

**МЕТОД КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ  
ПУТЕМ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

**THE METHOD OF CONTROLLING THE STRUCTURE OF THE WINDING  
BY ANALYZING THE KINEMATIC PARAMETERS  
OF THE WINDING MECHANISM**

Г.З. ДЖАББАРОВА, Э.ДЖ. ХАЛИЛОВ, М.Н. НУРИЕВ

G.Z. DZHABBAROVA, E.J. KHALILOV, M.N. NURIEV

(Азербайджанский государственный экономический университет,  
Азербайджанской технической университет)

(Azerbaijan State Economic University,  
Azerbaijan Technical University)

E-mail: ganin.cabbarova@mail.ru; esminkhalilov@yahoo.com; mehman62@mail.ru

*Рассмотрен предложенный авторами метод контроля структуры намотки, формируемой с помощью фрикционных мотальных механизмов, в состав которых входят устройства для рассеивания жгутовой намотки. Показано, что с помощью такого метода можно количественно оценить качество структуры намотки, используя единичный показатель "число витков в дефектах намотки". На основе полного факторного эксперимента, проведенного с использованием этого параметра в качестве выходного, установлены рациональные режимы работы механизма рассеивания жгутовой намотки с синусоидальным изменением скорости нитеводителя.*

*The method proposed by the authors for controlling the structure of the winding formed using friction winding mechanisms, which include devices for dispersing the bundle winding, is considered. It is shown that using this method it is possible to quantify the quality of the winding structure using a single indicator "the number of turns in winding defects". Based on the full factorial experiment conducted using this parameter as the output, rational operating modes of the dispersion mechanism of the bundle winding with a sinusoidal change in the speed of the yarn guide are established.*

**Ключевые слова:** крестовая намотка, жгутовая намотка, структура намотки, рассеивание жгутов, изменение скорости нитеводителя.

**Keywords:** cross winding, bundle winding, winding structure, dispersion of bundles, change of thread guide speed.

Анализ процесса образования дефектов структуры намотки детально описан в [1...3], где показано, что дефектная намотка возникает в случае выполнения соотношения:

$$|(mL - \pi Dn) \sin \beta| \leq kd_n, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр бобины;  $L$  – длина волны кривой укладки витка на поверхности бобины;  $\beta$  – угол подъема витка;  $d_n$  – диаметр наматываемой нити;  $m$  и  $n$  – простые числа (1...6), характеризующие кратность жгутовой намотки.

Это соотношение можно использовать на этапе проектирования мотального механизма и только в том случае, когда в его состав не включают специальное устройство для рассеивания дефектной намотки. На практике для анализа структуры намотки применяют экспериментальные методы [4...6].

Наиболее точным методом контроля качества структуры намотки является метод, основанный на контроле кинематических параметров [7], то есть частоты вращения бобины и частоты движения нитеводителя.

Разделим обе части выражения (1) на  $Ln$ , в результате чего получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{\pi D}{L} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}. \quad (2)$$

Разделив числитель и знаменатель второго члена в левой части выражения (2) на линейную скорость бобины, получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_b}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{nL \sin \beta}, \quad (3)$$

где  $T_b$  и  $T_p$  – время одного оборота бобины и период движения нитеводителя.

Длина волны  $L$  кривой укладки витка на поверхности бобины является константой, зависящей от наладки и конструктивных параметров мотального механизма, которую можно рассчитать по формуле:

$$L = \frac{2H}{\sin \beta}, \quad (4)$$

где  $H$  – величина хода нитеводителя.

Подставив значение  $L$  в (3), получим:

$$\left| \frac{m}{n} - \frac{T_b}{T_p} \right| \leq \frac{kd_n}{2nH}. \quad (5)$$

Полученное выражение можно использовать для контроля структуры намотки в процессе работы мотального механизма. На рис. 1 изображена кинематическая схема мотального механизма с фрикционным приводом паковки, позволяющим контролировать структуру намотки.

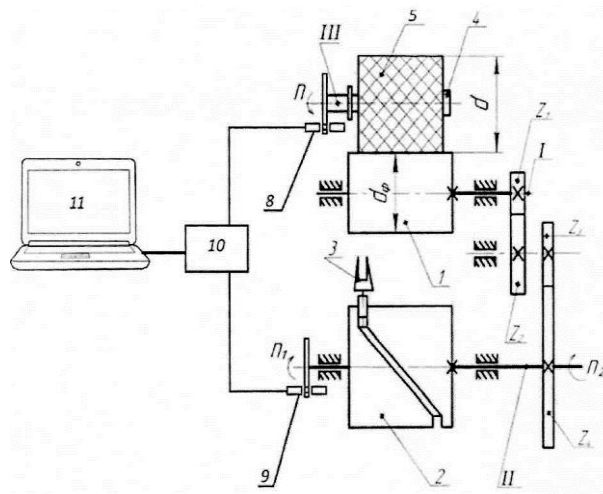


Рис. 1

Механизм состоит из мотального барабанчика 1, с поверхностью которого контактирует наматываемая бобина 5. Мотальный барабанчик посредством зубчатых передач  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  и  $Z_4$  кинематически связан с кулаком раскладчика 2. В пазе этого кулака располагается глазок нитеводителя 3. Бобина наматывается на патрон 5, который установлен на валу III бобинодержателя (на схеме не показан).

Для контроля структуры намотки на вал III бобины установлен датчик 8, выдающий один импульс за каждый оборот бобины. А на вал II кулака раскладчика установлен датчик 9, выдающий импульс за один двойной ход нитеводителя. Очевидно, что время между двумя последовательно поступающими от датчика 8 импульсами равно  $T_b$ , а время между импульсами, поступающими от датчика 9, равно  $T_p$ .

Обработка сигналов, поступающих от датчиков 8 и 9, сводится к проверке условия (5). При этих проверках значения  $m$  и  $n$  устанавливаются независимо друг от друга последовательно в диапазоне от 1 до 6. В [1] показано, что при больших значениях дефекты намотки, образующиеся при наложении нитей друг на друга, практически незаметны и не влияют на сход нити с паковки при ее разматывании. Для проведения такой проверки используется микропроцессор 10, который передает результаты обработки в компьютер 11 для окончательной обработки, визуализации и хранения.

Текущий диаметр намотки можно рассчитать по известной величине  $T_6$  с использованием формулы:

$$D = \pi v T_6, \quad (6)$$

где  $v$  – скорость наматывания.

Измерение проводится с интервалом, равным времени двойного хода нитеводителя. Обработка сигналов осуществляется в режиме реального времени.

Рассчитаем шаг изменения диаметра наматывания. Массу кольцевого слоя, укладываемого в намотку за один двойной ход нитеводителя, рассчитаем по формуле:

$$M = n\gamma D\Delta R, \quad (7)$$

где  $\gamma$  – плотность намотки;  $D$  – диаметр слоя намотки;  $\Delta R$  – приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя.

Массу нити, которая укладывается в намотку за один двойной ход нитеводителя, рассчитаем по формуле:

$$M = \frac{2HT}{10^6 \pi \gamma \sin \beta}, \quad (8)$$

где  $H$  – высота намотки;  $T$  – линейная плотность наматываемой нити;  $\beta$  – угол подъема витка.

Приравняв левые части выражений (7) и (8), найдем приращение радиуса намотки за один двойной ход нитеводителя:

$$\Delta R = \frac{2HT}{10^6 \pi \gamma \sin \beta}. \quad (9)$$

Это небольшая величина. Так, для намотки на пневмомеханических прядильных машинах ВД-200 любой модификации она составляет от 0,0022 до 0,0088 мм, в зависимости от диаметра наматывания. Таким образом, намотка формируется в среднем за 45000 ходов нитеводителя. Результаты анализа для каждого значения  $m$  и  $n$  будут представлять собой файл с соответствующим количеством нулей (условие (5) не выполняется) и единиц (условие (5) выполняется), то есть всего около 1620000 значе-

ний. Для удобства анализа представляется целесообразным сгруппировать приращение диаметра по 60 ходов нитеводителя, и рассчитывать количество дефектов намотки в соответствующем интервале. В этом случае структуру намотки каждого значения  $m$  и  $n$  можно проиллюстрировать графиком, на котором по оси абсцисс будет откладываться диаметр намотки, а по оси ординат количество витков, для которых выполняется условие (5). Для полного описания структуры намотки графики, относящиеся к разным значениям  $m$  и  $n$ , нужно просуммировать.



Рис. 2

В качестве примера на рис. 2 приведен график, характеризующий структуру намотки бобины, полученной на прядильной самокруточной машине ПСК-225ШГ2.

Из приведенного графика видно, что на некоторых диаметрах намотки наблюдается большое количество совпадающих витков. На этих диаметрах формируются дефекты намотки в виде жгутов. По приведенному графику или на основании данных, по которым он был построен, можно проводить объективную количественную оценку качества намотки.

Для окончательного вывода о качестве намотки необходимо предложить методику анализа первичных данных, получаемых по результатам анализа кинематических параметров мотального механизма, например, таких, как приведенные на графике рис. 2.

Как правило, при оценке намотки эксперты оперируют качественными понятиями, причем часто их мнения относительно одного и того же объекта могут отличаться друг от друга. Для получения объективных количественных характеристик качества структуры паковки необходимо формализовать процесс формирования оценки экспертом, для чего следует выявить всевозможные зависимости, которыми они руководст-

вуются при вынесении решения. На основе этих зависимостей необходимо разработать совокупность правил, позволяющих однозначно определять величину негативного влияния дефектов структуры на качество намотки, и таким образом сформировать базу знаний.

В [3] показано, что в качестве объективного критерия для оценки дефектов структуры намотки в виде жгутов и ленты можно использовать количество нитей в жгуте. Эту величину можно рассчитать по следующему алгоритму, который иллюстрируется рис. 2.

1. На основании экспертного опроса устанавливается минимально допустимое количество нитей в дефекте намотки, то есть такое, при котором жгут или лента не оказывают существенного влияния на ход технологического процесса или качество нитей. На рис. 2 этот уровень показан красной линией.

2. На каждом диаметре намотки определяется количество нитей в дефекте (вертикальные линии на рис. 2).

3. Производится сравнение высоты вертикальных линий с допустимым уровнем.

4. Производится подсчет и суммирование высот вертикальных линий, превышающих допустимый уровень.

5. Полученное число однозначно характеризует качество намотки и может использоваться как единичный показатель, характеризующий структуру намотки.

В [8] разработана математическая модель формирования намотки с синусоидальным изменением скорости нитеводителя и показана ее высокая эффективность для машины ВД-200S. Оценим пригодность этой модели, а также определим минимальные значения амплитуды изменения угла подъема витка  $\Delta\beta$  и периода  $T_{\text{ц}}$  его изменения, обеспечивающие высокоэффективное устранение жгутовой намотки.

Эксперименты по определению рациональных режимов механизма рассеивания проводились на мотальном стенде, моделирующем условия намотки на прядильно-крутильной машине ПК-100-МЗ. При создании стенда ставились следующие задачи.

1. Моделирование рассеивания при периодическом изменении усилия прижима бобины к мотальному валу.

2. Моделирование рассеивания при периодическом подтормаживании мотального вала.

3. Моделирование рассеивания при синусоидальном изменении угла подъема витка.

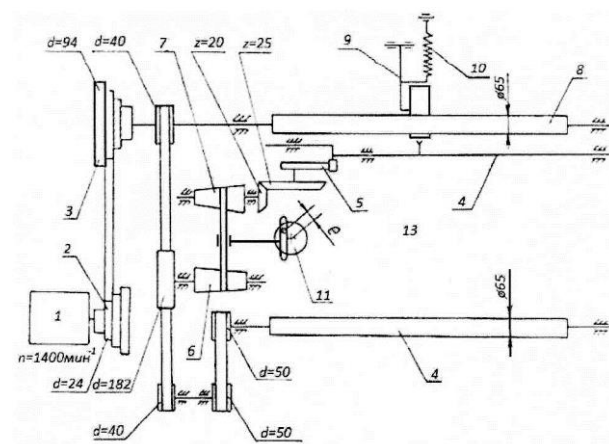


Рис. 3

Кинематическая схема мотального стенда показана на рис. 3.

Все рабочие органы получают движение от электродвигателя 1 через плоскоремennую передачу со ступенчатыми шкивами 2 и 3, которые позволяют устанавливать скорость намотки 74...300 м/мин. Раскладка нити производится штангой 4, проходящей вдоль мотального вала. На штанге расположены глазки нитеводителей. Привод штанги осуществляется от плоского кулака 5. Изготавливая кулаки с разным профилем и эксцентриситетом, можно моделировать намотку на различных машинах с шириной намотки вплоть до 150 мм. В настоящей работе использовалась намотка шириной 80 мм, моделирующая паковку машины ПК-100МЗ. В приводе к штанге нитеводителя также имеется коноидная передача 3 и 4, позволяющая варьировать значениями угла подъема витка в намотке в пределах 12...19° путем фиксации положения отводки в определенном положении. Мотальный вал 8 диаметром 65 мм установлен на подшипниках качения. На его левом конце с возможностью вращения посажен шкив 3 плоскоремennой передачи. Формируемые паковки устанавливались на рычаге бобинодержателя 9, который с помощью пружины растяжения 10 прижимался к мотальному валу.

При проведении экспериментов использовалась хлопчатобумажная пряжа с линейной плотностью 25×2 текс, выработанная на прядильно-крутильной машине, то есть на стенде она перематывалась.

Изменение угла подъема витка осуществлялось путем изменения положения ремня на коноидах с помощью эксцентрикового механизма.

Амплитуда этого изменения устанавливалась изменением эксцентриситета  $e$ , а пе-

риод изменения угла подъема витка – угловой частотой вращения эксцентрика 11, получающего движение от отдельного регулируемого привода.

Изменение уровней факторов проводили по плану ПФЭ-2<sup>2</sup>. Матрица планирования приведена в табл. 1. Выходным параметром служило суммарное количество нитей в дефектах намотки, превышающих допустимое значение (красная линия на рис. 2), которое принималось равным 10.

Т а б л и ц а 1

№ варианта	Факторы				Значения выходного параметра (число витков в дефектах намотки) Y				
	амплитуда		период						
	Δβ, %	код. знач. X <sub>1</sub>	T <sub>ц</sub> , ходов нитеводителя	код. знач. X <sub>2</sub>	повторности			средн.	дисп.
					1	2	3		
1	1	-	5	-	149	147	150	148,7	2,3
2	10	+	5	-	25	27	21	24,3	9,3
3	1	-	40	+	88	94	87	89,7	14,3
4	10	+	40	+	3	6	8	5,7	6,3

По результатам обработки полного факторного эксперимента получено следующее регрессионное уравнение в кодированных значениях факторов:

$$Y=67,08-52,08X_1-19,42X_2+10,08X_1X_2. \quad (10)$$

Как следует из полученного уравнения, наиболее значимым фактором является изменение угла раскладки X<sub>1</sub>(Δβ).

Регрессионное уравнение для расчета количества витков в дефектах намотки при синусоидальном изменении угла подъема витков в натуральных значениях факторов имеет вид:

$$Y=172,26-14,42\Delta\beta-1,9T_{ц}+0,128\Delta\beta T_{ц}. \quad (11)$$

Это уравнение позволяет, задаваясь значением одного из факторов и допустимым значением выходного параметра Y, рассчитать рациональное значение другого фактора, обеспечивающего отсутствие дефектов намотки.

Поскольку допустимое количество витков во всех дефектах принималось равным 10, то нижнее возможное значение периода изменения угла раскладки можно принять

равным этому значению, то есть T<sub>ц</sub>= 10. Тогда из уравнения (11) Δβ=8,3%. При T<sub>ц</sub>= 20 требуемое значение Δβ = 5,3%. Эти технологические параметры положены в основу при проектировании нового предлагаемого механизма раскладки.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М., 2006.
2. 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.
3. Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. – Кострома, 2011.
4. Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 111...113.
5. Rudovsky P.N. Control of package build in random winding // Melliand Textilberichte. – V. 78, № 3, 1997. P. 138...141+E30-E31.
6. Соркин А.П., Рудовский П.Н. Наматывание ровницы без принудительного привода катушек на ровничных машинах. – Кострома, 2015.

7. Нуриев М.Н., Джаббарова Г.З. Использование кинематических параметров мотального механизма для контроля структуры намотки // Технологии и качество. – 2018, №2. С.3...7.

8. Джаббарова Г.З., Нуриев М.Н. Формирование паков с синусоидальным изменением скорости нитеводителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 176...180.

#### REFERENCES

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

2. Rudovskiy P.N., Kiprina L.Yu., Nuriev M.N. Metodika kolichestvennoy otsenki parametrov struktury namotki // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2005, № 11. S. 27...30.

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

4. Denisov A.R., Kiprina L.Yu., Rudovskiy P.N. Primenenie metodov klaster'nogo analiza dlya kontrolya kachestva pakovok krestovoy namotki // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2006, № 4S. S. 111...113.

5. Rudovsky P.N. Control of package build in random winding // Melliand Textilberichte. – V. 78, № 3, 1997. P. 138...141+E30-E31.

6. Sorkin A.P., Rudovskiy P.N. Namatyvanie rovnytsy bez prinuditel'nogo privoda katushek na rovnichnykh mashinakh. – Kostroma, 2015.

7. Nuriev M.N., Dzhabbarova G.Z. Ispol'zovanie kinematcheskikh parametrov motal'nogo mekhanizma dlya kontrolya struktury namotki // Tekhnologii i kachestvo. – 2018, №2. S.3...7.

8. Dzhabbarova G.Z., Nuriev M.N. Formirovanie pakovok s sinusoidal'nym izmeneniem skorosti nitevoditelya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, №2. S. 176...180.

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации АГЭУ. Поступила 14.12.18.