

**МЕТОДИКА ОТБОРА СНОВАЛЬНЫХ ВАЛОВ  
В ПАРТИЮ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ  
КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИХ НАМАТЫВАНИЯ**

**METHODS OF SELECTING A SET OF THE WARPING BEAMS  
BASING ON THEIR IDENTIFIED  
WINDING KINEMATIC PARAMETERS**

*Н.А. КУЛИДА, Н.А. ДЕМИДОВ, А.В. КРУГЛОВ*  
*N.A. KULIDA, N.A. DEMIDOV, A.V. KRUGLOV*

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Politechnical University. Textile Institute)  
E-mail: knatex@yandex.ru

*Рассмотрены вопросы формирования партии сновальных валов с однородной структурой для шлихтовальной машины на основе идентифицированных в процессе снования параметров паковок. Идентификация осуществлена путем мониторинга кинематических параметров процесса намотки (длины нитей в слое намотки, количества оборотов паковки, радиуса намотки). Предложено в качестве параметра, косвенно характеризующего напряженное состояние паковки, использовать коэффициент нарастания длины нитей в слое. Формирование партии сновальных валов реализовано с помощью кластерного анализа на основе идентифицированных параметров однородности структуры паковок.*

*Considered the issues of the formation of the party warping shafts with a uniform structure for slashing machine based identified in the process of warping parameters packages. Identification carried out by the monitoring of kinematic parameters of on-Hanks (thread length in a layer of winding, number of revolutions of the packing radius of winding). Proposed as a parameter, indirectly characterizes the stress state of a package, use the increment thread length in the layer. The party of warping shafts made realised with the help of cluster analysis on the basis of the identified parameters of a structure homogeneity packages.*

**Ключевые слова:** сновальный вал, формирование партии, идентификация, коэффициент нарастания длины, кластерный анализ.

**Keywords:** warping the shaft, forming party, identification all vessels, length multiplication factor, cluster analysis.

Формирование партии сновальных валов осуществляется в соответствии с технологическим расчетом и учитывает различные параметры. При этом в условиях производства на основе практического опыта прибегают к различным приемам, позволяющим оптимизировать процесс сматывания нитей со сновальных валов, добиваясь сокращения отходов. В частности, на некоторых предприятиях натяжение первого по ходу сматываемых нитей

на стойке шлихтовальной машины вала устанавливается большей величины, поскольку считается, что вытяжка с него минимальна. На других предприятиях предпринимаются попытки формирования партии по радиусам сновальных валов, добиваясь минимального их разброса в партии. Это свидетельствует об актуальности проблемы, несмотря на неоднократно предпринимаемые попытки уменьшения мягких угаров в шлихтовании.

Основной недостаток всех сделанных ранее предложений по формированию партий состоял в том, что не учитывался характер распределения параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние (НДС) паковок. Принято считать, что интегральным параметром НДС является ее объемная плотность, и для уменьшения разброса длины нитей на валах партии необходимо добиваться одинаковой плотности как всех слоев каждого в отдельности вала, так и всех валов партии. Практика партионного снования свидетельствует о значительном различии объемной плотности сформированных валов. Например, в условиях ОАО «Фурмановская прядильно-ткацкая фабрика №2» при средней плотности  $500,1 \text{ кг/м}^3$  хлопчатобумажной пряжи 18,5 текс разброс достигает 20,3%.

Ранее определение параметров НДС, в том числе и плотности, осуществлялось на основе уравнения равновесия элемента сформированного тела намотки [1], [2]. Наматываемые нити, как и тело намотки, считались упругими, то есть их деформирование подчинялось закону Гука, при этом были необходимы исходные данные по упругим свойствам как наматываемых нитей, так и тела намотки. Это не позволяет рекомендовать результаты, полученные в [1], [2] для идентификации параметров и характеристик сновальных валов непосредственно в процессе производства.

Наиболее приемлемым способом идентификации НДС сновальных валов является установление закономерности изменения радиуса вала непосредственно в процессе намотки [2]. Однако, как показали наши исследования, погрешность измерения малых приращений радиуса намотки является значительной, по причине которой установить какую-либо закономерность изменения этого параметра не удается. В результате прямых измерений радиуса намотки, осуществленных с помощью микропроцессорной системы [3], погрешность достигала 67%, при которой в отдельных случаях наблюдалось даже превышение предыдущих показаний радиуса над последующими при послойном кон-

троле параметра. Эта погрешность хотя и уменьшается при использовании косвенного метода измерения радиуса [4], но по-прежнему остается значительной.

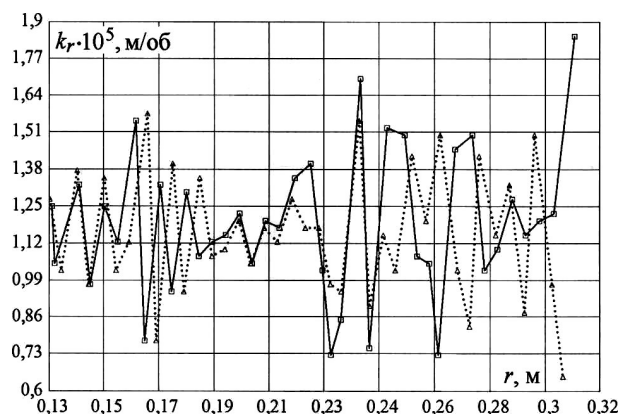


Рис. 1

На рис. 1 приведен пример зависимости коэффициента нарастания толщины слоя намотки, представляющего собой отношение приращения толщины слоя к числу оборотов паковки, от радиуса для двух валов, намотанных на одной сновальной машине СП-140, из которого видно, что указанные закономерности носят случайный характер. Поэтому нами было предложено в качестве параметра, характеризующего НДС паковки, использовать закономерность изменения коэффициента нарастания длины нитей в слое от количества оборотов паковки. Указанную зависимость можно получить с помощью двух инкрементальных энкодеров [3], один из которых имеет мерильные колеса для точного измерения длины нитей, а второй также достаточно точно измеряет количество оборотов вала.

Характер отмеченной зависимости определяет напряженно-деформированное состояние паковки, а коэффициент нарастания длины связан с коэффициентом приращения толщины намотки. Действительно, если длина нити в слое определяется из выражения [5]:

$$L_i = 2\pi n_i [r_{i-1} + 0,5c_i(n_i + 1) - A_i]$$

то коэффициент нарастания длины нитей в слое  $k_L$ :

$$k_L = dL_i / dn_i = \pi[2r_{i-1} + c_i(2n_i + 1) - 2A_i],$$

откуда

$$c_i = (k_L + 2\pi A_i - 2\pi r_{i-1}) / [2\pi(n_i + 0,5)] = k_L [2\pi(n_i + 0,5)]^{-1} + (A_i - r_{i-1})(n_i + 0,5)^{-1},$$

или

$$c_i = \alpha k_L + \beta,$$

где  $\alpha = [2\pi(n_i + 0,5)]^{-1}$  и  $\beta = (A_i - r_{i-1})(n_i + 0,5)^{-1}$ .

Если далее использовать полученное выражение для  $c_i$  в формуле плотности намотки [5]:

$$\gamma_i = \frac{2mTn_i[2r_{i-1} + 0,5c_i(n_i + 1) - A_i]}{10^6 H[(r_{i-1} + c_i n_i - A_i)^2 - r_{i-1}^2]},$$

то аналогично коэффициенту приращения толщины слоя из [5] можно получить квадратное уравнение относительно  $k_L$ :

$$d_1 k_L^2 + d_2 k_L + d_3 = 0.$$

$$\text{где} \quad d_1 = 10^6 H \gamma_i \alpha^2 n_i^2;$$

$$d_2 = 10^6 H \gamma_i [2\alpha n_i (r_{i-1} - A_i) + 2\alpha \beta n_i^2] - mTn_i \alpha (n_i + 1);$$

$$d_3 = 10^6 H \gamma_i [A_i (A_i - 2r_{i-1}) + 2(r_{i-1} - A_i) \beta n_i + \beta^2 n_i^2] - 2mTn_i (r_{i-1} - A_i) - mTn_i \beta (n_i + 1).$$

Положительное значение корня  $k_L = 0,5(-d_2 + \sqrt{d_2^2 - 4d_1 d_3})d_1^{-1}$  определяет коэффициент нарастания длины нитей. Из выражения корня может быть найдена зависимость  $k_L$  от количества оборотов паковки при постоянной плотности намотки.

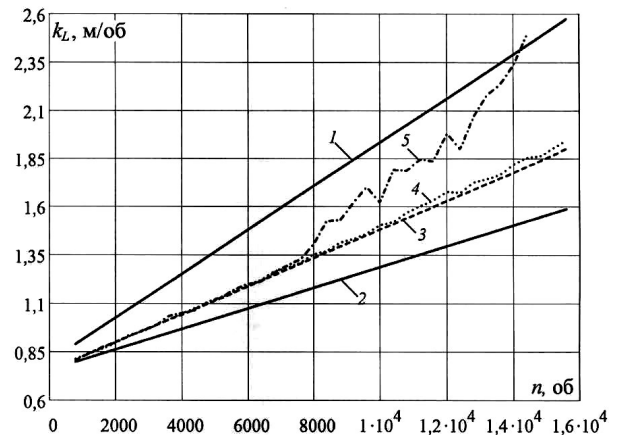


Рис. 2

На рис. 2 показаны указанные зависимости для значений плотностей 320 и 680 кг/м (соответственно кривые 1 и 2). Здесь же показаны экспериментальные кривые при намотке трех сновальных валов на машине СП-140, из которых следует, что два вала намотаны с приблизительно одинаковым напряженным состоянием (кривые 3 и 4), а один — с параметрами, изменяющимися в процессе формирования паковки (кривая 5). Два вала намотаны с приблизительно равной плотностью, плотность третьего вала изменяется в процессе намотки: до 6800 оборотов (чуть менее половины намотки) плотность соответствовала первым двум валам, и далее плотность по какой-то причине уменьшалась.

Линейный характер теоретических зависимостей  $k_L(n_i)$  (рис. 2) свидетельствует о возможности использования их для аппроксимации экспериментальных данных. Константы этих зависимостей характеризуют одну из важнейших характеристик напряженно-деформированного состояния паковки — ее плотность, а отклонения зависимостей от линейных свидетельствуют об изменениях в плотности намотки, поэтому параметры аппроксимирующих линейных зависимостей могут быть использованы в качестве параметров, идентифи-

цирующих напряженное состояние паковки, и применены при составлении партии сновальных с однородной структурой.

Для подтверждения этого с помощью микропроцессорной системы, описанной в [3], в условиях ОАО “Фурмановская прядильно-ткацкая фабрика №2” (г. Фурманов, Ивановская обл.) были получены экспериментальные зависимости изменения коэффициента нарастания длины нитей от количества оборотов паковки при наработке 20 сновальных валов на сновальной машине СП-140. Перерабатывалась хлопчатобумажная пряжа 18,5 текс, количество и длина нитей в намотке составляли соответственно 440 и 21500 м. Данные регистрировались через каждые 200 оборотов сновального вала. Полученные экспериментальные результаты по каждому валу после обработки объединялись в сводную таблицу, в которую включались данные о фактической длине нитей на валу  $L$ , количестве оборотов вала  $n$ , конечном радиусе намотки  $R_k$  и параметрах  $a$  и  $b$  аппроксимирующей линейной зависимости  $kLn_i = an_i + b$ .

Данные сводной табл. 1 после предварительной процедуры стандартизации использовались в кластерном анализе, который осуществлялся методом  $k$ -средних с помощью программы Statistica [6]. Исходные данные приводились к стандартному виду в виде отношения разности исходного и среднего значений к значению стандартного отклонения с помощью команды Standardize. Число кластеров выбиралось исходя из количества партий, которые необходимо было сформировать из наработанной группы валов (в рассматриваемом случае их 4). В ходе предварительного анализа было установлено, что параметры 3 кластеров из 4 отличаются незначительно, поэтому было принято решение осуществить разбиение на 2 кластера (рис. 3). В результате большинство наработанных валов были отнесены к одному кластеру (Кластер 2) и только 3 вала включены во

второй кластер (Кластер 1).

Далее отслеживался процесс разматывания наработанных сновальных валов на шлихтовальной машине ШБ-11-140. Партии из 5 сновальных валов составлялись в соответствии с разработанной методикой. В первые три партии (партии 1, 2 и 3, табл. 1) были включены 15 валов второго кластера, третья партия была сформирована из 2 валов второго кластера и 3 валов первого кластера (партия 4, табл. 1). Разматывание сновальных валов на стойке шлихтовальной машины осуществлялось в штатном режиме ее работы, то есть без корректировки величины тормозного момента сновальных валиков. Использовалась последовательная заправка, при разматывании количество остатков увеличивалось, как правило, в направлении от ближнего к клеевой ванне вала к дальнему, в соответствии с закономерностью возрастания вытяжки при принятых на производстве настройках тормозных моментов валов. Для сравнения контролировалось количество отходов при принятой на производстве штатной процедуре формирования партий (партии 5...9).

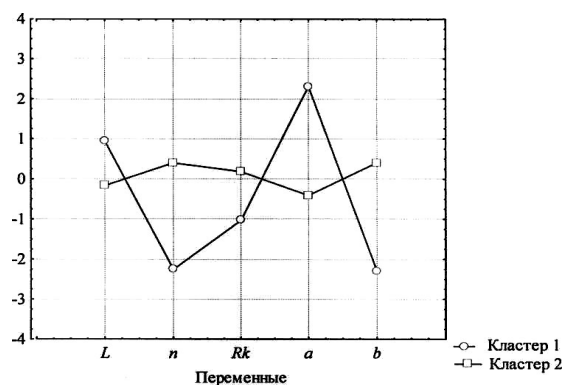


Рис. 3

Взвешивание остатков пряжи на валах осуществлялось на электронных весах с разрешением 0,001 кг. Количество мягких отходов пряжи на сновальных валах по обоим вариантам составления партий представлено в табл. 1.

Таблица 1

Номер партии	Количество мягких отходов, кг						Среднее значение, кг	Дисперсия, кг <sup>2</sup>
	1 вал	2 вал	3 вал	4 вал	5 вал	Всего мягких отходов, кг		
1	—	0,173	0,195	0,151	0,189	0,708	1,04	0,115
2	0,232	—	0,3	0,362	0,491	1,385		
3	—	0,214	0,281	0,355	0,178	1,028		
4	0,66		0,234	0,761	0,922	2,577	3,018	1,173
5	—	0,032	0,251	1,522	1,265	3,070		
6	—	0,061	0,124	0,706	0,999	1,890		
7	0,051		0,242	2,093	2,586	4,972		
8	—	0,012	0,189	1,092	1,997	3,290		
9	—	0,028	0,155	0,704	1,423	2,310		

Среднее значение отходов в партиях 1, 2 и 3 составило 1,04 кг, в остальных – 3,018 кг, с дисперсиями соответственно 0,115 и 1,173 кг<sup>2</sup>. Для возможности использования критерия Стьюдента по оценке значимости различия количества мягких отходов в различных вариантах составления партий проводилась идентификация закона распределения массы отходов в партиях. Для этого использовалась программа Statistica [6]. Рассматривалась выборка из 34 значений массы мягких отходов при шлихтовании. В результате установлено, что распределение массы мягких отходов в шлихтовании подчиняется нормальному закону распределения. В соответствии с критерием Стьюдента различие средних в обоих вариантах шлихтования является значимым, снижение количества мягких отходов составило 65,5%.

## ВЫВОДЫ

1. Идентификация напряженно-деформированного состояния паковки партионного снования на основе закономерности изменения радиуса намотки затруднительна из-за низкой точности измерения параметра.

2. Предложено использовать коэффициент нарастания длины нитей в слое для идентификации напряженно-деформированного состояния сновальной паковки.

3. Разработана методика формирования партии сновальных валов для шлихтовальной машины, включающая идентификацию напряженно-деформированного состояния наработанных валов и их последующий отбор в партию с помощью кластерного анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сухарев В.А., Матюшев И.И. Расчет тел намотки. — М.: Машиностроение, 1982.
2. Гордеев В.А., Вайнер И.И., Ерошкин Ю.В. Расчет паковок рулонного типа на основе кинематических параметров наматывания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 1. С. 29...32.
3. Демидов Н.А. Микропроцессорная система контроля кинематических параметров партионного снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 4. С. 159...161.
4. Кулида Н.А., Линькова Л.В., Кулида А.Н. Косвенные измерения параметров намотки пряжи на партионной сновальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 6. С. 103...107.
5. Кулида Н.А., Демидов Н.А., Круглов А.В. Определение плотности намотки сновальных валов на основе кинематических параметров процесса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 1. С. 77...81.
6. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. – 3-е изд. – М: ООО “Бином-Пресс”, 2007.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 30.10.13.