

РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ КРУЧЕНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ НИТИ НА ПРЯДИЛЬНО- КРУТИЛЬНОЙ МАШИНЕ

Н.Н. Бодяло, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган

При рассмотрении процесса формирования крученых комбинированных нитей для швейных ниток на прядильно-крутильных машинах было установлено, что для уменьшения «штопорности» крученой нити, стабилизации процесса формирования выпрядаемой составляющей и получения выходящего продукта с хорошими физико-механическими показателями необходимо использовать модернизированные полые веретена со стабилизатором крутки, установленным в их нижней части [1]. При этом конструкция стабилизатора крутки должна быть такова, чтобы натяжение сходящей с него крученой комбинированной нити было меньше разрывной нагрузки данной нити.

Для определения натяжения крученых комбинированных нитей при их формировании на прядильно-крутильной машине были проведены теоретико-экспериментальные исследования процессов, протекающих на данной машине, и получены формулы для расчета натяжения составляющих компонентов крученых нитей: баллонизирующей нити на полом веретене [2, 3], прикручиваемой стренги в канале полого веретена [4] и выпрядаемой стренги [5].

Натяжение крученой комбинированной нити определяется на участках:

- в канале полого веретена F_{IKP} ;
- на выходе из канала веретена (на входе на стабилизатор крутки) F_{2KP} ;
- на стабилизаторе крутки F_{3KP} .

Натяжение крученой нити в канале веретена F_{IKP} можно рассчитать, используя математические зависимости нагрузки P , сН, испытываемой нитью, от ее относительного удлинения E , %, [5].

Для нитей, испытывающих удлинение до 10 %

$$P = 99,48 E - 5,37 E^2, \quad (1)$$

для нитей, испытывающих удлинение 10 % и более

$$P = 420 + 5 E. \quad (2)$$

Рассмотрим деформацию комбинированных нитей в процессе их скручивания в два сложения с постоянной подачей в зону кручения, но при отсутствии укрутки крученой нити. В этом случае минимальное удлинение имеют элементарные нити и волокна, находящиеся на небольшом расстоянии от оси кручения. Периферийные же волокна в компонентных нитях изменяют свою деформацию от максимальной величины (находящиеся на расстоянии, равном диаметру комбинированной нити, входящей в структуру крученой, от оси кручения) до минимального значения (находящиеся на оси кручения) [6].

Как было установлено [6], при скручивании нитей в несколько сложений в направлении, обратном направлению первоначальной крутки, величина последней изменяется, т. е. уменьшается вследствие расположения их осей по винтовым линиям вокруг общей оси кручения. То же происходит и при формировании крученой нити с направлением круток SS , но с той лишь разницей, что крутка исходных скручиваемых нитей увеличивается, и, следовательно, укрутка возрастает. Когда нити скручиваются с направлением круток SS с постоянной подачей их в зону кручения, но при отсутствии укрутки крученой нити, скручиваемые нити растягиваются в результате их кручения вокруг собственной оси и общей оси кручения. Поэтому удлинение увеличивается, а натяжение крученой нити возрастает.

Для определения натяжения крученой нити, состоящей из нескольких стренг, необходимо вычислить удлинение стренги при нахождении ее в структуре крученой нити с направлением круток SS. Это сложная задача, которая ранее не рассматривалась в силу своей специфики. Для ее решения использовали теоретико-эмпирический метод.

Экспериментальным путем определялась укрутка крученой нити при условии, что стренги скручиваются свободно, без натяжения. Получена зависимость укрутки Y крученой нити, скручиваемой в два сложения с направлением круток SS, от коэффициента крутки в кручении α_{T2} (рисунок 1):

$$Y = 89,3 \cdot 10^{-3} \alpha_{T2} + 2,2 \cdot 10^{-3} \alpha_{T2}^2. \quad (3)$$

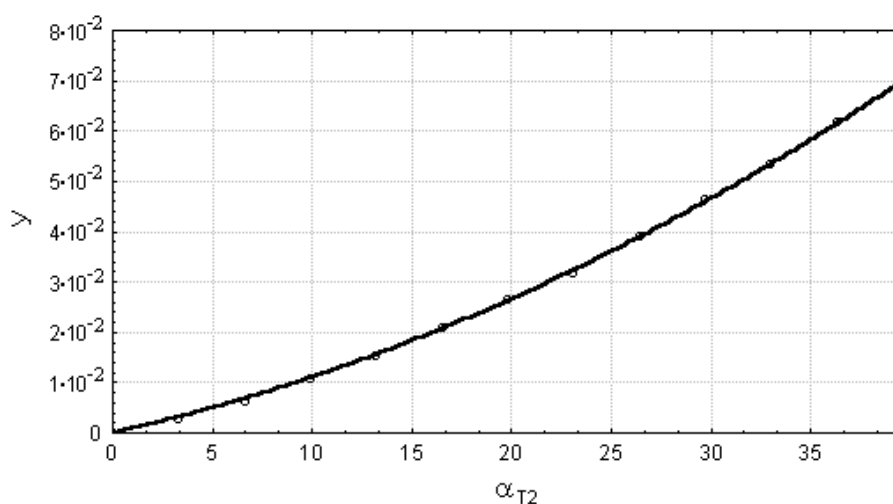


Рисунок 1 – Зависимость укрутки крученой нити Y от коэффициента крутки в кручении α_{T2}

Установим связь между укруткой нити при кручении без натяжения и удлинением нити при кручении без укрутки, когда нить прочно зажата между передней парой вытяжного прибора и оттяжной парой прядильно-крутильной машины. Рассмотрим кручение комплексных нитей с укруткой, когда параллельно расположенные нити в результате кручения располагаются по винтовым линиям вокруг оси кручения (рисунок 2).

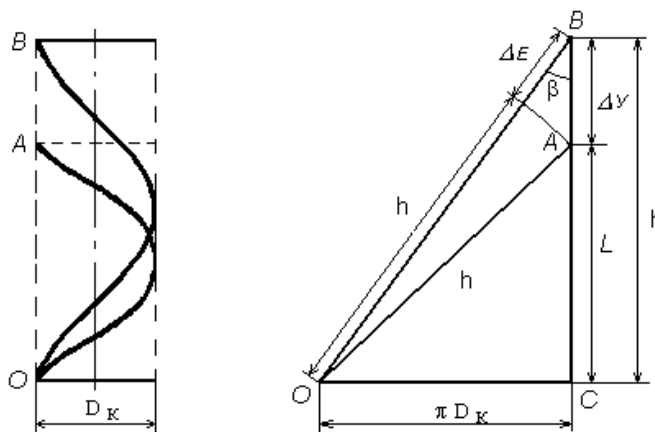


Рисунок 2 – Расположение отдельной стренги в структуре крученой нити при разных условиях кручения

Развернем на плоскость винтовые линии OA и OB на цилиндре с диаметром D_K . Линия OA соответствует расположению стренги в структуре крученой нити при условии, что крученая нить укручивается, а стренга не удлиняется. Линия OB соответствует расположению стренги в структуре крученой нити при условии, что крученая нить не укручивается, а стренга растягивается.

При скручивании стренг без натяжения длина крученой нити уменьшается на величину ΔY , при этом она получает укрутку, равную

$$y = \frac{\Delta Y}{h}, \quad (4)$$

где h – шаг витка крутки нити, м.

Отсюда

$$\Delta Y = Y \cdot h. \quad (5)$$

При скручивании стренг без укрутки длина отдельной стренги, входящей в структуру крученой нити, увеличивается на величину ΔE_2 . Тогда удлинение стренги равно:

$$E_2 = \frac{\Delta E_2}{h}. \quad (6)$$

Отсюда

$$\Delta E_2 = E_2 \cdot h. \quad (7)$$

Из треугольника **OAC** имеем:

$$(\pi D_K)^2 = h^2 - L^2 = h^2 - (h - \Delta Y)^2. \quad (8)$$

Из треугольника **OBC** имеем:

$$(\pi D_K)^2 = (h + \Delta E_2)^2 - h^2. \quad (9)$$

Приравняв правые части уравнений (8) и (9), выполнив соответствующие преобразования и подставив вместо ΔY и ΔE_2 выражения (5) и (7), получили следующую зависимость удлинения стренги от укрутки крученой нити:

$$E_2 = (\sqrt{2 - (1 - y)^2} - 1) \cdot 100, \%. \quad (10)$$

Используя выражения (1), (2), (3) и (10), можно определить натяжение крученой комбинированной нити в канале полого веретена F_{1KP} .

Натяжение крученой нити на выходе из канала полого веретена и на входе на стабилизатор крутки F_{2KP} определялось в результате сложения величин натяжения крученой нити в канале полого веретена F_{1KP} и наиболее натянутой выпрядаемой стренги $F_{2ВП}$:

$$F_{2KP} = F_{1KP} + F_{2ВП}. \quad (11)$$

Находящуюся на стабилизаторе крутки нить (рисунок 3 а) можно рассматривать как нить, движущуюся по вращающейся поверхности. Для анализа работы и обоснования выбора конструктивных параметров стабилизатора крутки необходимо знать форму кривой, по которой движется нить, величину натяжения набегающей и сбегавшей ветвей нити.

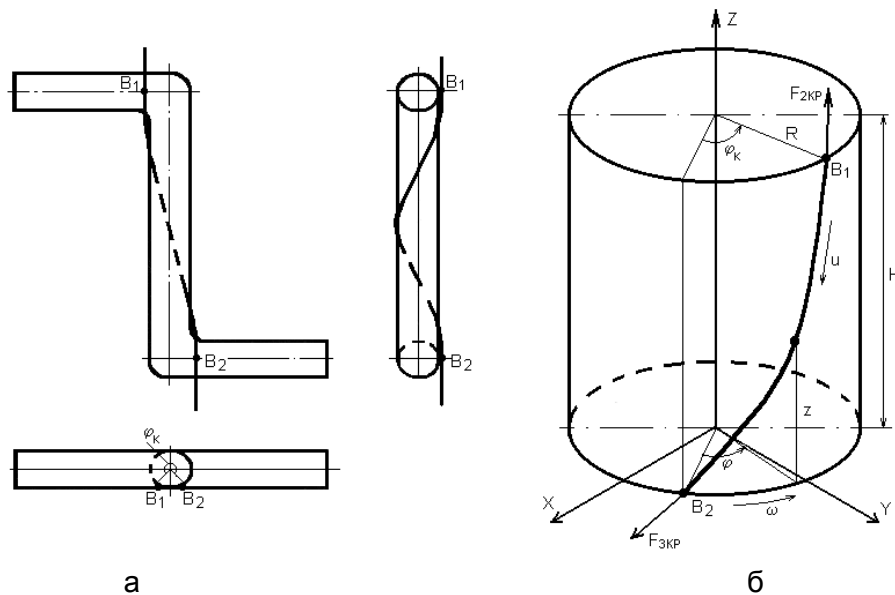


Рисунок 3 – Движение нити по цилиндрической поверхности стабилизатора крутки

Пусть по поверхности, которая вращается вокруг оси симметрии с постоянной угловой скоростью ω , движется идеально гибкая нерастяжимая нить (рисунок 3 б) [7]. В точке B_1 нить входит на поверхность, а в точке B_2 – сходит с нее. Точки B_1 и B_2 вращаются вместе с поверхностью.

Введем неподвижную декартову систему координат. Ось Oz совместим с осью симметрии поверхности, а плоскость xOy проведем через точку B_2 . Когда нить находится на цилиндрической поверхности, выражение для натяжения нити имеет следующий вид [7]:

$$F_{3KP} = F_{2KP} \exp\left(\frac{\mu \cdot \cos^2 \alpha}{R \cdot \sin \alpha} \cdot z\right) \left\{ 1 - q \left[1 - \exp\left(\frac{\mu \cdot \cos^2 \alpha}{R \cdot \sin \alpha} \cdot z\right) \right] \right\}, \quad (12)$$

где α_k – угол между касательной к нити и параллелью поверхности;

R – радиус цилиндрической поверхности, м.

$$q = T_{KH} (\omega R + v_1 \cos \alpha_k)^2 / (F_{2KP} \cos^2 \alpha_k), \quad (13)$$

где T_{KH} – линейная плотность комбинированной нити, текс.

Угол α_k определяется из условия прохождения нити через конечные точки B_1 и B_2 : при $z = 0 \varphi = 0$; при $z = H \varphi = \varphi_k$ имеем [7]:

$$\operatorname{ctg} \alpha_k = R \varphi_k / H, \quad (14)$$

где φ – угол, отсчитываемый от оси, вращающейся вместе с поверхностью и проходящей через точку B_2 ;

φ_k – угол между осями, вращающимися вместе с поверхностью и проходящими через точки B_2 и B_1 ;

H – длина цилиндрической поверхности, м.

Отсюда

$$\alpha_k = \operatorname{arcctg}(R \varphi_k / H). \quad (15)$$

Анализ выражения (15) показывает, что угол α_k и, в свою очередь, натяжение нити зависят от таких размеров стабилизатора крутки, как радиус R и длина H

цилиндрического стержня, по которому движется нить. Угол φ_K для выбранной конструкции стабилизатора крутки равен 270° (рисунок 3 а).

Выражение (12) для натяжения сбегающей ветви нити в точке B_2 примет следующий вид:

$$F_{3KK} = F_{2KK} \exp\left(\frac{\mu \cdot \cos^2(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H))}{R \cdot \sin(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H))}\right) \times \left[1 - \frac{T_{KH}(\omega R + v_1 \cos(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H)))^2}{F_{2KK} \cos^2(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H))} \left[1 - \exp\left(\frac{\mu \cdot \cos^2(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H))}{R \cdot \sin(\operatorname{arctg}(R \cdot \varphi_K/H))} \cdot H\right) \right] \right]. \quad (16)$$

Используя формулу (16), можно рассчитать натяжение крученой нити на выходе со стабилизатора крутки.

На рисунке 4 представлен график зависимости натяжения крученой нити на сходе со стабилизатора крутки от радиуса R и длины H цилиндрического стержня, по которому движется нить, полученный для крутки в кручении 650 кр./м, которая устанавливается на кольцевых крутильных машинах при производстве армированных швейных ниток линейной плотности 43,5 текс на ОАО «Гронитекс».

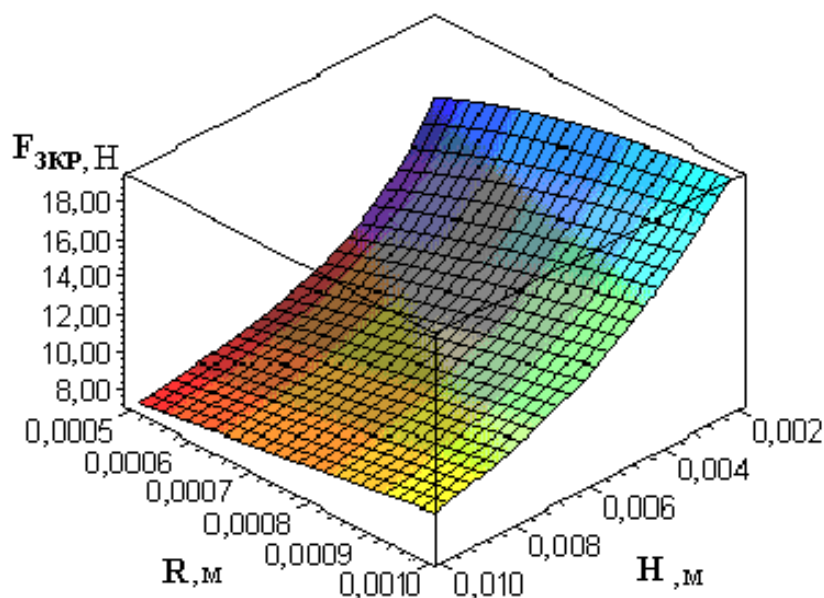


Рисунок 4 – График зависимости натяжения крученой нити на сходе со стабилизатора крутки F_{3KP} от радиуса R и длины H цилиндрического стержня

Полученный график позволяет определить рациональные конструктивные параметры стабилизатора крутки, при продвижении по которому натяжение крученой нити не превысит ее разрывную нагрузку. Как видно из графика, с увеличением радиуса стержня натяжение крученой комбинированной нити незначительно возрастает. Преимущественное влияние на натяжение крученой нити оказывает длина стержня: ее уменьшение вызывает резкое увеличение натяжения нити.

Разрывная нагрузка крученой полиэфирной комбинированной нити 43,5 текс согласно ТНПА должна быть не менее 1811 сН. Для исключения ее обрывов в зоне стабилизатора крутки необходимо, чтобы стабилизатор крутки имел следующие конструктивные параметры:

- радиус цилиндрического стержня $R \leq 0,001$ м;
- длина цилиндрического стержня $H \geq 0,003$ м.

С учетом конструкции рабочих органов машины, удобства и надежности в эксплуатации за рациональные параметры приняты следующие:

- радиус цилиндрического стержня $R = 0,001$ м;
- длина цилиндрического стержня $H = 0,010$ м.

С учетом установленных рациональных конструктивных параметров был изготовлен стабилизатор крутки и измерено натяжение крученой комбинированной нити на модернизированной прядильно-крутильной машине ПК-100МЗ экспериментальным путем. Измерение натяжения производилось с помощью тензометрического датчика, установленного между полым веретеном и выпускной парой, и записывалось на осциллографе. До и после окончания испытаний проводилась тарировка тензодатчика. В качестве прикручиваемой составляющей использовалась полиэфирная комбинированная нить линейной плотности 21 текс с круткой в прядении 750 кр./м. Крутка на прядильно-крутильной машине изменялась от 500 до 650 кр./м. Результаты экспериментальных и теоретических исследований представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследований натяжения крученой комбинированной нити на модернизированной машине ПК-100МЗ

Наименование показателя	Значение показателя			
	500	550	600	650
Крутка, кр./м	500	550	600	650
Натяжение крученой комбинированной нити $F_{ЗКР}$, полученное экспериментально, Н	8,00	8,80	9,90	10,30
Натяжение крученой комбинированной нити $F_{ЗКР}$, полученное теоретически, Н	8,20	9,03	9,81	10,51
Отклонение расчетных значений от экспериментальных, %	2,4	2,5	1,4	2,1

Как видно из данных таблицы, отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 3 %, что свидетельствует о хорошей сходимости результатов. Следовательно, формулу (16) можно использовать для расчета натяжения крученой комбинированной нити на выходе из полого веретена.

В результате теоретических исследований получена формула, с использованием которой можно рассчитать натяжение крученой комбинированной нити на выходе из полого веретена модернизированной прядильно-крутильной машины. Установлены рациональные конструктивные параметры стабилизатора крутки (радиус и длина цилиндрического стержня), позволяющего стабилизировать процесс формирования крученой комбинированной нити, при продвижении по которому натяжение крученой нити не превысит ее разрывную нагрузку.

Список использованных источников

1. Сокращенная технология получения комбинированных швейных ниток / Н. Н. Бодяло, А. Г. Коган // Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства : материалы международной научно-технической конференции. Часть 1 / УО «ВГТУ». – Витебск, 2003. – С. 240.
2. Бодяло, Н. Н. Исследования процесса баллонирования нити на полом веретене / Н. Н. Бодяло, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган // Вестник ВГТУ. – 2005. – Вып. 8. – С. 21-25.
3. Бодяло, Н. Н. Определение натяжения баллонизирующей нити на полом веретене прядильно-крутильной машины / Н. Н. Бодяло // Вестник Витебский государственного технологического университета / УО «ВГТУ». – 2006. – Вып. 11. – С. 48-52.
4. Бодяло, Н. Н. Расчет натяжения прикручиваемой стренги в канале полого веретена прядильно-крутильной машины / Н. Н. Бодяло, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – Вып. 17. – С. 19-24.
5. Бодяло, Н. Н. Расчет натяжения выпрядаемой стренги на прядильно-крутильной машине / Н. Н. Бодяло, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган // Вестник ВГТУ. – 2010. – Вып. 19. – С. 13-17.

6. Корицкий, К. И. Инженерное проектирование текстильных материалов / К. И. Корицкий. – Москва : Легкая индустрия, 1971. – 352 с.
7. Каган, В. М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин / В. М. Каган. – Москва : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 119 с.

Статья поступила в редакцию 26.03.2012