

УДК 674.053.23

А.Г. ДОМБРОВСКИЙ

Херсонский национальный технический университет

А.Г. ДОМБРОВСКАЯ

Публичное акционерное общество "Энергоснабжающая компания «Херсоноблэнерго»

РАЗРАБОТКА УСЛОВИЙ ПОСТОЯНСТВА ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕМАТЫВАНИЯ НИТИ

В данной работе получены закономерности изменения частот вращения нитераскладчика и поверхности наматывания, которые позволят обеспечить формирование паковки с равномерным распределением текстильного материала в теле намотки при постоянной и высокой скорости работы малоинерционного мотального механизма. Разработаны условия постоянства линейной скорости перематывания нити. Доказано, что для поддержания постоянной скорости процесса перематывания необходимо частоту вращения паковки замедлять пропорционально росту диаметра намотки.

Ключевые слова: высокоскоростное перематывание нитей, плотность паковки.

A.G. DOMBROVSKIY

Kherson National Technical University

A.G. DOMBROVSKA

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

DEVELOPING OF CONSTANT LINEAR WINDING SPEED YARNS

Abstract

We obtain the patterns of change in the frequency of rotation and traverse winding surface that will enable the formation of the packing with a uniform distribution of textile material in the body of the winding at a constant high speed and low-inertia winder mechanism. The conditions of constant linear velocity of winding thread. It is proved that in order to maintain a constant speed rewinding process is necessary to slow the speed of packing proportion to the growth of the winding diameter.

Keywords: high-speed rewinding yarn packing density.

Постановка проблемы

Известно, что одним из важнейших условий стабильности процесса перематывания является постоянство скорости движения нити [1-3]. Важность этого фактора обуславливается его влиянием на уровень натяжения быстробегущей нити. Непостоянство скоростного режима приводит к дестабилизации натяжения нити, что в свою очередь негативно влияет на структурные параметры тела наматывания. Кроме того, некоторые факторы, не имеющие значения при низких скоростях перематывания, могут стать очень важными при высоких скоростях.

Анализ последних исследований и публикаций

При исследовании высокоскоростного перематывания нитей в работах [4-6] авторы отметили, что обрывность нитей в процессе формирования паковок практически отсутствовала. Этот факт можно объяснить с точки зрения характера возникновения и распространения деформаций в текстильных материалах. Процесс разрушения пряжи происходит во времени вследствие накапливания остаточных деформаций, которые быстро увеличиваются и после снятия нагрузки не восстанавливаются [7]. На основании этого авторами в работе [8] была принята гипотеза о возможности безобрывного высокоскоростного перематывания пряжи со скоростью, близкой к предельной, так как низкоэластическая и, тем более, пластическая области деформаций, которые вызывают разрушение межмолекулярных связей и обрыв нитей, не успевают развиваться.

Формулирование цели исследования

Постоянно увеличивающаяся линейная скорость процесса перематывания способствует 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

Изложение основного материала исследования

Для получения мотальной паковки с постоянной радиальной плотностью наматывания необходимо пропорционально приросту диаметра увеличивать соотношение скоростей вращения нитераскладчика и паковки от 1:2,9 до 1:4,1 по определенному закону (3.1). Это значит, что при постоянной частоте вращения нитераскладчика частота вращения поверхности наматывания постоянно увеличивается, то есть в начале формирования паковки за единицу времени бобина совершает 2,9 оборота, а в конце формирования – 4,1 оборота. Если учесть тот факт, что при этом постоянно увеличивается диаметр намотки от 6,7 см до 17,64 см, то становится очевидным значительное увеличение линейной скорости нити в процессе формирования паковки.

Проведем теоретическое исследование скоростного режима перематывания и определим величину изменения линейной скорости нити при следующих условиях:

- частота вращения нитераскладчика принята постоянной и составляет $n_{np} = 15 \text{ с}^{-1}$, что обеспечивает достаточно высокую среднюю скорость процесса перематывания на малоинерционном мотальном механизме [9];
- радиус вращения нитераскладчика принимается равным $R_{np} = 0,08 \text{ м}$;
- расстояние от плоскости вращения нитераскладчика до поверхности наматывания сохраняется постоянным в ходе формирования слоя наматывания и составляет 3 см (принято из опыта эксплуатации данных мотальных механизмов);
- величина b смещения оси вращения нитераскладчика от центра паковки принимается равной текущему радиусу намотки.

Средняя линейная скорость перематывания приближенно складывается из окружной скорости движения паковки v_o и переносной скорости движения нити v_n и рассчитывается по формуле [2], м/с:

$$v = \sqrt{v_o^2 + v_n^2} . \tag{1}$$

Эта формула справедлива для условий фрикционного наматывания. В случае формирования паковок на малоинерционном мотальном механизме, где точка раскладки и точка наматывания разделены конструктивно, данная формула приобретает вид:

$$v = \sqrt{v_{np}^2 + v_{nn}^2} , \tag{2}$$

где v_{np} – окружная скорость нитераскладчика, м/с;
 v_{nn} – окружная скорость поверхности наматывания, м/с.

Так как траектории движения точки раскладки и точки наматывания в ходе процесса перематывания постоянно меняют свое взаимное расположение, то есть постоянно меняется взаимное расположение векторов скоростей движения нитераскладчика и поверхности наматывания, то величина и направление абсолютной линейной скорости нити зависит от угла взаимного расположения векторов \vec{v}_{np} и \vec{v}_{nn} и рассчитывается по формуле [10]:

$$v = \sqrt{v_{np}^2 + v_{nn}^2 + 2 \cdot v_{np} \cdot v_{nn} \cdot \cos(\vec{v}_{np}; \vec{v}_{nn})} . \tag{3}$$

Определим значения абсолютной скорости перематывания нити при различных положениях нитераскладчика. Для этого предварительно определим линейные скорости точек раскладки v_{np} и наматывания v_{nn} по формуле [2]:

$$v = \pi \cdot d \cdot n , \tag{4}$$

где d – диаметр нитераскладчика и текущий диаметр паковки, м;
 n – частота вращения нитераскладчика и паковки, с^{-1} .

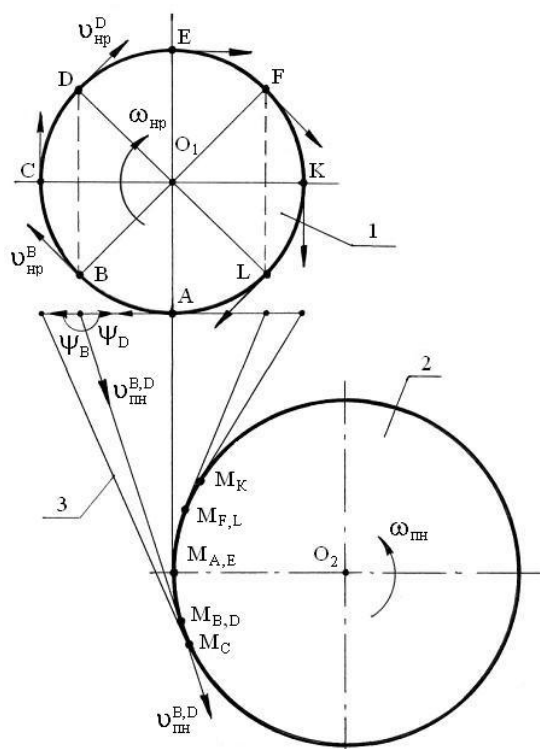
Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Для определения абсолютной линейной скорости перематывания в соответствующих точках положений нитераскладчика и поверхности наматывания необходимо определить углы ψ между векторами скоростей \vec{v}_{np} и \vec{v}_{nn} .

Таблица 1

Значения скоростей в точках раскладки и наматывания

Соотношение $n_{нр} : n_{пн}$	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
$d_{пн}, м$	0,067	0,0836	0,1034	0,1215	0,1403	0,1590	0,1764
$n_{пн}, с^{-1}$	43,5	46,5	49,5	52,5	55,5	58,5	65,6
$v_{нр}, м/с$	3,768	3,768	3,768	3,768	3,768	3,768	4,019
$v_{пн}, м/с$	9,124	12,411	15,978	19,914	24,224	28,986	36,336



**Рис. 1. Схема расположения векторов скоростей точек раскладки и наматывания:
1 – нитераскладчик; 2 – поверхность наматывания; 3 – нить**

Результаты замеров величины угла ψ и расчет абсолютной скорости по формуле (3) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Изменение линейной скорости нити при различных положениях нитераскладчика

Соотношение $n_{нр} : n_{пн}$	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
1	2	3	4	5	6	7	8
$d_{пн}, м$	0,067	0,0836	0,1034	0,1215	0,1403	0,1590	0,1764
Точка А							
$\psi, град$	58	54	50,5	47,5	45	43	41,5
$v_{A}, м/с$	11,571	14,940	18,604	22,631	27,020	31,846	36,971
Точка В							
$\psi, град$	81	84	88	91,5	96	100,5	105
$v_{B}, м/с$	10,402	13,342	16,544	20,170	24,123	28,541	33,289
Точка С							
$\psi, град$	90	90	90	90	90	90	90
$v_{C}, м/с$	9,872	12,970	16,416	20,267	24,515	29,230	36,557

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Точка D							
ψ, град	99	96	92	88,5	84	79,5	73,5
υ _D , м/с	9,311	12,588	16,288	20,364	24,901	29,903	37,675
Точка E							
ψ, град	122	126	129,5	132,5	135	137	139,5
υ _E , м/с	7,811	10,642	13,889	17,589	21,723	26,356	33,382
Точка F							
ψ, град	135	138	142	146	150	154	158
υ _F , м/с	6,988	9,936	13,214	16,922	21,045	25,653	32,644
Точка K							
ψ, град	90	90	90	90	90	90	90
υ _K , м/с	9,872	12,970	16,416	20,267	24,515	29,230	36,557
Точка L							
ψ, град	45	42	38	34	30	26	22
υ _L , м/с	12,086	15,419	19,089	23,134	27,551	32,415	40,090

Средняя линейная скорость нити на соответствующем диаметре паковки определялась как среднее арифметическое значений абсолютной скорости в точках А – L. Изменение средней абсолютной линейной скорости перематывания в процессе формирования паковки представлено в табл. 3.

Таблица 3

Изменение средней линейной скорости нити по слоям паковки

Соотношение $n_{np} : n_{nn}$	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
Диаметр паковки d_{nn} , м	0,067	0,0836	0,1034	0,1215	0,1403	0,1590	0,1764
Средняя скорость нити υ _{ср} , м/с	9,739	12,851	16,308	20,168	24,424	29,147	36,481

Как показали расчеты, в процессе формирования паковки при увеличении диаметра в 1,8 раза средняя линейная скорость перематывания увеличивается в 3,7 раза. Такое увеличение происходит, в основном, за счет увеличения частоты вращения поверхности наматывания (табл. 1). Отсюда можно сделать вывод, что для поддержания постоянной скорости процесса перематывания достаточно поддерживать постоянной линейную скорость точки наматывания, то есть необходимо частоту вращения паковки замедлять пропорционально росту диаметра. При этом необходимо соблюдать закон изменения соотношения в ходе наработки паковки и поддерживать достаточно высокий уровень скорости процесса перематывания.

Из опыта эксплуатации малоинерционных мотальных механизмов примем скорость точки наматывания равной 25 м/с и рассчитаем кинематические параметры процесса перематывания для первого слоя наматывания ($d_{nn} = 0,067$ м) при соотношении скоростей $n_{np} : n_{nn} = 1 : 2,9$.

Алгоритм расчета представлен следующим образом:

1. Определим частоту вращения поверхности наматывания по заданной линейной скорости точки наматывания, используя формулу (4):

$$n_{nn} = \frac{v_{nn}}{\pi \cdot d_{nn}} = \frac{25}{3,14 \cdot 0,067} = 118,833 \text{ с}^{-1}.$$

2. Зная соотношение скоростей $n_{np} : n_{nn}$, определим частоту вращения нитераскладчика:

$$n_{np} = \frac{n_{nn} \cdot 1}{2,9} = \frac{118,833 \cdot 1}{2,9} = 40,977 \text{ с}^{-1}.$$

3. По формуле (4) определяем линейную скорость нитераскладчика:

$$v_{np} = \pi \cdot d_{np} \cdot n_{np} = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 40,977 = 10,293 \text{ м/с}.$$

4. Определяем линейные скорости перематывания в соответствующих точках положения нитераскладчика А-L по формуле (3). Значения углов между векторами скоростей нитераскладчика и поверхности наматывания принимаем согласно приведенным в табл. 2. Линейную скорость

перематывания нити определяем как среднее арифметическое линейных скоростей в восьми точках положения нитераскладчика.

По приведенному алгоритму определяем линейные скорости перематывания нити на соответствующих диаметрах паковки. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Кинематические условия постоянства скорости перематывания

Соотношение $n_{np} : n_{пн}$	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
Диаметр паковки $d_{пн}, м$	0,067	0,0836	0,1034	0,1215	0,1403	0,159	0,1764
$n_{пн}, c^{-1}$	118,833	95,237	77,000	65,529	56,748	50,074	45,135
n_{np}, c^{-1}	40,977	30,721	23,333	18,723	15,337	12,840	11,008
$v_{пн}, м/с$	25	25	25	25	25	25	25
$v_{np}, м/с$	10,293	7,717	5,861	4,703	3,853	3,225	2,765
Средняя скорость нити $v_{cp}, м/с$	26,460	26,164	25,578	25,439	25,295	25,257	25,212

Анализ данных таблицы показал, что средняя линейная скорость перематывания v_{cp} за все время формирования паковки изменяется от 26,46 м/с до 25,212 м/с, то есть незначительно (величина изменения составляет менее 5 %). По результатам расчетов можно сделать вывод, что для поддержания постоянной средней скорости перематывания нити достаточно поддерживать постоянной линейную скорость поверхности наматывания, что приводит к уменьшению частоты ее вращения по мере формирования паковки (то есть с приростом диаметра). Частота вращения нитераскладчика при этом также уменьшается, но с учетом изменения соотношения $n_{np} : n_{пн}$.

Выводы

1. Полученные закономерности изменения частот вращения нитераскладчика и поверхности наматывания обеспечивают формирование паковки с равномерным распределением текстильного материала в теле намотки при постоянной и высокой скорости работы малоинерционного мотального механизма.

2. Разработаны условия постоянства линейной скорости перематывания нити. Доказано, что для поддержания постоянной скорости процесса перематывания необходимо частоту вращения паковки замедлять пропорционально росту диаметра намотки.

Список использованной литературы

- Ефремов Е.Д. Основы теории наматывания нити на паковку. Монография / Ефремов Е.Д., Ефремов Б.Д. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 144 с.
- 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.
- Якубицкая И.А. Проблемы высокоскоростного перематывания пряжи / И.А. Якубицкая // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 1998. – №1. – С. 99–101.
- 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.
- Рязанова Е.Ю. О возможностях формирования паковок при безынерционном способе раскладки нити / Е.Ю. Рязанова, И.А. Якубицкая (И.А. Прохорова), М.П. Зубков // Вестник ХГТУ. – 1997. – №2. – С. 216–217.
- Домбровский А.Г. Совершенствование технологии высокоскоростного наматывания нити на паковку: дис. ... канд. техн. наук. 05.19.03 / Домбровский Андрей Геннадиевич – Херсон, 2003. – 143 с.
- Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение. ч. I. / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев – М.: Легкая индустрия, 1964. – 374 с.
- Якубицкая И.А. (Прохорова И.А.) Обоснование безобрывного высокоскоростного процесса переработки пряжи и нитей на технологическом оборудовании / И.А. Якубицкая (И.А. Прохорова), О.Н. Хомяк // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2001. – №5. – С.50–51.
- Рязанова Е.Ю. Совершенствование технологии раскладки нити для формирования паковок: дис. ... канд. техн. наук. 05.19.03 / Рязанова Елена Юрьевна – Херсон, 2001. – 146 с.
- Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука, 1986. – 544 с.