

УДК 677.053.74.001.5

**КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАМОТКИ ПРЯЖИ  
НА ПАРТИОННОЙ СНОВАЛЬНОЙ МАШИНЕ**

*Н.А. КУЛИДА, Л.В. ЛИНЬКОВА, А.Н. КУЛИДА*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Эффективная подготовка основных нитей к ткачеству на партионной сновальной машине должна базироваться на непрерывном контроле параметров, составляющем информационную основу системы управления процессом намотки [1].

Измерение линейной скорости снования и длины нитей, наматываемых на сновальную паковку, до последнего времени осуществлялось с помощью мерильного вала, связанного с тахогенератором и счетчиком. По причине низкой точности такого способа измерения на производстве используют другой метод, основанный на применении менее инерционного мерильного колеса, контактирующего со сновальным валом и соединенного со счетным механизмом.

Контроль указанных параметров, так же как и других, характеризующих напряженно-деформированное состояние тела намотки, возможен на основе косвенных измерений [2].

Для этого измеряются угловые скорости сновального  $\omega_c(r_c)$  и укатывающего  $\omega_y(r_y)$  валов, а значение линейной скорости вычисляется по известной формуле

$$V(r_c, \varphi_c) = \omega_c(r_c)r_c(\varphi_c),$$

где  $r_c$  – радиус намотки;  $\varphi_c$  – угол поворота сновального вала.

Для вычисления  $r_c$  используется выражение

$$r_c(\varphi_c) = \omega_y(r_y)r_y / \omega_c(r_c),$$

где  $r_y$  – радиус укатывающего вала.

Длина наматываемых на сновальный вал нитей измеряется без применения дополнительного мерильного колеса, поскольку она пропорциональна углу поворота укатывающего вала. Однако из-за его инерционности в нестационарных режимах работы машины возникает погрешность, обусловленная проскальзыванием, которое зависит от обрывности нитей и накапливается по мере наработки сновального вала. По этой причине в режимах пуска и останова машины осуществляют переход на измерение длины нитей по углу поворота сновального вала и для вычисления длины в эти периоды используют выражение:  $l(\varphi_c, r_c) = r_c\varphi_c$ .

Кроме того, на основе кинематических параметров, в частности, закономерности изменения радиуса намотки по мере наматывания сновального вала, могут быть рассчитаны и характеристики напряженно-деформированного состояния тела намотки [3].

Получим расчетные соотношения для оценивания погрешностей измерения основных кинематических параметров процесса наматывания, которые используются

в информационном обеспечении системы управления процессом намотки [2].

Диапазон изменения угловой скорости сновального вала  $\omega_c$  определяется радиусом намотки и линейной скоростью снования. Если для измерения угловой скорости используется импульсный датчик, который легко вписывается в микропроцессорную систему вычисления и обработки результатов измерений, то при формировании за один оборот сновального вала  $m_c$  импульсов диапазон изменения частоты составляет от  $f_{c \min} = (2\pi)^{-1} m_c \omega_{c \min}$  до  $f_{c \max} = (2\pi)^{-1} m_c \omega_{c \max}$ , где  $\omega_{c \min}$ ,  $\omega_{c \max}$  – соответственно минимальное и максимальное значения измеряемой угловой скорости.

При использовании для измерения частоты способа электронно-счетного частотомера [4] погрешность в основном определяется не кратностью периодов измеряемого сигнала и сигнала формирования времени счета  $\tau$  и составляет  $\delta_0 = 1/(f_c \tau)$ .

Поскольку при выбранном  $\tau$  погрешность увеличивается с уменьшением измеряемой частоты, то максимальное значение рассматриваемой погрешности возникает при измерении  $f_{c \min}$ . Вследствие этого, задаваясь допустимой величиной погрешности  $\delta_0$ , можно определить нужное число импульсов, формируемое датчиком за один оборот сновального вала:  $m_c = 2\pi/(\delta_0 \omega_{c \min} \tau)$ .

$$\begin{aligned} \Theta_{rc}(P) &= k \sqrt{\left(\frac{dr_c}{d\omega_y}\right)^2 \Theta_{\omega_y}^2(P) + \left(\frac{dr_c}{d\omega_c}\right)^2 \Theta_{\omega_c}^2(P) + \left(\frac{dr_c}{dr_y}\right)^2 \Theta_{r_y}^2(P)} = \\ &= k \sqrt{\left(\frac{r_y}{\omega_{c0}}\right)^2 \Theta_{\omega_y}^2(P) + \left(\frac{\omega_{y0} r_y}{\omega_{c0}^2}\right)^2 \Theta_{\omega_c}^2(P) + \left(\frac{\omega_{y0}}{\omega_{c0}}\right)^2 \Theta_{r_y}^2(P)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\omega_{c0}$ ,  $\omega_{y0}$  – значения угловой скорости сновального и укатывающего валов, соответствующие вычисляемому значению

Кроме рассмотренной составляющей способ электронно-счетного частотомера имеет также компоненты погрешности, связанные с долговременной и кратковременной нестабильностями частоты опорного генератора и погрешностью установки этой частоты. Численные значения этих составляющих на несколько порядков ниже по сравнению с  $\delta_0$ , поэтому могут во внимание не приниматься [5].

Если использование способа электронно-счетного частотомера неприемлемо по причине высокой погрешности, то можно рекомендовать способ, основанный на подсчете импульсов фиксированной частоты от кварцевого генератора за промежуток времени между двумя импульсами датчика угловой скорости сновального вала. Кроме того, может использоваться любой цифровой тахометр, имеющий нормированное значение погрешности.

При постоянной линейной скорости снования угловая скорость укатывающего вала  $\omega_y$  остается неизменной, поэтому при оценивании погрешности ее измерения могут приниматься во внимание соображения, рассмотренные выше.

Погрешность измерения радиуса намотки  $r_c$  определяется как погрешность косвенного измерения [6]. При однократных измерениях аргументов суммарная систематическая погрешность  $\Theta_{rc}(P)$  составляет

сящий от доверительной вероятности  $P$  и числа суммируемых составляющих  $\Theta_j$  [6].

радиуса намотки;  $k$  – коэффициент, зави-

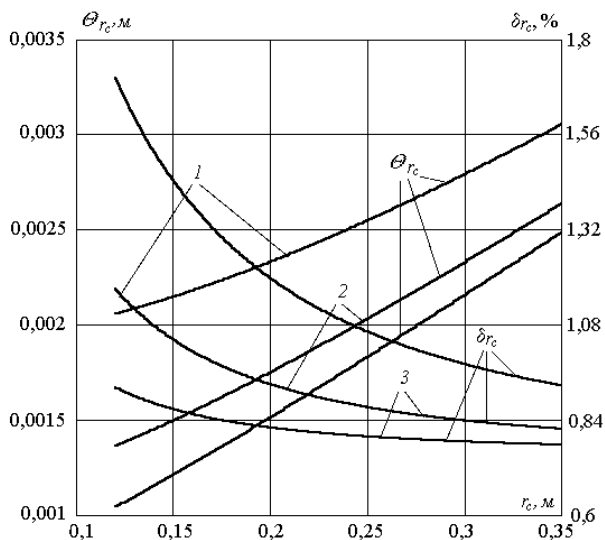


Рис. 1

Если намотка осуществляется в режиме постоянной линейной скорости, угловая скорость  $\omega_c$  с ростом радиуса намотки уменьшается по гиперболическому закону.

В соответствии с (1) суммарная систематическая погрешность изменяется по зависимости, представленной на рис. 1 (при относительной погрешности измерения угловой скорости не более 0,025%).

Преобладающее влияние на погрешность оказывает вторая составляющая в формуле (1), связанная с погрешностью измерения угловой скорости сновального вала, которая при ее мультипликативном характере не зависит от радиуса намотки. На скорости снования 400 м/мин ее доля составляет 91,1% в начале намотки и 60,6% – в конце.

Первая и третья составляющие с ростом радиуса намотки увеличиваются, обуславливая увеличение общей погрешности измерения и снижение доли второй составляющей. В результате относительная погрешность уменьшается по гиперболическому закону, достигая максимального значения в начале намотки: 1,3...2,0% в зависимости от скорости снования (рис. 1).

При оценке суммарной погрешности измерения радиуса намотки следует также иметь в виду методическую составляющую, обусловленную упругим скольжением укатывающего вала относительно сновального [5]. Нагрузка на укатывающий вал должна преодолеваться силой трения,

зависящей от усилия прижима, коэффициента трения между нитями и поверхностью укатывающего вала, эксцентриситета намотки сновального вала. Кроме того, на взаимодействие сновального и укатывающего валов влияют вязкоупругие свойства тела намотки.

Погрешность измерения длины нитей, наматываемых на сновальный вал, в стационарном режиме работы машины определяется погрешностью счетчика импульсов и отмеченным упругим скольжением. К этой погрешности в нестационарных режимах добавляется погрешность косвенного измерения длины.

Если обрывность в партионном сновании составляет  $B$  обрывов на 1 млн. м одиночной нити, то при числе наматываемых нитей  $m$  и их длине  $l$  число обрывов на 1 сновальный вал составит  $b = Bm \cdot 10^{-6}$ .

В нестационарных режимах работы машины длина нитей вычисляется по формуле

$$l_n = \sum_{i=1}^b r_{ci} [\varphi_{ci}^n(r_{ci}) + \varphi_{ci}^o(r_{ci})],$$

где  $r_{ci}$  – радиус намотки в  $i$ -й момент обрыва;  $\varphi_{ci}^o(r_{ci})$ ,  $\varphi_{ci}^n(r_{ci})$  – угол поворота сновального вала соответственно при останове (от начала торможения до остановки вала) и пуске машины (от начала разгона до достижения заданной скорости снования).

Углы поворота  $\varphi_{ci}^o(r_{ci})$  и  $\varphi_{ci}^n(r_{ci})$  определяются моментом инерции сновального вала и зависят от эффективности тормозной системы и динамических свойств привода машины.

Принимая

$$\varphi_{ci}^o(r_{ci}) = \varphi_{c0}^o + a_o (r_{ci} - r_0)^2$$

и

$$\varphi_{ci}^n(r_{ci}) = \varphi_{c0}^n + a_n (r_{ci} - r_0)^2,$$

где  $\varphi_{c0}^o$ ,  $\varphi_{c0}^n$  – углы поворота в рассматриваемые периоды работы машины при  $r_{ci} = r_0$ , то есть в начале наработки сноваль-

ного вала, а  $a_o$ ,  $a_n$  – постоянные коэффициенты, находим

$$\ell_n = \sum_{i=1}^b r_{ci} \left[ \varphi_\Sigma + (r_{ci} - r_0)^2 a_\Sigma \right],$$

где  $\varphi_\Sigma = \varphi_{c0}^o + \varphi_{c0}^n$ ,  $a_\Sigma = a_o + a_n$  – некоторые константы.

По аналогии с формулой (1) вычисляем погрешность измерения длины нитей в периоды, когда измерение осуществляется

$$\begin{aligned} \Theta_{\ell_n}(P) &= k \sqrt{\left( \frac{d\ell_n}{dr_c} \right)^2 \Theta_{rc}^2(P) + \left( \frac{d\ell_n}{d\varphi_c} \right)^2 \Theta_{\varphi_c}^2(P) =} \\ &= k \sqrt{\left[ \sum_{i=1}^b \varphi_\Sigma + a_\Sigma (r_{ci} - r_0)(3r_{ci} - r_0) \right]^2 \Theta_{rc}^2(P) + \left( \sum_{i=1}^b r_{ci} \right)^2 \Theta_{\varphi_c}^2(P)}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Theta_{\varphi_c}(P)$  – погрешность измерения угла поворота сновального вала.

Рассматриваемая погрешность зависит от того, как распределены обрывы по длине наматываемых нитей и какое их число. С ростом обрывности  $B$  и смещением ее к концу наработки вала  $\Theta_{\ell_n}(P)$  увеличивается.

Погрешность измерения длины определялась при сновании хлопчатобумажной пряжи 25 текс на машине СП-180-4 (использовались заправочные параметры ОАО “Солидарность”, п. Савино, Ивановская обл.). Скорость снования составляла 490 м/мин, число нитей в заправке 464, длина 23900 м.

Погрешность измерения длины при наработке первого сновального вала составила 2,6 м (18 обрывов на вал), а при наработке второго вала 3,0 м (19 обрывов на вал). Относительная погрешность при этом не превысила 1,9 %.

Суммарная погрешность измерения длины складывается из рассмотренной составляющей и погрешности в установившемся режиме снования. Последняя определяется точностью используемого средства измерения и факторами, влияющими на упругое скольжение между сновальным и укатывающим валами.

Закономерности косвенных измерений

косвенно; при этом погрешность измерения угла поворота сновального вала принимаем равной погрешности измерения его угловой скорости, а погрешность измерения радиуса намотки, вследствие доминирующего влияния аддитивной составляющей в суммарной погрешности, считаем постоянной по радиусу намотки и равной максимальному значению в конце намотки.

Отсюда

параметров намотки экспериментально исследовались на специальном стенде, включающем мотальную головку крестовой намотки цилиндрических бобин.

Угловая скорость фрикционного барабанчика и паковки измерялась с помощью датчиков импульсов ДИ-3-3 и частотомера ЧЗ-34 с относительной погрешностью, не превышающей 0,04%.

Исследовалась зависимость погрешности косвенного измерения радиуса намотки  $\Theta_{rc}$  от скорости  $V$  и величины радиуса  $r_c$ . Контрольные измерения радиуса выполнялись штангенциркулем с инструментальной погрешностью, не превышающей 0,1 мм.

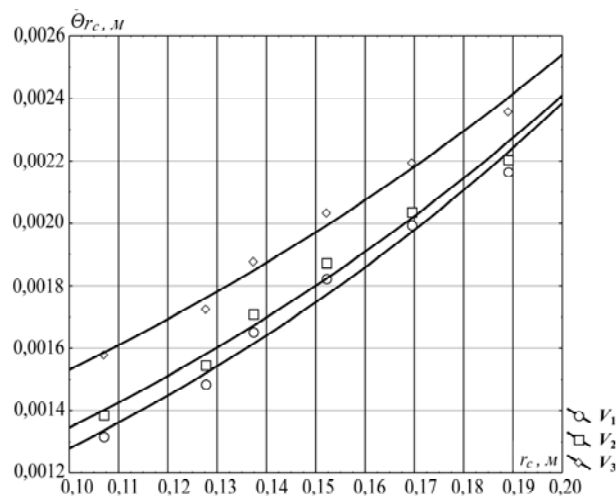


Рис. 2

На рис. 2 показаны рассматриваемые зависимости при намотке хлопчатобумажной пряжи 29 текс.

Сравнение экспериментальных зависимостей с расчетными показывает, что характер их изменения соответствует расчетному. Превалирование действительной погрешности над расчетной объясняется влиянием упругого скольжения на соотношение скоростей вращения ведущего и ведомого валов и более высокой погрешностью используемого частотомера.

Вычисления параметров, определяющих напряженно-деформированное состояние катушки, на основе кинематических параметров процесса наматывания также относится к задачам оценивания погрешностей косвенных измерений и должно учитывать радиальные перемещение и деформацию слоев катушки, которые, в свою очередь, определяются целым рядом констант, характеризующих напряженно-деформированное состояние как самих нитей, так и образованную ими катушку [7].

Подобная задача является самостоятельной и здесь не рассматривается. Ее решение позволит ответить на вопрос, возможно ли косвенное измерение параметров напряженно-деформированного состояния сновальных паков на основе прямых и косвенных измерений кинематических параметров процесса наматывания, как велика погрешность их оценки и можно ли с помощью системы управления процессом наматывания сформировать катушку изоморфных сновальных валов, то есть валов с одинаковыми геометрическими и структурными параметрами.

## ВЫВОДЫ

1. Основное влияние на точность косвенного измерения радиуса катушки оказывает погрешность измерения угловой ско-

рости сновального вала. С увеличением линейной скорости снования и радиуса катушки абсолютное значение погрешности увеличивается, достигая максимального значения к концу катушки.

2. Погрешность измерения длины нитей в партионном сновании с помощью датчика угла поворота укатывающего вала в нестационарных режимах работы машины определяется закономерностью распределения обрывности по длине нитей и погрешностями измерения радиуса катушки и угла поворота сновального вала в периоды, когда измерение длины наматываемых нитей осуществляется косвенно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование повышения эффективности подготовки основных нитей к ткачеству в партионном сновании: Дис...докт. техн. наук. – Иваново, 2004.

2. Устройство для управления процессом наматывания нитей на партионной сновальной машине: свидетельство на полезную модель № 30578 РФ, МПК D02H 13/00 / Кулида Н.А., Шарова А.Ю. от 09.12.2002.

3. Гордеев В.А., Вайнер И.И., Ерошкин Ю.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №1. С.29...32.

4. Кузнецов В.А., Долгов В.А., Коневских В.М. и др. Измерения в электронике: Справочник / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

5. Заблонский К.И., Беляев М.С., Телис И.Я. и др. Проектирование механизмов и приборов. – Киев: Вища школа, 1971.

6. МИ 2083–90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

7. Вайнер И.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, № 5. С.28...31.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 05.10.06.