УДК 677.017:681.5
DOI 10.47367/0021-3497_2025_2_216

АНАЛИЗ МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С РАССЕИВАНИЕМ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НАМОТКИ ПУТЕМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА МОТАЛЬНОГО БАРАБАНЧИКА

ANALYSIS OF WINDING MECHANISM WITH DISPERSION OF WINDING STRUCTURE DEFECTS BY PERIODIC CHANGES OF THE WINDING DRUM DIAMETER

И.А. ХАЛИЛОВ, Г.З. ДЖАББАРОВА

I.A. KHALILOV, G.Z. DZHABBAROVA

(Азербайджанский технический университет)

(Azerbaijan Technical University)

E-mail: khalilov@aztu.edu.az; qenire.cabbarova@mail.ru

В статье рассматривается мотальный механизм с фрикционным приводом паковки, предназначенный для машин с постоянной скоростью выпуска продукта. Показано, что для обеспечения качественной намотки такой механизм должен снабжаться устройством рассеивания дефектов структуры в виде жгутовой и ленточной намотки. Предложен оригинальный способ устранения дефектов структуры, основанный на периодическом увеличении диаметра мотального барабанчика. Установлено, что основными факторами, влияющими на эффективность работы рассеивающего устройства, являются амплитуда и период изменения диаметра мотального барабанчика. Для выявления рациональных режимов работы рассеивающего устройства проведен факторный эксперимент второго порядка. В результате эксперимента получена регрессионная модель зависимости обобщенного показателя качества структуры намотки от амплитуды и периода изменения диаметра мотального барабанчика. Установлено, что наибольший эффект рассеивания дефектов структуры достигается при амплитуде изменения диаметра мотального барабанчика $\Delta d_Б$=1 мм и периоде изменения T=22,5 хода нитеводителя. Наглядно представлено изменение структуры намотки за счет применения рассеивающего устройства.

The article considers a winding mechanism with a friction drive of the package, designed for machines with a constant speed of product output. It is shown that in order to ensure high-quality winding, such a mechanism should be equipped with a device for dissipating structural defects in the form of a rope and tape winding. An original method for eliminating structural defects based on a periodic increase in the diameter of the winding shaft is proposed. It is found that the main factors affecting the efficiency of the dissipating device are the amplitude and period of change in the diameter

of the winding shaft. A second-order factorial experiment was conducted to identify rational operating modes of the dissipating device. Because of the experiment, a regression model was obtained for the dependence of the generalized indicator of the winding structure quality on the amplitude and period of change in the diameter of the winding shaft. It was found that the greatest effect of dissipation of structural defects is achieved with an amplitude of change in the diameter of the winding shaft $\Delta d_Б$=1 mm and a period of change T=22.5 of the thread guide stroke. The change in winding structure due to the use of a scattering device is clearly shown.

Ключевые слова: структура намотки, дефекты структуры, показатель качества структуры намотка, прогнозирования структуры намотки, амплитуда изменения диаметра, период изменения диаметра.

Keywords: winding structure, structure defects, winding structure quality indicator, winding structure prediction, diameter change amplitude, diameter change period.

На ряде машин прядильного производства, имеющих постоянную скорость выпуска, жестко определяемую технологическим процессом формирования продукта, таких как прядильные пневмомеханические, прядильные самокруточные, прядильно-крутильные и др., широко применяют мотальные механизмы с фрикционным приводом паковок. Известно, что структура паковок крестовой намотки зависит от передаточного отношения между бобиной и мотальным валом [1]. В процессе формирования паковки диаметр ее увеличивается и передаточное отношение плавно изменяется в довольно широком диапазоне. При этом передаточное отношение принимает значения, выражаемые дробью, числитель которой показывает, через какое число оборотов бобины виток будет уложен на то же самое место. Если числитель находится в диапазоне от 1 до 6, на поверхности намотки формируется валик из витков, уложенных последовательно друг на друга, так называемая жгутовая намотка [2]. Она имеет увеличенную плотность и представляет собой дефект намотки, который создает неравномерное натяжение при размотывании и препятствует проникновению растворов при жидкостной обработке паковок. По мере увеличения числителя этот валик становится меньше и при значениях более 6 существенно не влияет на качество паковки.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности устройства, использующего новый способ устранения дефектов структуры путем периодического изменения диаметра мотального барабанчика, и разработка математической модели, позволяющей определить рациональные режимы его работы.

Для реализации нового способа формирования паковки используется барабанчик с канавками, а для устранения жгутовой намотки периодически изменяют частоту вращения бобины [3, 4]. Схема предложенного устройства для прядильной самокруточной машины ПСК-225ШГ [5] представлена на рис. 1.

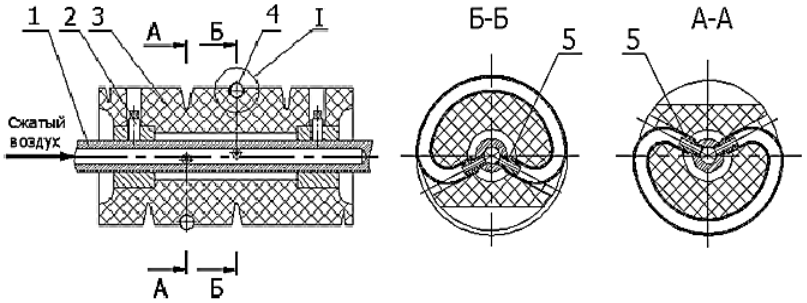
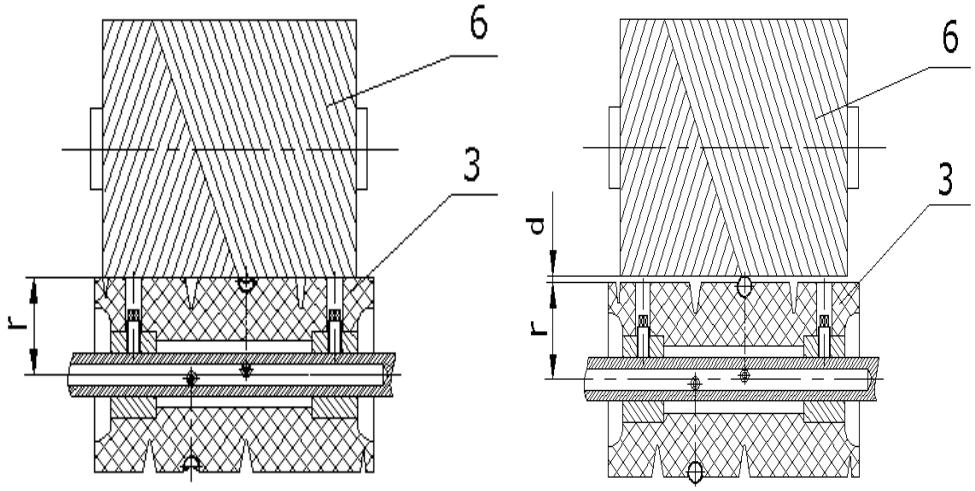


Рис. 1

Устройство состоит из трубчатого мотального вала 1, на котором с помощью винтов 2 крепятся прорезные мотальное барабанчики 3. На поверхности прорезных барабанчиков в зонах, свободных от канавок, предназначенных для раскладки нити, в специальных пазах размещены трубчатые пневмокамеры 4. На рис. 1 показан продольный разрез мотального барабанчика, входящего в состав устройства. Пневмокамеры посредством штуцеров 5 (рис. 2) соединены с полостью трубчатого вала 1.



а) б)

Рис. 2

Устройство работает следующим образом. При отсутствии избыточного давления в пневмокамерах последние располагаются в пазах на мотальном барабанчике, не возвышаясь над его боковой поверхностью. При этом линейная скорость бобины определяется радиусом r мотального барабанчика (рис. 2, а). При подаче сжатого воздуха во внутреннюю полость трубчатого мотального вала 2 он попадает в пневмокамеры и надувает их. В результате гибкие трубки, из которых изготовлены пневмокамеры, выступают над боковой поверхностью мотального барабанчика, приподнимая бобину на величину $\Delta d_Б \approx 0{,}1\ldots2$ мм (рис. 2, б). В этом случае линейная скорость бобины увеличивается, т. к. она определяется новым радиусом мотального барабанчика, равным $r+\Delta d_Б$. При подаче атмосферного воздуха давление в камерах падает до атмосферного, и они сжимаются, скрываясь в пазах. Скорость бобины при этом устанавливается на исходном уровне. Если описанное действие произойдет в момент формирования жгутовой намотки, то из-за изменения скорости бобины формирование жгутовой намотки будет прекращено. Для того чтобы исключить образование жгутов в течение всего времени формирования паковки, подача сжатого воздуха производится с периодом, меньшим времени образования жгута. Изменение скорости вращения бобины осуществляется плавно на небольшую величину, определяемую конструкцией пневмокамер и давлением сжатого воздуха.

Для оценки эффективности нового способа рассеивания жгутовой намотки проводились экспериментальные исследования предложенного устройства, установленного на прядильную самокруточную машину ПСК-225ШГ.

В ходе эксперимента исследовалось влияние периодического изменения диаметра мотального барабанчика на возможность устранения дефектов намотки в виде жгутов и лент. Опытные бобины вырабатывались из пряжи ПАН с линейной плотностью 32×2 текс.

В качестве факторов при проведении экспериментов использовались амплитуда

$\Delta d_Б$ изменения диаметра мотального барабанчика и периодичность его изменения, выраженная через число T двойных ходов нитеводителя. При организации эксперимента уровни факторов принимались из следующих соображений. В ходе предварительных опытов измерялось натяжение в зоне наматывания. Натяжение в 20 сН при нижнем значении фактора $\Delta d_Б$ = 0,1 мм определялось наладкой механизма. Установлено, что увеличение диаметра мотального барабанчика $\Delta d_Б$ на 2 мм приводит к повышению скорости бобины на 2%, что в свою очередь вызывает изменение натяжения с 20 до 50 сН. Дальнейшее увеличение натяжения ведет к росту обрывности. Поэтому за верхнее значение фактора принято $\Delta d_Б$ = 2 мм.

Период изменения диаметра мотального барабанчика также выбирался на основании результатов предварительных экспериментов, которые показали, что при периоде изменения диаметра барабанчика меньше $T=5$ и больше $T=40$ периодов движения нитеводителя эффект рассеивания не наблюдался.

Для наиболее информативного распределения ограниченного числа экспериментальных точек по факторному пространству они размещались согласно плану ЦКРЭ с ядром ПФЭ-2^2 [6]. Матрица планирования эксперимента, содержащая натуральные и кодированные значения уровней факторов, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Этапы эксперимента	№ ва р.	Факторы			
		$\Delta d_Б$		T	
		мм	Кодированные значения x_1	ходов нитеводителя	кодированные значения x_2
Опыты в ядре ПФЭ-22	1	0,4	–	10,1	–
	2	1,7	+	10,1	–
	3	0,4	–	34,8	+
	4	1,7	+	34,8	+
Опыты в звездных точках	5	0,1	–-1,41	22,5	0
	6	2	+1,41	22,5	0
	7	1	0	5	–1,41
	8	1	0	40	+1,41
	9	1	0	22,5	0
Опыты в центре эксперимента	10		0		0
	11		0		0
	12		0		0
	13		0		0
	14		0		0

Повторные эксперименты проводились в центре плана. Общая оценка результатов экспериментов в рамках серии с одинаковыми технологическими параметрами осуществлялась посредством минимаксного подхода, поскольку этот критерий представляет собой позицию крайнего пессимизма [6] и его применение гарантирует, что для данного множества технологических параметров значение показателя негативного влияния дефектов на качество будет не больше, чем полученное в процессе исследования. Усреднение результатов эксперимента посредством двух других методов (вычисления среднего и среднеквадратического значений) приводит к тому, что в результате могут пропасть самые мощные дефекты в виде жгутов и лент.

Экспериментальные бобины анализировались с помощью программно-аппаратного комплекса, описанного в [7, 8]. Программно-аппаратный комплекс на основе аппарата нечеткой логики позволяет анализировать структуру намотки по двум параметрам: количество нитей в дефекте в виде жгута или ленты и кратность соответствующего дефекта, т. е. через какое число двойных ходов нитеводителя нить будет

уложена на то же самое место. По этим параметрам, определенным экспериментально для всех диаметров намотки, на которых возможно формирование дефектов, рассчитывается суммарная функция принадлежности μ_Σ. Значения этой функции изменяются в диапазоне от 0 до 1 и могут рассматриваться как негативный показатель уровня качества намотки. При обработке результатов эксперимента функция принадлежности μ_Σ использовалась в качестве выходного параметра. По результатам обработки получено следующее регрессионное уравнение:

$$\mu_\Sigma = 0{,}23 - 0{,}053x_1 + 0{,}018x_2 - 0{,}012x_1x_2 + 0{,}29x_1^2 + 0{,}17x_2^2. \quad (1)$$

Поверхность отклика, соответствующая уравнению (1), показана на рис. 3.

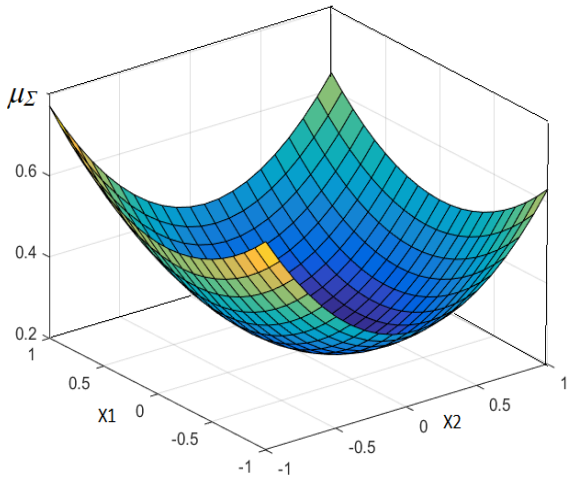


Рис. 3

Анализ модели показывает, что наибольший эффект по устранению дефектов структуры намотки достигается при значениях уровней факторов, близких к центру плана (табл. 1), т. е. при следующих значениях управляемых параметров: $\Delta d_Б = 1$ мм и $T = 22{,}5$ ходов нитеводителя. Суммарное значение негативного влияния дефектов на качество намотки в этом случае этом снижается в 3,5 раза.

Комплексный показатель μ_Σ не обладает наглядностью, поэтому параллельно с ним строились диаграммы распределения дефектов [9,10]. На рис. 4 приведена такая диаграмма для паковок, сформированных без рассеивающего устройства, на рис. 5 – диаграмма для рекомендуемого режима работы рассеивающего механизма.

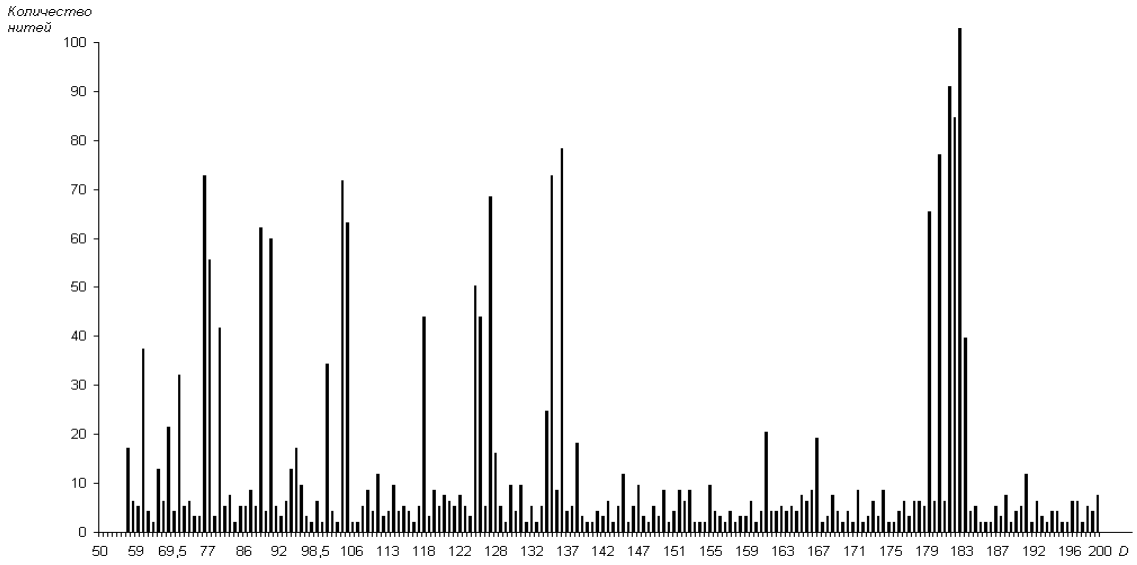


Рис. 4

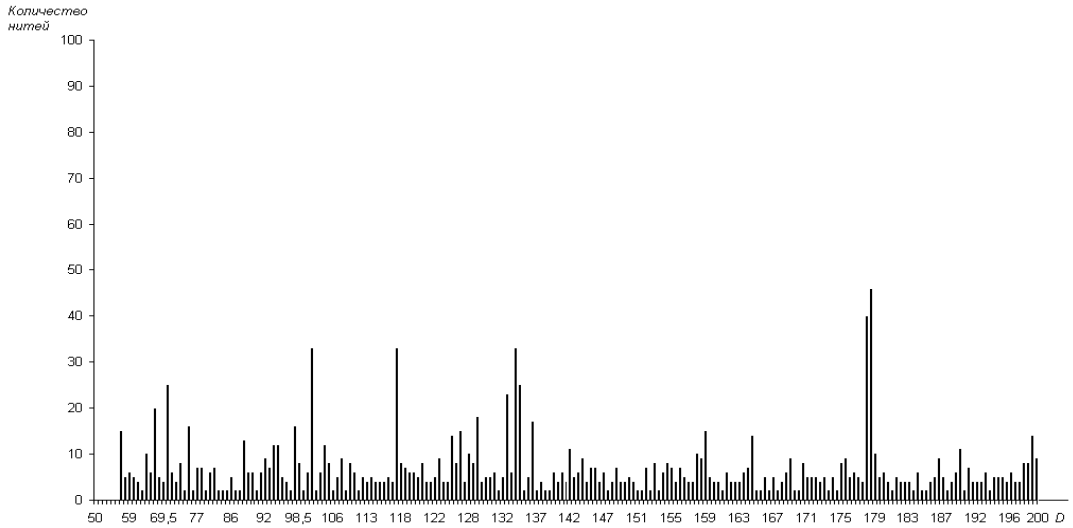


Рис.5

По оси абсцисс отложен диаметр намотывания, а по оси ординат – количество витков, уложенных один на другой.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально доказана эффективность устранения дефектов намотки в виде жгутов и ленты для мотальных механизмов с фрикционным приводом бобин за счет периодического изменения диметра мотального барабанчика.

2. Получена математическая модель, позволяющая прогнозировать качество намотки в зависимости от изменения диаметра мотального барабанчика и периодичности его изменения.

3. Установлено, что при изменении диаметра мотального барабанчика на 1 мм с периодом, равным 22,5 хода нитеводителя, суммарное значение негативного влияния дефектов на качество намотки снижается в 3,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рудовский П.Н.* Теоретические основы формирования технологической оценки паковок при фрикционном наматывании: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Кострома, 1996.

2. *Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н.* Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. М.: Московский гос. текст. ун-т им. А.Н. Косыгина. 2006. 204 с. – ISBN: 5-8196-0101-7.

3. *Рудовский П.Н., Смирнова С.Г.* Формирование паковок мотальным механизмом с периодическим подтормаживанием мотального вала // Технологии и качество. 2020. № 3 (49). С. 12…15.

4. *Рудовский П.Н.* Формирование паковок с периодическим изменением силы прижима бобины к мотальному валу // Технологии и качество. 2019. № 4 (46). С. 20…24.

5. Пат. RU 63341 U1. Мотальное устройство. 27.05.2007.

6. *Jhatial R.A.* Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Syed // Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. (2016). 34(1), 25-32.

7. *Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н.* Оценка качества структуры текстильных паковок с использованием современных информационных технологий. Кострома: КГТУ, 2011. 111 с. – ISBN 978-5-8285-0599-9

8. *Денисов А.Р., Киприна Л.Ю., Рудовский П.Н*. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2006. № 4-S (291). С. 111…113.

9. *Рудовский П.Н., Нуриев М.Н., Киселев П.Н.* Разработка комплексного показателя для оценки формы паковок крестовой мотки // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2006. № 5 (293). С. 131…133.

10. *Rudovsky P.N.* Control of package build in random winding. Melliand Textilberichte. 1997. Т. 78. № 3. С. 138…141.

REFERENCES

1. *Rudovsky P.N.* Theoretical foundations for the formation of technological assessment of packages during friction winding. Dissertation abstract Doctor of Technical Sciences. Kostroma, 1996.

2. *Palochkin S.V., Rudovsky P.N., Nuriev M.N.* Methods and means of monitoring the main parameters of textile packages. M: Moscow State Text. University named after A.N. Kosygin, 2006. 204 p. – ISBN 5-8196-0101-7.

3. *Rudovsky P.N., Smirnova S.G.* Formation of packages using a winding mechanism with periodic braking of the winding shaft // Technology and quality. 2020. No. 3 (49). pp. 12…15.

4. *Rudovsky P.N.* Formation of packages with periodic change in the force of pressing the bobbin to the winding shaft // Technologies and quality. 2019. No. 4 (46). pp. 20…24.

5. Patent RU 63341 U1. Winding device. 27.05.2007.

6. *Jhatial R.A.* (2016). Optical Yarn Assessment System for Twist Measurement in Rotor-Spun Syed // Mehran University Research Journal of Engineering and Technology. (2016). 34(1), 25-32.

7. *Kiprina L.Yu., Rudovsky P.N.* Evaluation of the quality of the structure of textile packages using modern information technologies. Kostroma: KSTU, 2011. 111 p. – ISBN 978-5-8285-0599-9

8. *Denisov A.R., Kiprina L.Yu., Rudovsky P.N.* Application of cluster analysis methods for quality control of cross-wound packages // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2006. No. 4-S (291). P. 111…113.

9. *Rudovsky P.N., Nuriyev M.N., Kiselev P.N.* Development of a complex indicator for assessing the shape of cross-knit packages // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2006. No. 5 (293). P. 131…133.

10. *Rudovsky P.N.* Control of package build in random winding. Melliand Textilberichte. 1997. T. 78. No. 3. p. 138...141.

Рекомендована кафедрой дизайна машин и промышленных технологий Азербайджанского технического университета. Поступила 19.12.24.