

УДК 677.024

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ПЕРЕМАТЫВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНЕРЦИОННОГО НАТЯЖНОГО ПРИБОРА

Е. А. БОРИСОВА, В. Р. КРУТИКОВА, С. В. ЯМЩИКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

В [1] впервые при расчете натяжения нити при перематывании предлагалось учитывать вынужденные колебания подвижной системы натяжителя, вызванные неравномерностью нити по диаметру. В [2] был рассмотрен метод расчета натяжения F_i движущейся нити в шайбовом натяжном устройстве как случайной величины в функции случайного шага неровноты пряжи A_i . В основу метода положена детерминированная модель, описанная в [3]. Недостатком имитационно-статистической модели (ИСМ) [2] является то, что при выборе достаточно большого шага по времени Δt и большой скорости перематывания на больших отрезках пряжи генерируется один шаг неровноты, а на малых отрезках пряжи и при малых скоростях перематывания число сгенерированных A_i может оказаться больше их реального числа, приходящегося на исследуемую длину. Кроме этого натяжение определяется на каждом шаге неровноты только в одной точке. Все это искажает картину процесса.

С целью получения достоверных результатов моделирования необходимо рассматривать значительные по длине отрезки пряжи. Проследить влияние факторов, проявляющихся на коротких отрезках, например, случайные изменения натяжения нити при отрыве ее от тела прядильной паковки, в баллоне, при огибании направляющих прутков, а главное, изменение натяжения, связанное с изменением скорости движения нити, обусловленное ее раскладкой, невозможно.

В предлагаемом методе расчета натяжения, создаваемого инерционными натяжными устройствами с позиционным силовым взаимодействием нагружающего элемента (грузовым, пружинным, электромагнитным и т. д.) и нити, базовым является время цикла раскладки (например, пять оборотов вращения мотального барабанчика). Это время делится на заданное количество точек, достаточное для получения необходимой точности описания числовых характеристик натяжения (среднего значения и дисперсии). При средних скоростях перематывания, принятых в промышленности, за пять оборотов барабанчика через технологическую зону проходит около 1,5 м нити. Учитывая, что на минимальном шаге неровноты нити требуется рассчитывать натяжение не менее чем в 10 точках, общее количество точек на 1,5 м длины пряжи должно быть не менее 500. Такого количества на сгенерированном шаге неровноты достаточно, чтобы установить, в каком месте по длине шага может произойти нарушение контакта нити и элемента, создающего нормальное давление на нить.

В отличие от [1, 2], где констатировался факт отрыва тарелочки от нити, в предлагаемой модели рассматривается движение нагружающих элементов вне контакта с ней. Может оказаться, что нарушенный контакт восстановится на том же шаге неровноты или перейдет на следующий. Рассматриваемый метод существенно повышает точность описания изменения натяжения в натяжном устройстве вследствие того, что мо-

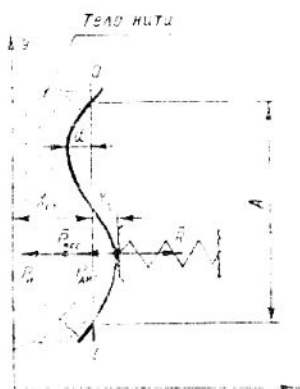


Рис. 1.

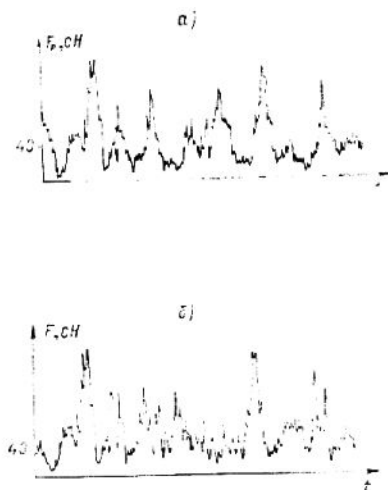


Рис. 2.

делируется вся нить с конкретным числом шагов, причем между отдельными шагами осуществляется «шивка».

Используем предложенный метод для расчета натяжения в пружинном натяжном устройстве. Как и в [2], натяжение нити находили по зависимости $F = F_0 + 2fN$, где F_0 — случайное входное натяжение; f — коэффициент трения; N — нормальное давление со стороны тарелочки на нить. Очевидно, сила нормального давления должна быть равна проекции реакции нити на ось x (рис. 1). Примем допущения, аналогичные описанным в [2] (нить не сминаема, профиль нити изменяется по гармоническому закону в пределах шага неровноты, переходными процессами в колебательной системе от шага к шагу неровноты пренебрегаем). Тогда текущее изменение диаметра нити: $X_d = d \cos(\omega t)$, где d — амплитуда этого изменения.

Рассмотрим систему в равновесии в произвольный момент времени. В первом приближении считаем, что все силы действуют по оси x . Проекция величины силы трения на ось x равна нулю, а проекция реакции R со стороны нити (поскольку система замкнута) на ось x равна величине этой реакции. По оси x (рис. 1) действуют силы R ; $P_{и}$ — сила инерции; $P_{дис}$ — диссипативные силы (сила внутреннего трения в упругом элементе, сила трения тарелочки с массой m_t о направляющую, силы трения в заделке упругого элемента в точке крепления к нулевому звену); $P_{вос}$ — восстанавливающие силы со стороны упругого элемента (статическая, определяемая начальной затяжкой пружины $X_{ст}$ и динамическая X_d , обусловленная смещением тарелочки от положения, определяемого статической затяжкой пружины и изменением профиля неровноты нити, прямая $O-O$):

$$\bar{R} + \bar{P}_{и} + \bar{P}_{дис} + \bar{P}_{вос} = 0. \quad (1)$$

Вынужденные колебания тарелочки из (1) в колебательной системе пружина — тарелочка — нить могут быть описаны в первом приближении уравнением

$$m\ddot{X}_d + h\dot{X}_d + C(X_d + X_{ст}) = R, \quad (2)$$

где m — приведенная масса тарелочки;
 h — коэффициент вязкости;
 C — жесткость упругого элемента.

Приведенная масса m определяется из условия, что масса упругого элемента $m_{\text{п}}$ сравнима с массой самой тарелочки. Согласно [4] $m = m_{\text{т}} + m_{\text{п}}/3$. Коэффициент вязкости h является некоторой совокупной характеристикой действия всех диссипативных сил, включая внешние силы трения. В [5] показано, что в колебательных системах, где присутствуют внешние силы трения, их действие может быть заменено некоторой эквивалентной силой внутреннего трения.

Величину h находили экспериментально по регистрируемой в режиме резонанса частоте и максимальной амплитуде колебаний тарелочки $A_{0\text{max}}$ на вибростенде из уравнения

$$A_{0\text{max}} = A_{\text{в}} \omega^2_{\text{в}} / \sqrt{(\omega^2_0 - \omega^2_{\text{в}})^2 + 4\Theta^2 \omega^2_{\text{в}}}, \quad (3)$$

где ω_0 , $\omega_{\text{в}}$ — круговая частота соответственно собственных и вынужденных колебаний;

$A_{\text{в}}$ — амплитуда колебаний вибростола;

$2\Theta = h/m$ — коэффициент затухания.

Уравнение (2) решается, как алгебраическое, поскольку величина $X_{\text{д}}$ — известна и определена профилем нити; оно справедливо при условии, что величина реакции $R > 0$ — система находится в замыкании. В противном случае натяжной прибор не обеспечивает создания дополнительного натяжения и $F = F_0$. Нарушение замыкания при взаимодействии тарелочки с нитью может происходить в двух случаях: когда система не успевает отслеживать изменение профиля нити в силу своей инерционности или работает в режиме, близком к резонансному. Под резонансным понимаем такой режим работы натяжного устройства, при котором отношение частоты собственных колебаний $\omega_0 = \sqrt{C/m}$ и средней частоты вынужденных колебаний за цикл раскладки $\omega_{\text{в}} = 2\pi V/A$ близко к единице. При этом рост амплитуды колебаний превышает статическую затяжку пружины. В этих условиях рассчитываем максимальную амплитуду колебаний тарелочки

$$X_{\text{max}} = d \omega^2_{\text{в}} / \sqrt{(\omega^2_0 - \omega^2_{\text{в}})^2 + (4\Theta^2 \omega^2_{\text{в}})}$$

и на ее основе — текущую координату $X_{\text{д}}^* = X_{\text{max}} \cos(\omega_{\text{в}} t)$. До тех пор, пока $X_{\text{д}}^*$ остается больше $X_{\text{д}}$, натяжение на выходе из натяжителя остается равным входному. Чтобы проверить условия работы прибора в резонансном режиме, моделью предусмотрен анализ амплитудно-частотной характеристики и определение интервала частот, при которых $X_{\text{max}} > X_{\text{ст}}$.

Если выполняется условие $R < 0$ (отрыв тарелочки от профиля нити), которое может произойти в случаях, когда $\omega_{\text{в}} \ll \omega_0$, или $\omega_{\text{в}} \gg \omega_0$, движение m описывается дифференциальным уравнением второго порядка

$$m \ddot{X}'_{\text{д}} + h \dot{X}'_{\text{д}} + C(X'_{\text{д}} + X_{\text{ст}}) = 0 \quad (4)$$

собственных колебаний тарелочки вне контакта с нитью, решение которого определяет величину $X'_{\text{д}}$. Уравнение (4) решается при начальных условиях на момент отрыва тарелочки от нити: время t равно текущему времени модели t_0 в момент нарушения контакта, $X'_{\text{д}}(t_0) = X_{\text{д}}(t_0)$, $\dot{X}'_{\text{д}}(t_0) = \dot{X}_{\text{д}}(t_0)$. После нарушения контакта $X'_{\text{д}}$ вычисляется на каждом шаге системного времени и сравнивается с текущей координатой про-

филя. Как только эти координаты оказываются равными, вычисляются реакции R по (2).

Расчетная тензограмма одной из реализаций натяжения нити за два оборота барабанчика изображена на рис. 2-а. Аналогичная тензограмма, полученная в ходе экспериментальных исследований с использованием аппаратного комплекса ПАК, разработанного в КГТУ, для натяжения нити после второй зоны пружинного натяжителя приведена на рис. 2-б. Для расчетной тензограммы среднее натяжение за цикл интераскладки составило 40,325 сН, дисперсия — 473,526; для экспериментальной — соответственно 43,411 сН и 780,265. Сравнение двух средних по критерию Стьюдента (расчетное значение 1,94) показало незначимость их различия на фоне ошибок опытов, то есть предлагаемый метод моделирования позволяет получить оценки характеристик натяжения нити при перематывании с использованием инерционных натяжных приборов, достаточно близкие к экспериментальным.

ВЫВОДЫ

1. Предложен метод расчета натяжения на основе ИСМ при перематывании одиночной нити со случайным шагом неровности в технологических схемах с использованием инерционных натяжных приборов, учитывающий различные режимы работы нагружающего устройства, в частности, и при нарушении его контакта с движущейся нитью.

2. Получена расчетная тензограмма натяжения за цикл раскладки, отражающая непрерывность его изменения с заданной точностью вычислений, которая хорошо согласуется с экспериментальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбарук В. Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1963, № 1. С. 91...95.
2. Ямщиков С. В., Глотова Т. М., Лустгартен Н. В. Лабораторный практикум по моделированию и оптимизации технологических процессов в ткачестве // Учеб. пособие / Коstr. технол. ин-т. — Ярославль, 1988. С. 43...59.
3. Ямщиков С. В., Брут-Бруляко А. Б. Математическая модель однозонного дискового натяжного устройства // Межвуз. сб. науч. труд.: Разработка и совершенствование технологий и оборудования ткацкого производства. — Иваново, ИХТИ, 1988. С. 14...18.
4. Иорши Ю. И. Виброметрия. — М.: Машгиз, 1963.
5. Вибрации в технике: Справочник. В 6 томах / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.) — М.: Машиностроение, 1978...1980, т. 2. С. 54.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 21.01.97.

УДК 677.024

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ ТКАНЕЙ С ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ РАСПОЛОЖЕНИЯ НИТЕЙ

В. А. СИНИЦЫН

(Ивановская государственная текстильная академия)

При рассмотрении методики расчета параметров строения комбинированных тканей с эффектом переменной плотности по основе и утку зададимся произвольным мотивным патроном узорчатой ткани. Каждая клетка мотивного патрона представляет собой участок узора ткани,