

УДК 674.053.23

**И.А. ПРОХОРОВА, А.Г. ДОМБРОВСКИЙ**

Херсонский национальный технический университет

**А.Г. ДОМБРОВСКАЯ**

Публичное акционерное общество "Энергоснабжающая компания «Херсоноблэнерго»

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПАКОВОК ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЫ**

*В данной работе представлена формализованная схематическая модель формирования паковок заданной структуры, объединяющая преимущества двух основных способов наматывания: фрикционного и прецизионного. При этом исследовано влияние кинематических параметров высокоскоростного мотального механизма на распределение плотности намотки в радиальных слоях паковки. Получен закон изменения соотношения скоростей нитераскладчика и паковки, позволяющий формировать заданную послонную структуру намотки.*

*Ключевые слова: перематывание нитей, плотность паковки.*

**I.A. PROKHOROVA, A.G. DOMBROVSKIY**

Kherson National Technical University

**A.G. DOMBROVSKA**

Public Joint Stock Company «Utility company» Khersonoblenergo», Kherson

## **TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF FORMING TEXTILE PACKAGES SPECIFY THE STRUCTURE**

**Abstract**

*In this paper we developed a formalized schematic model of packages of a given structure, which combines the advantages of two basic ways of winding: friction and precision. The influence of the kinematic parameters of the winding mechanism for winding density distribution in the radial layers of the package. The resulting changes in the law and traverse speed ratio packing allows to form a uniform layer structure winding.*

*Keywords: rewinding yarn packing density.*

### **Постановка проблемы**

Анализ тенденций развития современных технологий перематывания нитей и пряжи показал, что задачи, решаемые в технологических процессах формирования ткацких паковок, требуют комплексного системного подхода к изучению и управлению этими процессами. Одновременно с решением первостепенных задач – увеличения скорости перематывания и массы формируемых паковок, повышающих эффективность технологических процессов, в настоящее время не менее важной является задача разработки технологий проектирования и формирования паковок с заранее заданными прогнозируемыми свойствами.

### **Анализ последних исследований**

В результате многолетнего поиска оптимальной технологии формирования мотальных паковок на кафедре МТВМ ХНТУ создана серия мотальных механизмов с малоинерционной раскладкой нити [1-6], в которых поэтапно устранялись недостатки фрикционного способа перематывания и частично решались задачи формирования мотальных паковок крестовой намотки заданной структуры. Однако, если первая проблема решена за счет изменения конструктивного совершенствования мотального механизма, то проблема получения паковок заданной структуры решена частично и требует дальнейшего разрешения.

Из теоретических основ процесса формирования текстильных паковок [7] известно, что структура паковки не является однородной и в течении времени наматывания изменяется в зависимости от соотношения скоростей движения паковки и нитераскладчика. В то же время известно [5, 6], что прецизионный способ наматывания имеет ряд преимуществ по сравнению с фрикционным. В частности, его большим преимуществом с позиций формирования паковок заданной структуры является постоянство передаточного отношения скоростей нитераскладчика и паковки. На рис. 1 представлена формализованная схематическая модель процесса получения паковок заданной структуры (ФПЗС), которая дает возможность оценить преимущества фрикционного и прецизионного способов формирования паковок нитей.

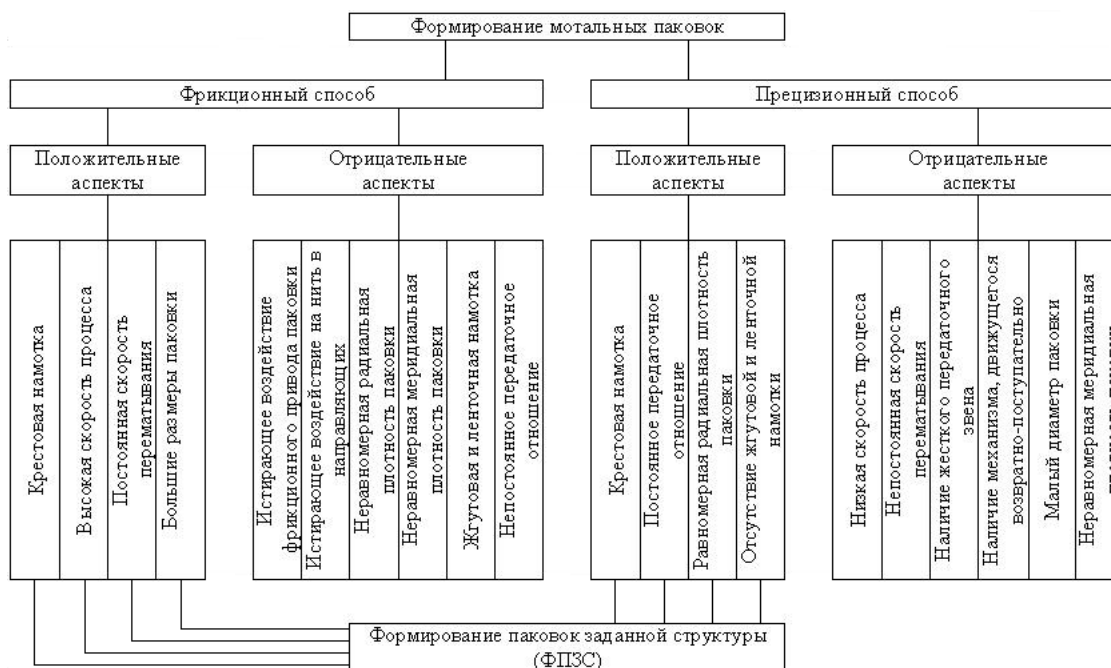


Рис. 1. Формализованная схематическая модель процесса формирования паковок

На основе анализа достоинств и недостатков обоих способов наматывания паковок возникла научная гипотеза, заключающаяся в объединении преимуществ двух основных способов формирования паковок на новом высокоскоростном мотальном механизме. Практически эта задача может быть решена за счет совершенствования конструкции уже разработанных механизмов высокоскоростного перематывания, а теоретически – за счет определения законов движения нитераскладчика и паковки, обеспечивающих постоянство скорости.

Анализ кинематических условий наматывания на разработанных на сегодняшний день малоинерционных мотальных механизмах показал, что часть положительных аспектов обоих способов перематывания в них уже используется. Так, например, последний из разработанных механизмов [4] позволяет сформировать мотальную паковку крестового наматывания заданных размеров при высокой скорости процесса перематывания. Однако наличие постоянного передаточного отношения угловых скоростей двух основных звеньев механизма – нитераскладчика и поверхности наматывания – обуславливает ряд негативных факторов, которые в конечном итоге отрицательно влияют на форму и структуру паковок. К ним относятся неравномерная радиальная плотность паковок и возможность появления слоев со жгутовой намоткой. При этом постоянно увеличивающаяся линейная скорость процесса перематывания способствует еще большему увеличению плотности в наружных слоях паковки, деформации намотки и приводит к ухудшению динамических условий работы механизма. Так как наибольшее влияние на процесс формирования паковок оказывают кинематические параметры перематывания, к которым относятся скорости вращения нитераскладчика и паковки, то можно предположить, что регулирование этими параметрами позволит влиять на условия формирования паковок и устранить вышеуказанные недостатки. Проанализировав основные технологические аспекты фрикционного и прецизионного способов наматывания и кинематические условия наматывания на новом мотальном механизме сделан вывод, что для управления структурой формируемого тела намотки необходимо определить законы изменения структурных показателей паковки от кинематических условий процесса наматывания. Основным показателем, определяющим форму и структуру паковки, является соотношение скоростей вращения нитераскладчика к скорости вращения поверхности наматывания, определяемое формулой  $n_{нр} : n_{пш}$ .

#### Формулирование цели исследования

Целью данной работы является определение законов движения основных рабочих органов высокоскоростного мотального механизма из условий постоянства соотношения скорости нитераскладчика и паковки в процессе ее формирования для заданных структурных параметров намотки.

#### Изложение основного материала исследования

Для решения этой сложной задачи использовался метод имитационного послойного моделирования, позволяющий визуализировать процесс формирования мотальной паковки без учета

инерционных явлений [8], возникающих в реальных условиях работы мотального механизма. При этом возможно моделировать процесс формирования паковок с заранее заданной послойной структурой, как равномерной, так и неравномерной в радиальном направлении. Практически решение задачи обеспечивается путем изменения кинематического соотношения скоростей нитераскладчика и паковки по заданному закону. Кроме того, как показал практический опыт высокоскоростного наматывания паковок [3], в процессе наматывания дополнительно необходимо изменять взаимное расположение нитераскладчика и паковки в пространстве. Так как требование постоянства плотности намотки предъявляются к большинству мотальных паковок, перерабатываемых в различных технологических процессах текстильного производства, то на первом этапе исследований поставлена задача создания модели процесса формирования паковки с равномерным распределением плотности наматывания вдоль радиуса и высоты паковки. При этом решалась обратная задача, заключающаяся в определении кинематических параметров процесса по заданной структуре намотки. Структурные показатели намотки определялись углом скрещивания витков, длиной витка в одном наматываемом кольце, относительной плотностью намотки.

Определение законов движения основных механизмов мотального механизма поводилось исходя из следующих кинематических и конструктивных условий реализованного на практике высокоскоростного процесса перематывания [1-4]. Установлено, что:

1. Оптимальным, с точки зрения формирования стабильной формы и структуры намотки, является технологический режим, при котором соотношение  $n_{нр} : n_{пн} = 1 : 3$ . Однако, при данном исследовании принят диапазон изменения соотношений, выраженный дробным числом, позволяющим исключить целое отношение скоростей вращения нитераскладчика и паковки. При равенстве кинематического соотношения скоростей вращения основных органов мотального механизма, участвующих в формировании слоя намотки, образуются такие дефекты наматывания, как жгутовая и ленточная намотка, или намотка сотами. Поэтому принятое кинематическое соотношение скоростей вращения нитераскладчика и поверхности наматывания изменялось в диапазоне от  $n_{нр} : n_{пн} = 1:2,9$  до  $n_{нр} : n_{пн} = 1:4,1$  с шагом 0,2.

2. Начальный диаметр поверхности наматывания выбран равным диаметру патрона, на который осуществлялось наматывание, и составил 0,067 м. Исследуемый слой паковки имитировался соответствующим макетом поверхности наматывания среднего диаметра, равного 0,103 м.

3. Радиус вращения нитераскладчика принят равным  $R_{нр} = 0,08$  м. Данное значение принято из опыта испытаний серии малоинерционных мотальных механизмов и их конструктивных особенностей.

4. Исследования проводились при наматывании нити на цилиндрический патрон.

5. Расстояние от плоскости вращения нитераскладчика до поверхности наматывания сохраняется постоянным в ходе формирования слоя наматывания.

6. Величина смещения оси вращения нитераскладчика от центра паковки принимается равной текущему радиусу намотки.

7. Перемещение паковки в осевом направлении отсутствует.

Для имитационного моделирования слоя намотки траектория движения нитераскладчика произвольно разделена на 8 частей, что соответствует  $45^\circ$  угла его поворота вокруг своей оси  $\Delta\varphi_{нр}$ . При повороте нитераскладчика на один шаг поверхность наматывания поворачивается на угол, который рассчитывается по формуле:

$$\Delta\varphi_{пн} = \frac{360}{i} \cdot n_{пн} \quad (1)$$

где  $i$  – количество шагов итерации;

$n_{пн}$  – число оборотов поверхности наматывания, приведенное к одному обороту нитераскладчика.

Для визуализации одного слоя наматывания необходимо определить количество витков в слое и количество точек итерации. Число витков рассчитывалось по следующей формуле:

$$k = 1, 2, 3 \dots \cdot n_{пн} \quad (2)$$

где 1, 2, 3... – наименьшее целое число, при умножении на которое получается целое число витков.

Соответствующее количество точек итерации определялось по формуле:

$$n = \frac{k \cdot 360}{\Delta\varphi_{пн}} \quad (3)$$

Для других значений соотношений скоростей  $n_{np} : n_{пн}$  углы поворота паковки, количество витков в слое и количество точек итерации рассчитываются аналогично.  
 Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры формирования слоя намотки**

Соотношение $n_{np} : n_{пн}$	1 : 2,9	1 : 3,1	1 : 3,3	1 : 3,5	1 : 3,7	1 : 3,9	1 : 4,1
Угол поворота нитераскладчика $\Delta\varphi_{np}$ , град	45	45	45	45	45	45	45
Угол поворота поверхности наматывания $\Delta\varphi_{пн}$ , град	130,5	139,5	148,5	157,5	166,5	175,5	184,5
Количество витков в слое $k$ , шт.	29	31	33	7	37	39	41
Количество точек итерации $n$	80	80	80	16	80	80	80

Данные табл. 1 позволяют построить имитационную модель расположения витков намотки в одном слое при заданных кинематических соотношениях движения основных рабочих органов мотального механизма, по которой легко определить основные параметры структуры формируемого слоя:

1. Угол скрещивания витков нити  $2\alpha$ .
2. Длина витка в кольце  $\ell$ .
3. Относительная плотность наматывания, которая определялась по формуле

$$\gamma_{отн} = \frac{\ell_i}{D_k \cdot b_i} , \tag{4}$$

где  $D_k$  – диаметр кольца;  
 $b_i$  – толщина слоя.

В табл. 2. приведены параметры структуры наматывания, полученные в результате имитационного моделирования слоя наматывания и расчета относительной плотности паковки по формуле (4), которые позволили определить закономерность изменения основных структурных параметров наматывания в зависимости от соотношения кинематических характеристик нитераскладчика и поверхности наматывания.

Таблица 2

**Структурные показатели паковки**

Соотношение $n_{np} : n_{пн}$	1 : 2,9	1 : 3,1	1 : 3,3	1 : 3,5	1 : 3,7	1 : 3,9	1 : 4,1
Угол скрещивания витков $2\alpha$ , град	53,7	51	46,3	45	44	43	41
Длина витка в кольце $\ell$ , мм	43,5	44,1	49,3	52,1	55	56,1	58,7
Относительная плотность наматывания $\gamma$ , 1/м	21	22	24	25,3	26,7	27,2	28,5

Эти зависимости вида  $2\alpha = f(n_{np} : n_{пн})$ ,  $\gamma_{отн} = f(n_{np} : n_{пн})$  представлены на рис. 2, 3.

Проведем анализ полученных результатов. Как видно из представленных графических зависимостей, увеличение соотношения скоростей нитераскладчика и поверхности наматывания, исследованное на одном фиксированном диаметре паковки, приводит к уменьшению угла скрещивания витков (рис. 2) и, соответственно, к увеличению плотности наматывания (рис. 3). Для получения постоянной плотности паковки в радиальном направлении необходимо определить закономерность изменения плотности наматывания на разных диаметрах паковки при фиксированном соотношении скоростей нитераскладчика и поверхности наматывания.

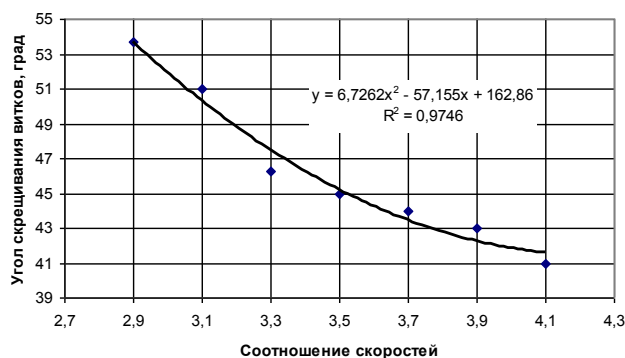


Рис. 2. Изменение угла скрещивания витков

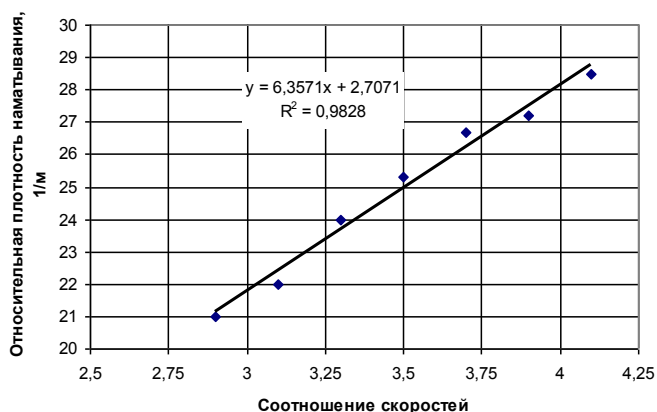


Рис. 3. Изменение относительной плотности наматывания

### Выводы

1. Разработана формализованная схематическая модель высокоскоростного формирования паковок, позволяющая реализовать технологию наматывания паковок заданной структуры.
2. Разработана имитационная модель слоя наматывания нити на паковку для проектирования заданной структуры тела намотки по углу скрещивания витков.
3. Получены законы изменения соотношения скоростей нитераскладчика и паковки, обеспечивающие проектируемую структуру намотки.

### Список использованной литературы

1. Прохорова И.А. Развитие научных основ и инженерных методов высокоскоростного наматывания нити на паковку: дис. ... доктора техн. наук. 05.19.03 / Прохорова Ирина Анатольевна – Херсон, 2003. – 457 с.
2. Рязанова Е.Ю. Совершенствование технологии раскладки нити для формирования паковок: дис. ... канд. техн. наук. 05.19.03 / Рязанова Елена Юрьевна – Херсон, 2001. – 146 с.
3. Домбровский А.Г. Совершенствование технологии высокоскоростного наматывания нити на паковку: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03 / Домбровский Андрей Геннадиевич – Херсон, 2003. – 143 с.
4. Жук О.С. Совершенствование технологии малоинерционной раскладки нити для формирования паковок: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.19 / Жук Оксана Сергеевна – Херсон, 2008. – 146 с.
5. Прошков А.Ф. Проектирование прецизионного наматывающего устройства / А.Ф. Прошков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002. – № 4-5 (268). – С. 128–131.
6. Симон Л. Технология подготовки пряжи к ткачеству и трикотажному производству / Л. Симон, М. Хюбнер пер. с нем., под. ред. А.П. Алленовой. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 272 с.
7. Гордеев В.А. Ткачество: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / В.А. Гордеев, П.В. Волков – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 488 с.
8. Прохорова И.А. Развитие научных основ и инженерных методов высокоскоростного наматывания нити на паковку: дис. ... доктора техн. наук. 05.19.03 / Прохорова Ирина Анатольевна – Херсон, 2003. – 457 с.