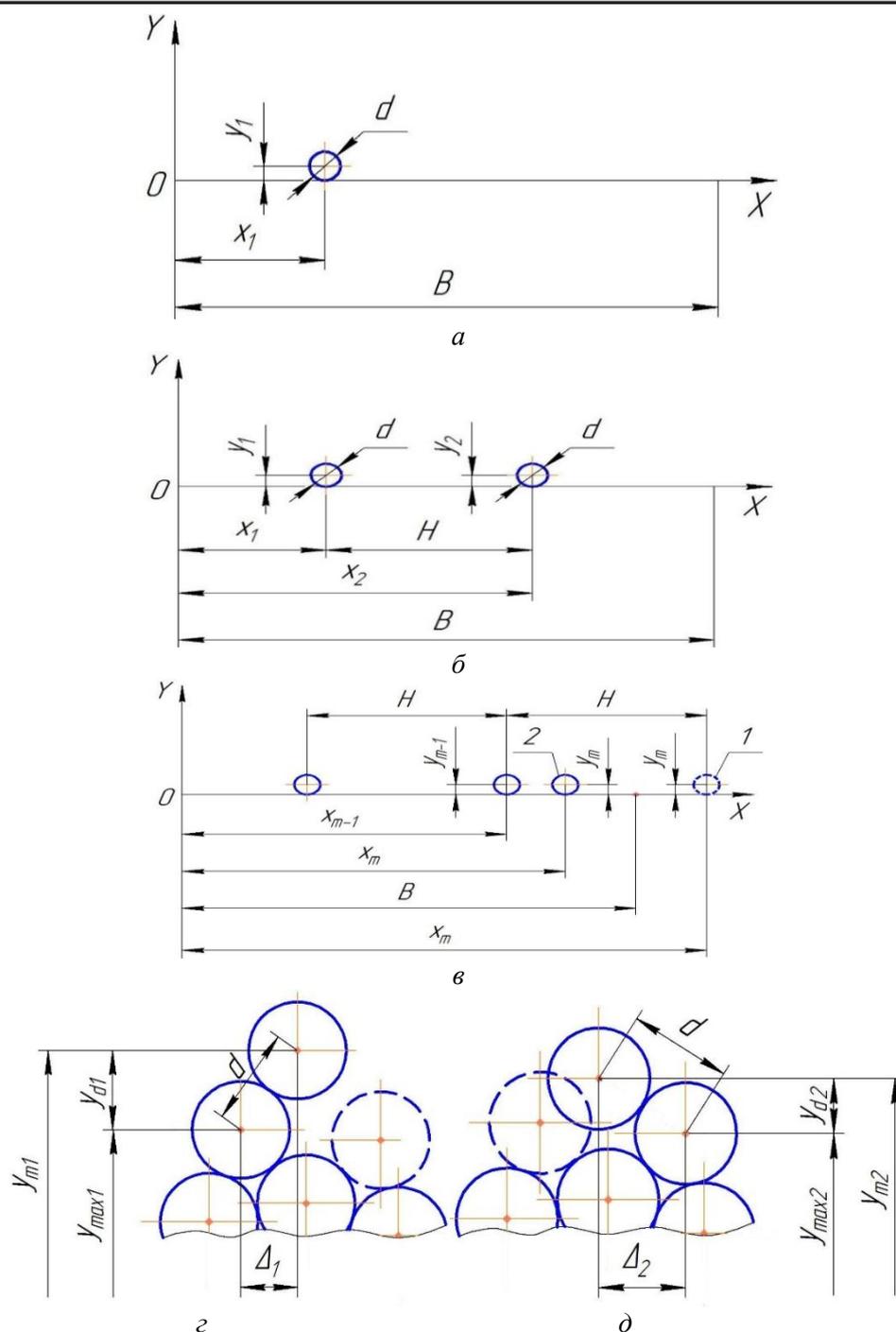


Рисунок 2 – Определение координат центров поперечных сечений нити:  
 а – для первого витка; б – для второго витка; в – при  $x_m > B$ ; г – определение  $y_{m1}$ ;  
 д – определение  $y_{m2}$

В случае, если отсутствуют значения среди предыдущих координат  $x$ , отличающиеся от найденного  $x_m$  на величину, которая меньше, чем  $d$ , то значение  $y_m$  определится из выражения:  $y_m = \frac{d}{2}$ .

После определения координат  $x_m$  и  $y_m$  строится сечение витка  $m$ . Далее следует возвратиться в начало цикла и продолжить расчёт координат следующего витка. После чего так же строится его сечение.

Список использованных источников

1. Рокотов, Н. В. Анализ прецизионной намотки / Н. В. Рокотов, И. М. Беспалова, А. В. Марковец // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2016. – Т. 32. – № 2. – С. 22–26.
2. Смелкова, В. В. Анализ структур тел намотки / В. В. Смелкова, И. М. Беспалова, Н. В. Рокотов // Инновации молодежной науки: тез. докл. Всерос. науч. конф. – СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2018. – С. 55.

УДК 677.072

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯЖИ С ВЛОЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН

*Рыклин Д.Б., проф., Давидюк В.В. асп.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: моделирование, пряжа, электропроводящие волокна, Bekinox.

Реферат. Работа посвящена моделированию структуры пряжи, вырабатываемой с вложением электропроводящих волокон для создания антистатического эффекта. Целью разработки имитационной модели структуры пряжи с вложением электропроводящих волокон является определение рационального состава пряжи, обеспечивающего стабильность ее электрических свойств. При моделировании учитывалась миграция волокон в сечениях пряжи. Определено влияние линейной плотности пряжи и процентного содержания электропроводящих волокон на среднее количество контактов, возникающих между ними в моделируемых сечениях.

Разработка новых видов текстильных материалов специального назначения является одним из наиболее перспективных направлений развития предприятий отрасли как в Республике Беларусь, так и за рубежом. Современный ассортимент волокон со специальными свойствами достаточно широк. Он включает высокопрочные, огнетермостойкие, электропроводные волокна, а также волокна с антибактериальными, терморегулирующими и другими свойствами.

Данная работа посвящена моделированию структуры пряжи, вырабатываемой с вложением электропроводящих волокон для создания антистатического эффекта. Известно, что скопление статического напряжения во взрывоопасной среде опасно тем, что искра даже самой низкой энергии, образуемая при трении предметов или элементов одежды друг о друга, способна привести к возгоранию или даже взрыву.

В настоящее время наиболее известным и распространенным волокном, используемым для создания антистатических тканей, является стальное волокно Bekinox, производимое компанией Bekaert (Бельгия) [1].

Целью разработки имитационной модели структуры пряжи с вложением электропроводящих волокон является определение рационального состава пряжи, обеспечивающего стабильность ее электрических свойств. Под обеспечением стабильности свойств в данном случае понимается получение такой структуры нити, при которой возникает непрерывная последовательность контактов электропроводящих волокон от первого до последнего рассматриваемого сечения на отрезке заданной длины.

Разработанная имитационная модель одиночной пряжи основывалась на модели идеального волокнистого продукта, согласно которой продукт рассматривается, как поток волокон, плотность передних концов волокон которого на участке определенной длины подчиняется закону Пуассона [2]. При решении поставленной задачи предполагается, что конфигурация каждого волокна имеет сложную форму вследствие миграции в сечениях пряжи. Разработанная имитационная модель реализована в системе компьютерной алгебры Maple.