

УДК 677.023

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ БОБИНЫ КРЕСТОВОЙ НАМОТКИ**

**THEORETICAL STUDY  
OF THE STRUCTURE PARAMETERS  
OF CROSS WINDING OF BOBBIN**

*Н. МАХМУДОВА, М. ФАРЗАЛИЕВ*  
*N. MAKHMUDOVA, M. FARZALIYEV*

(Азербайджанский государственный экономический университет)  
(Azerbaijan State Economic University)  
E-mail: m.farzaliyev@aseu.az

*В работе рассмотрены вопросы определения параметров строения бобины, полученной на мотальных машинах для мягкой намотки. Проанализирован процесс формирования бобины. Предложен новый метод для расчета числа слоев, число витков и длины нити в слоях намотки, а также других параметров структуры бобины. Полученные результаты могут быть полезными для создания рационального строения бобин, предназначенных для крашения пряжи.*

*The issued of the determination of the paramaters of the structure of the bobbin of the cross winding which is made at the machines with drum for soft bandage was studied at this work. The process of the formation of the arch, especially, the generation of the layer were analyzed. The new method is offered for calculating the number of the layers, coil and the length of the yarn, including, other parameters of the structure of the bobbin at the layers of the winding. The practical calculation of the structure of the parameters of the bobbin on the offered method was set an example. The obtained results can be useful for getting rational structure of the intended bobbin for painting yarns.*

**Ключевые слова:** бобина, строение бобины, угол подъема, слой намотки, число витков, число слоев.

**Keywords: bobbin, structure of bobbin, climbing angle, layer of winding, number of coil, number of layer.**

Одним из основных факторов, влияющих на качество крашения пряжи, является строение бобины, характеризуемое плотностью намотки, ее формой, размерами и другими параметрами, определяемыми процессом перематывания. Обзор работ, посвященных методам контроля параметров намотки, приведен в [1]. В [2], [3] рассматриваются современные методы контроля параметров паковок крестовой намотки, основанные на компьютерных технологиях. Ряд параметров строения паковки может быть получен на основе теоретического анализа. Так, в [4] проведен

такой анализ для параметров структуры намотки.

Рассмотрим процесс формирования бобины цилиндрической формы на мотальных машинах с прорезными барабанчиками. При этом принимаем, что элементарный слой, как и в работе [5], состоит из витков нити, последовательно укладываемых за один ход нитеводителя в одну и обратную сторону.

На рис. 1 представлена схема раскладки нити при крестовой намотке в начале наматывания: а) – в элементарном слое (в одном цикле раскладки); б) – в заполненном слое.

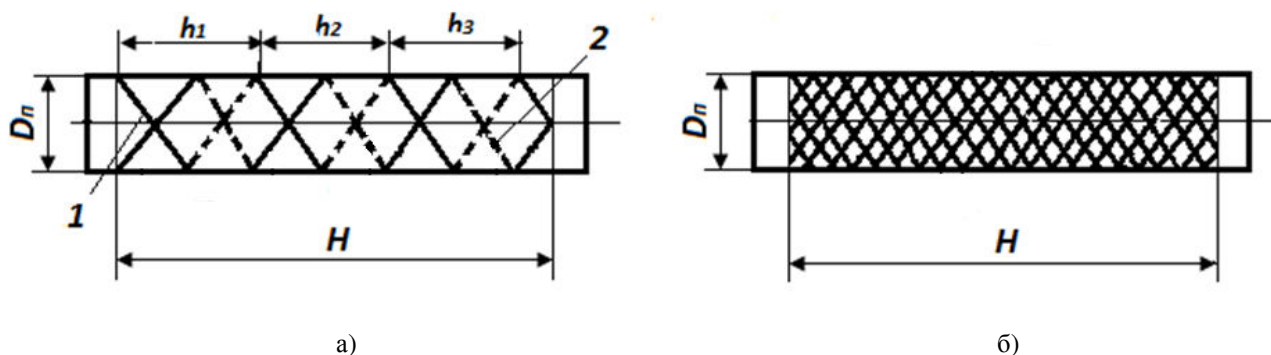


Рис. 1

Пусть за один цикл раскладки (за двойной ход нитеводителя) на патрон с диаметром  $D_n$  (рис. 1-а) наматывается отрезок пряжи длиной  $l_d$ . Образующиеся при этом витки 1 и 2 укладываются с шагами  $h_1$ ,  $h_2$  и  $h_3$  и перекрещиваются друг с другом. Эти витки образуют один элементарный слой на поверхности патрона. При этом расстояния между смежными витками, укладываемыми в одном направлении, равны соответствующим шагам витков. Все витки первого элементарного слоя непосредственно лежат на поверхности патрона. Все участки витка 2, кроме мест, расположенных на пересечении с витками 1, тоже лежат на поверхности патрона.

Далее происходит последовательное наматывание второго, третьего и последующих элементарных слоев, при этом заполняется промежуток между смежными витками первого элементарного слоя. Процесс заполнения продолжается до тех пор, пока расстояние между витками не достигнет определенного значения, после которого укладываемые витки перестанут касаться патрона, и начнется образование нового слоя (рис. 1-б). При этом расстояние между соседними витками уменьшается во столько раз, сколько циклов раскладки понадобилось, чтобы заполнить промежуток между витками первого элементарного слоя. В результате образуется заполненный слой.

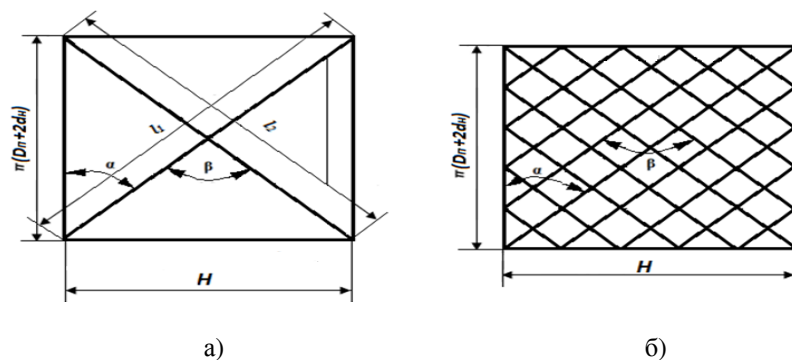


Рис. 2

На рис. 2 представлены развертки витков нити элементарного (а) и заполненного (б) слоя в начале наматывания. Как видно из рис. 2-б, основная часть всех витков, имеющих в слое, находится также в соприкосновении с поверхностью патрона. Только участки витков над местами пересечений не имеют такого контакта. Эти участки, по сравнению с контактирующими участками витков, незначительны. Поэтому с небольшой погрешностью толщину слоя  $\delta$  можно принять равной диаметру нити  $d_n$ . При этом, как видно из рис. 2-б, к концу формирования заполненного слоя диаметр намотки увеличивается на  $2d_n$ .

Формирование полной бобины происходит путем последовательного наматывания отдельных заполненных слоев на поверхность намотки. При достижении диаметром намотки определенного значения процесс формирования бобины завершается.

Пусть для наматывания нити длиной  $L$  на бобину нитераскладчик совершает  $M$  двойных ходов. Предположим, что длина нити, наматываемой на бобину за один цикл движения нитераскладчика  $l_{ц}$ , постоянна, и шаги витков нити за время цикла раскладки не изменяются (что справедливо при наматывании цилиндрических бобин).

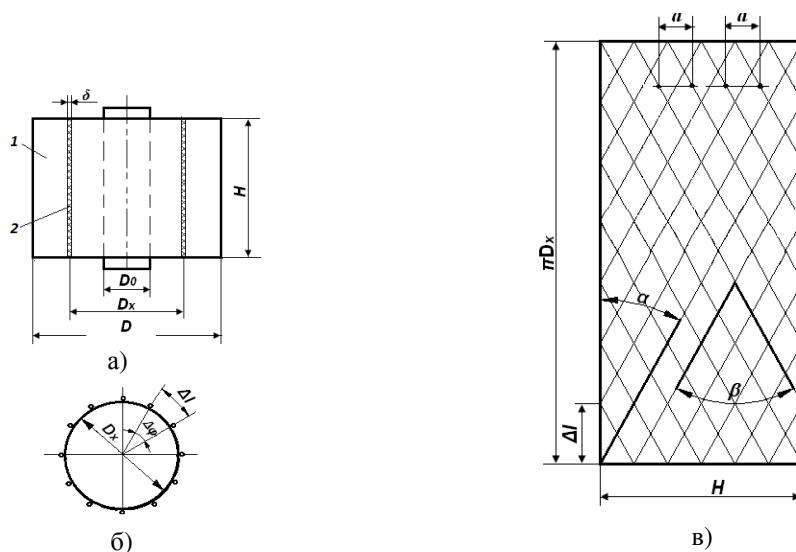


Рис. 3

На рис. 3 представлена расчетная схема для определения параметров строения бобины: а) – схема бобины; б) – схема положения точек поворота витков нити на торце бобины на участке выделенного слоя;

в) – развертка выделенного слоя на плоскую поверхность.

Выделим на произвольном диаметре  $D_x$  бобины 1 заполненный слой 2 с толщиной  $\delta$  и высотой  $H$  намотки. Далее производим

развертку выделенного слоя на плоскую поверхность (рис. 3). На рис. 3-б схематически представлены также точки поворота витков нити на торце бобины на диаметре  $D_x$ . Определим число  $m_c$  слоев на полной бобине по формуле:

$$m_c = (D - D_0) / 2\delta, \quad (1)$$

где  $D$  – наружный диаметр катушки;  $D_0$  – внутренний диаметр катушки.

Далее находим число циклов раскладки, то есть число двойных ходов нитеводителя  $M$ , необходимых для получения бобины с длиной нити:

$$M = L / \ell_c. \quad (2)$$

Затем вычисляем число циклов раскладки  $k$ , приходящееся на один слой катушки:

$$k = M / m_c. \quad (3)$$

Подставив значения  $m_c$  и  $M$  из (1) и (2) в (3) с учетом  $\delta = d_n$ , получим:

$$k = 2d_n L / [(D - D_0) \ell_c]. \quad (4)$$

В то же время число циклов раскладки  $k$  можно определить из рис 3-б по общеизвестной формуле:

$$k = \pi D_{cp} / \Delta \ell = \pi (D + D_0) / 2 \Delta \ell. \quad (5)$$

Решая уравнения (4) и (5) относительно  $\Delta \ell$ , получим:

$$\Delta \ell = \pi (D^2 - D_0^2) \ell_c / 4L d_n. \quad (6)$$

Для вычисления длины нити  $L$  (м) воспользуемся геометрическими размерами полной бобины. Исходя из этих данных, определим длину нити по следующей формуле:

$$L = 10^6 V \rho / T = 10^6 \pi N \rho (D^2 - D_0^2) / 4T, \quad (7)$$

где  $V$  – объем катушки бобины,  $m^3$ ;  $\rho$  – средняя плотность катушки бобины,  $kg/m^3$ ;  $T$  – линейная плотность нити, текс.

Подставив значения  $L$  в формулу (6), получим:

$$\Delta \ell = \ell_c T / (10^6 N \rho d_n). \quad (8)$$

Если учесть

$$d_n = 0,1C \sqrt{T},$$

то

$$\Delta \ell = \ell_c \sqrt{T} / (10^5 C N \rho), \quad (9)$$

где  $C$  – постоянный коэффициент, зависящий от рода пряжи.

Длина нити  $\ell_c$ , укладываемой за цикл раскладки, состоит из длины  $\ell_1$ , намотанной при ходе нитеводителя влево, и длины  $\ell_2$ , намотанной при ходе нитеводителя вправо.

Если принять  $\ell_1 = \ell_2 = \ell$ , то  $\ell_c = \ell_1 + \ell_2 = 2\ell$ . Из рис. 2-а:

$$\ell = H / (\sin \alpha). \quad (10)$$

Откуда

$$\ell_c = 2H / (\sin \alpha). \quad (11)$$

Подставив полученное значение  $\ell_c$  в (9), окончательно получим:

$$\Delta \ell = 2 \sqrt{T} / (10^5 C \rho \sin \alpha). \quad (12)$$

Подставив значения  $\Delta \ell$  в формулу (5), принимая при этом  $D_x$  вместо  $D_{cp}$ , можно определить число точек разворота нити на торце катушки за время образования слоя на произвольном диаметре бобины:

$$k_x = \pi D_x / \Delta \ell = 10^5 \pi D_x C \rho \sin \alpha / (2 \sqrt{T}). \quad (13)$$

При этом  $k_x$  совпадает с количеством двойных ходов нитеводителя и циклов раскладки в слое.

Определив величины  $k_x$ , можно легко вычислить длину нити, образующую слой на произвольном диаметре бобины:

$$L_c = k_c \ell_c = 10^4 \pi D_x C \rho \ell_c \sin \alpha / (2 \sqrt{T}). \quad (14)$$

Далее, зная число точек разворота нити на торце бобины для одного слоя намотки, можно определить расстояния между соседними витками, намотанными за время движения нитеводителя в одну сторону паковки.

Из рис. 3-в:

$$a = \Delta \ell \operatorname{tg} \alpha. \quad (15)$$

Подставляя значения  $\Delta \ell$  из формулы (12) в (15), получим:

$$a = 2\sqrt{T} \operatorname{tg} \alpha / (10^5 C \rho \sin \alpha). \quad (16)$$

Число витков нити в элементарном слое намотки при диаметре  $D_x$ , укладываемых за один двойной ход движения нитеводителя, можно вычислить по формуле, приведенной в [6]:

$$n_3 = 10^2 \ell_{\text{ц}} \cos \alpha / \pi D_x. \quad (17)$$

Как видно из формулы (17), при постоянном значении величины угла подъема  $\alpha$  с увеличением диаметра намотки число витков в элементарном слое увеличивается. При этом число витков  $n_{31}$ , укладываемых при движении нитеводителя в одну сторону паковки, составляет половину  $n_3$ . Следовательно,  $n_{31} = 0,5n_3$ .

Общее число витков, имеющих в заполненном слое, может быть определено по следующей формуле:

$$n_c = n_b K_x. \quad (18)$$

Подставив значения  $n_b$  и  $K_x$  из (17) и (13) в формулу (18), будем иметь:

$$n_c = 10^5 \ell_{\text{ц}} C \rho \sin 2\alpha / (4\sqrt{T}).$$

Учитывая, что  $2\alpha = \beta$ , окончательно получим:

$$n_c = 10^4 \ell_{\text{ц}} C \rho \sin \beta / (4\sqrt{T}), \quad (19)$$

где  $\beta$  – угол скрещивания витков нити.

Как видно из формулы (19), число витков в заполненном слое при постоянных

значениях  $\ell_{\text{ц}}$ ,  $\rho$  и  $\beta$  не зависит от диаметра намотки бобины.

Одним из показателей строения бобины, влияющим на качество окрашивания пряжи, является коэффициент заполнения намотки нитями. Этот параметр показывает долю объема намотки, занимаемого нитью в общем объеме бобины.

Зная длины нитей в слое, можно определить величину коэффициента заполнения на любом участке намотки бобины:

$$K_{\text{зс}} = V_{\text{нс}} / V_c, \quad (20)$$

где  $V_{\text{нс}} = (\pi d^2/4)L_c$  – объем слоя намотки, занимаемый нитями;  $V_c = \pi D_x d H_c$  – объем слоя намотки с размерами: длина –  $\pi D_x$ , ширина –  $H_c$  и высота –  $d$ .

Подставив значения  $V_{\text{нс}}$ ,  $V_c$  и  $L_c$  из (14) в (20), получим:

$$K_{\text{зс}} = (\pi d^2/4) (10^4 \pi D_x C \rho \ell_{\text{ц}} \sin \alpha / 2\sqrt{T}) / (\pi D_x d H_c).$$

Учитывая (11) и  $d_n = 0,1C\sqrt{T}$ , после преобразований получим:

$$K_{\text{зс}} = 785 C^2 \rho. \quad (21)$$

Из формулы (21) видно, что коэффициент заполнения зависит от удельной плотности намотки и вида пряжи. Следует отметить, что эта формула совпадает с формулой, выведенной в работе [7] (для паковок параллельной намотки). Указанные формулы выведены в предположении постоянной удельной плотности намотки, одинаковых значениях величины  $\Delta \ell$ . Кроме того, принято, что нить недеформируема и имеет круглую форму.

## ВЫВОДЫ

Предложен метод расчета параметров строения бобины обычной крестовой намотки, таких как число слоев, число витков и длины нити в слое намотки, и других параметров, исходя из линейной плотности, длины нити на бобине и удельной плотности намотки.

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006.

2. Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011.

3. Рудовский П.Н., Киприна Л.Ю., Нуриев М.Н. Методика количественной оценки параметров структуры намотки // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2005, № 11. С.27...30.

4. Рудовский П.Н. Анализ структуры намотки при фрикционном наматывании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №4. С. 56.

5. Карезо В.Д. Распределение плотности в цилиндрической бобине крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, №3.

6. Simon L., Hübner H. Vorbereitungstechnik für die Weberei, Wirkerei und Strickerei. VEB Fachbuchverlag. – Leipzig, 1983.

7. Фатдахов Р.М., Джahanгирова М. Г. О формировании и строении паковок параллельной намотки // Мат. Междунар. конф.: Текстильные материалы XXI века. – Санкт-Петербург, 2005. С.246...250.

1. Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolja osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – M., 2006.

2. Kiprina L.Ju., Rudovskij P.N. Ocenka kachestva struktury tekstil'nyh pakovok s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tehnologij. – Kostroma, 2011.

3. Rudovskij P.N., Kiprina L.Ju., Nuriev M.N. Metodika kolichestvennoj ocenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2005, № 11. S.27...30.

4. Rudovskij P.N. Analiz struktury namotki pri frikcionnom namatyvanii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1995, № 4. S. 56.

5. Karezo V.D. Raspredelenie plotnosti v cilindricheskoj bobine krestovoj namotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1970, №3.

6. Simon L., Hübner H. Vorbereitungstechnik für die Weberei, Wirkerei und Strickerei. VEB Fachbuchverlag. – Leipzig, 1983.

7. Fatdahov R.M., Dzhahangirova M. G. O formirovanii i stroenii pakovok parallel'noj namotki // Mat. Mezhdunar. konf.: Tekstil'nye materialy XXI veka. – Sankt-Peterburg, 2005. S.246...250.

Рекомендована кафедрой технологических машин и отраслевого оборудования. Поступила 05.10.15.