

УДК 677.023

**МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ НАМОТКИ НЕСОМКНУТОЙ СТРУКТУРЫ**

**METHOD FOR CALCULATING PARAMETERS
OF PARALLEL WINDING OF AN UNLOCKED STRUCTURE**

H.P. МАХМУДОВА

N.R. МАХМУДОВА

(Азербайджанский государственный экономический университет)

(Azerbaijan State University of Economics)

E-mail: maxmudova.nigar@mail.ru

Работа посвящена определению некоторых основных параметров строения паковок параллельной намотки. Рассмотрена структура паковок, получаемых в процессе наматывания группы нитей. Разработана методика расчета количества слоев, плотности нитей в радиальном и осевом направлениях паковки, а также коэффициента заполнения намотки. Получена взаимосвязь между объемной плотностью и коэффициентом заполнения при параллельной намотке.

The work is devoted to the determination of some basic parameters of the structure of parallel winding packages. The structure of packages obtained in the process of winding a group of threads is considered. A technique has been developed for calculating the number of layers, the density of filaments in the radial and axial directions of the package, as well as the fill factor of the winding. The relationship between bulk density and fill factor in parallel winding is obtained.

Ключевые слова: параллельная намотка, сновальный валик, слой намотки, плотность нитей, коэффициент заполнения.

Keywords: parallel winding, warping roller, winding layer, thread density, fill factor.

Параллельный способ наматывания одиночной нити и системы нитей применяется для формирования цилиндрических паковок различной формы и размеров, таких как катушки, сновальные валики или барабаны сновальных машин, ткацкие навои и др. Эффективность проведения процессов, где применяются эти паковки, и качество выпуска-

емых изделий в значительной степени зависят от качества намотки паковок и их структуры [1], [2].

Параллельная намотка имеет структуру с определенным расположением нитей на теле паковки. Три наиболее характерных случая показаны на рис. 1 [3].

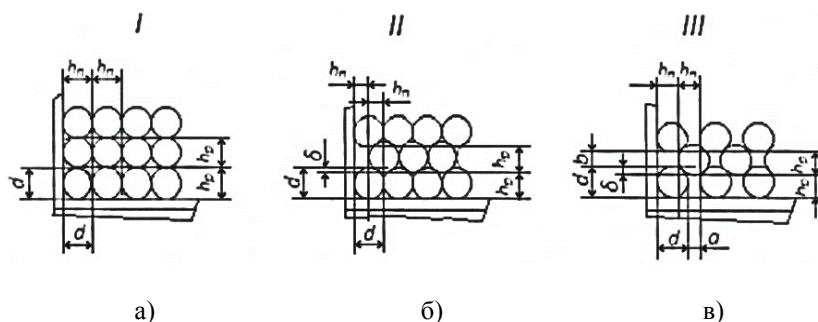


Рис.1

На рис. 1-а показан случай I, при котором витки расположены без просвета между нитями. В этом случае толщина слоев h_p и h_n в радиальном и осевом направлениях паковки равны диаметру d нити. В случае рис. 1-б нити расположены также без просвета. Однако, в отличие от случая I, здесь витки верхнего слоя смещены на половину диаметра нити относительно витков нижнего смежного слоя. При этом толщина h_n продольного слоя, как видно из рис. 1-б, равна половине диаметра $d/2$ нити, а толщина h_p радиального слоя равна $d-\delta$. Поскольку в этом случае величина $\delta = 0,134d$, то, следовательно, $h_p = d - \delta = 0,866d$ [4]. III случай расположения витков нитей (рис. 1-в) является общим случаем, в котором между смежными нитями имеются расстояния a и b в продольном и радиальном направлениях паковки.

Одной из первых работ по изучению структуры намотки и процесса формирования паковок параллельной намотки является работа [5], в которой проведены анализ и тщательные исследования процесса формирования и строения сновального валика и ткацкого навоя. Автором представлены формулы для определения параметров струк-

туры намотки, выведенные из геометрических условий расположения нити на теле паковки. При этом рассматривались I и II случаи расположения нитей, представленные на рис. 1-а и 1-б.

Одним из параметров строения намотки сновального валика является плотность нитей (число нитей на 1 см) в осевом и радиальном направлениях намотки. Значения этих параметров для случая III расположения нитей в намотке можно определить по формулам:

$$P_n = M_{пф} / H, \quad (1a)$$

или

$$P_n = 1 / (d + a); \quad (1б)$$

$$P_p = 2M_{рф} / (D - D_0), \quad (2a)$$

или

$$P_p = 1 / (d + b), \quad (2б)$$

где P_n и P_p – плотности нитей в осевом и радиальном направлениях паковки; $M_{пф}$ и $M_{рф}$ – фактическое число витков нитей в одном слое по ширине и по радиусу намотки соответственно; H – ширина намотки; D и D_0 – радиус намотки и ствола валика; a и b – рас-

стояния между смежными витками нитей в осевом и радиальном направлениях намотки.

Для расчета величины $M_{пф}$ и $M_{рф}$ прежде всего определяется количество витков m_b , намотанных на валик для получения намотки с необходимой длиной нити. С одной стороны, эту величину можно рассчитать по формуле:

$$m_b = \frac{L}{l_{cp}} = \frac{2L}{\pi(D + D_0)}, \quad (3)$$

а с другой:

$$m_b = \frac{D - D_0}{2h_c}, \quad (4)$$

где L – длина одной нити, наматываемой на валик; l_{cp} – средняя длина одного витка нити по диаметру намотки, определяемая выражением $l_{cp} = \frac{D + D_0}{2}$; h_c – средняя толщина одного слоя намотки.

Из уравнения (4) видно, что при постоянном диаметре намотки число витков нитей зависит от характера расположения нитей в намотке. Как видно из рис. 1-а, в I случае расположения нитей число витков равно $(D - D_0)/2d$, а в случае II – $(D - D_0)/1,732d$, так как при этом $h_c = 0,866d$ [4].

Из условия равенства левых частей уравнений (3) и (4) можно определить толщину h_c слоя намотки по формуле:

$$h_c = \pi(D^2 - D_0^2) / 4L. \quad (5)$$

Формулы (3)...(5) могут применяться для расчета намотки одиночной нити и нитевидных материалов, используемых в текстильной, электро- и радиотехнической и других областях промышленности.

Длину нити, наматываемую на паковку, можно рассчитать по формуле:

$$L = \frac{10^3 G}{TM} = \frac{10^3 \mu \pi N (D^2 - D_0^2)}{4TM}, \quad (6)$$

где m – масса намотки валика, кг; T – линейная плотность нити, текс; M – число на-

матываемых на валик нитей; μ – средняя удельная плотность намотки, кг/м³.

Подставив это выражение в (5), получим связь между толщиной слоя и структурными параметрами намотки:

$$h_c = \frac{TN}{10^3 M \mu}. \quad (7)$$

В формуле (7) отношение N/M представляет собой плотность P_n наматываемых на паковку нитей. Заменяя его на P_n в формуле (7), получим:

$$h_c = \frac{TP_n}{10^3 \mu}. \quad (8)$$

Полученная формула позволяет с достаточной точностью определить толщину одного слоя нитей параллельной намотки по длине паковки. Как видно из формулы (8), с увеличением линейной плотности нити и плотности наматывания нитей увеличивается толщина слоя. Величина h_c обратно пропорциональна удельной плотности намотки.

Наиболее важная особенность уравнения (8) заключается в том, что значения параметров, которые оно содержит, являются истинными значениями уже сформированной паковки, в структуре которой косвенно отражены все деформации и другие явления, возникающие в нити и в намотке. Поэтому оно позволяет достаточно точно и надежно определить толщину слоя, которая является важным фактором при исследовании строения параллельной намотки паковок любой формы.

Из количества витков m_b на поверхности валика образуется несколько радиальных слоев n_p с толщиной h_c , число которых можно определить выражением $n_p = d/h_c$. Результат расчета округляется до большого целого числа.

При этом фактическое число нитей $M_{ф.р}$ в одном радиальном слое можно рассчитать по формуле $M_{ф.р} = m_b/n_c$. Чтобы определить количество витков $M_{ф.п}$ в одном заполненном слое по ширине паковки, нужно умножить n_p на число M наматываемых на валик нитей. Следовательно, $M_{ф.п} = M n_p$. Подстав-

ля $M_{ф.п}$ и $M_{ф.р}$ в формулы (1а) и (2а), можно определить плотность нитей P_n и P_p . Далее, решая уравнения (1б) и (2б) относительно a и b , получаем следующие формулы:

$$a = (1/P_n) - d, \quad (9)$$

$$b = (1/P_p) - d. \quad (10)$$

Следует отметить, что величины a и b , определяемые по формулам (9) и (10), являются усредненными из-за того, что межслойные давления на теле намотки распределены неравномерно и уменьшаются с увеличением диаметра намотки [6], [7]. Под воздействием вышележащих слоев на нижние возникает смятие в нитях, в результате чего цилиндрическая форма нити несколько изменяется и приобретает эллиптическую форму. В результате этого уменьшается плотность нитей в продольном направлении и увеличивается в радиальном направлении паковки. В итоге остается неизменным количество витков нитей в намотке при постоянной длине нити.

Зная величины параметров a и b , можно определить коэффициент заполнения намотки, характеризующий степень пористости тела паковок и считающийся важным фактором при влажной обработке (белении, крашении и сушке) нитей. Этот параметр определяет свойство сжимаемости и применяется при исследовании напряженного состояния тела намотки [8].

Коэффициент заполнения принимается как доля объема V_n , занимаемого нитями в общем объеме намотки V_0 , или же как площадь поперечного сечения S_n , приходящаяся на единицу площади сечения намотки S_0 . Исходя из этого, коэффициент заполнения функционально будет представлен в виде:

$$K_3 = \frac{V_n}{V_0}, \quad (11a)$$

или

$$K_3 = \frac{S_n}{S_0}. \quad (11б)$$

Для определения величины коэффициента заполнения в [4...6] предложен ряд фор-

мул, полученных на основе геометрических условий формы и расположения нитей в теле намотки. Однако приведенные формулы получены для I и II случаев расположения витков нитей в намотке. Только в [4] было учтено влияние параметров a и b на величину коэффициента заполнения намотки и предложена формула с небольшим допущением.

Для расчета коэффициента заполнения принимаем выражение (11б).

Для этого рассчитаем число нитей, приходящихся на $S_0 = 1 \text{ см}^2$ сечения намотки. Число нитей k , находящихся на этой площади, будет равно $k = P_n P_p$. Тогда площадь поперечного сечения, занятая нитями, бу-

$$\text{дет } S_n = \frac{\pi d^2}{4} P_n P_p.$$

Подставив значения P_n и P_p из (1б) и (2б), в (11б) будем иметь:

$$K_3 = \frac{\pi d^2}{4(d+a)(d+b)}. \quad (12)$$

Формула (12) является общей для расчета коэффициента заполнения параллельной намотки всех видов паковок. Рассмотрим ее применительно к частным случаям I и II сомкнутой параллельной намотки.

В случае I, когда расстояния a и b между смежными нитями равны нулю (рис. 1-а), формула (11) принимает вид $K_3 = \pi/4 = 0,785$. В случае II также промежутки a и b равны нулю, однако в этом случае, как видно из рис. 1-б, толщина радиального слоя равняется $h_p = d - \delta = 0,866d$. Тогда плотность нитей в радиальном направлении будет $P_p = 1/0,866d$. Следовательно, $K_3 = \pi d^2 / [4d(d - 0,134d)] = \pi/4 \cdot 0,866 = 0,906$. Полученные результаты точно совпадают с данными, приведенными в работах [4...6].

Заменяя в формуле (12) $1/(d+a)$ и $1/(d+b)$ на P_n и P_p соответственно и выражая диаметр нити через $d = 0,1 \text{ см} \sqrt{T}$, получим:

$$K_3 = 0,785 \cdot 10^{-2} C^2 T P_{nf} P_{vf}. \quad (13)$$

Как видно из уравнений (11) и (13), значение коэффициента заполнения намотки зависит от линейной плотности и рода мате-

риала нити, от взаимного расположения нитей, от размеров и формы намотки.

Между коэффициентом заполнения K_3 и удельной плотностью намотки μ имеется взаимосвязь в виде $K_3 = 785C^2\mu$ [4]. Разрешив это уравнение относительно μ и подставив значения K_3 из формул (11) и (13), получим:

$$\mu = d^2/[10^3C^2(d+a)(d+b)], \quad (14)$$

$$\mu = 10^{-5}P_{h.f}P_{v.f}T. \quad (15)$$

Таким образом, получены формулы для определения величины удельной плотности параллельной намотки сомкнутой и несомкнутой структуры.

Наиболее важной особенностью уравнений (11)...(15) является то, что значения параметров, которые они содержат, представлены фактическими значениями структуры уже сформированной паковки, в которой отражены все деформации и другие явления, возникающие в нити и в намотке. Поэтому эти уравнения позволяют достаточно точно определить толщину слоя нитей параллельной намотки любой формы паковки.

ВЫВОДЫ

1. Разработан аналитический метод определения основных параметров строения параллельной намотки сомкнутой и несомкнутой структуры. Предложены формулы, позволяющие более точно определить толщину слоя параллельной намотки, являющейся важным фактором при анализе и исследовании структуры паковок.

2. Получены формулы для определения величины коэффициента заполнения намотки в общем случае расположения нитей.

3. Установлена функциональная связь между плотностью и коэффициентом заполнения параллельной намотки и предложены общие формулы для расчета плотности параллельной намотки всех видов, в зависимости от расположения нитей.

ЛИТЕРАТУРА

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. Зайцев В.П. О структуре намотки сновальных валиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1969, №4. С. 65...68.

4. Фатдахов Р.М., Джухангирова М.Г. О формировании и строении параллельных паковок // Мат. Междунар. конф.: Волокнистые материалы – XXI век. – Санкт-Петербург, 2005.

5. Зайцев В.П. Исследование структуры намотки и процесса формирования партионных сновальных валиков: Дис.... канд. техн. наук. – Ленинград: ЛИТЛП им. С.М. Кирова, 1970.

6. Рудовский П.Н. Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании: Дис....докт. техн. наук. – Кострома, 1996.

7. Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Расчет рассеяния энергии колебаний в цилиндрической текстильной паковке с параллельной намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 4. С. 61...65.

8. Nuriyev M.N., Aslanov Z.Y., Abdullayeva S.M., Zeynalova M.S. Development of methods and tools for textile package structure control // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – V.10, Is.01, 2019. P.1588...1594. ID: IJMET_10_01_162 http://v.vv.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/IJMET_10_01_162/IJMET_10_01_162.pdf

REFERENCES

1. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolya osnovnykh parametrov tekstil'nykh pakovok. – M., 2006.

2. Kiprina L.Yu., Rudovskiy P.N. Otsenka kachestva struktury tekstil'nykh pakovok s ispol'zovaniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy. – Kostroma, 2011.

3. Zaytsev V.P. O strukture namotki snoval'nykh valikov // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1969, №4. S. 65...68.

4. Fatdakhov R.M., Dzhakhangirova M.G. O formirovani i stroenii parallel'nykh pakovok // Mat. Mezhdunar. konf.: Voloknistye materialy – XXI vek. – Sankt-Peterburg, 2005.

5. Zaytsev V.P. Issledovanie struktury namotki i protsessa formirovaniya partionnykh snoval'nykh valikov: Dis.... kand. tekhn. nauk. – Leningrad: LITLP im. S.M. Kirova, 1970.

6. Rudovskiy P.N. Teoreticheskie osnovy formirovaniya tekhnologicheskoy otsenki pakovok pri friktsionnom namatyvanii: Dis....dokt. tekhn. nauk. – Kostroma, 1996.

7. Labay N.Yu., Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Raschet rasseyaniya energii kolebaniy v tsilindricheskoy tekstil'noy pakovke s parallel'noy namotkoy niti // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, № 4. S. 61...65.

8. Nuriyev M.N., Aslanov Z.Y., Abdullayeva S.M., Zeynalova M.S. Development of methods and tools for textile package structure control // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). –

V.10, Is.01, 2019. P.1588...1594. ID: IJMET_10 01_162
[http://v\vv.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder
IJMET 10 01 162/IJMET 10 01 162.pdf](http://v\vv.iaeme.com/MasterAdmin/UploadFolder/IJMET 10 01 162/IJMET 10 01 162.pdf)

Рекомендована кафедрой технологических машин и отраслевого оборудования. Поступила 11.07.19.
