

## ПРОГРАММА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПЕРЕТЯЖКИ И НАТЯЖЕНИЯ НИТИ В ПРОЦЕССЕ ВЯЗАНИЯ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА

Д.П. ЛЮДВИГОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В данной работе представлена программа, позволяющая прогнозировать величину перетяжки и натяжения нити в каждый момент времени вязания, то есть отразить процесс в динамике. Характерной особенностью является прогнозирование направления движения нити во время образования одной петли.

Перетяжка нити возникает вследствие изменения силы натяжения нити в зоне формирования петли, то есть в зоне между кулирующими иглами. Небольшие отклонения сил натяжения нити от положения равновесия, описанного формулой Эйлера:

$$T_1 = T_0 e^{\mu \varphi}, \quad (1)$$

приводят к сильному изменению массы, проходящей через крючок иглы или глазок нитевода. Эти сильные изменения в целом влияют на ситуацию движения нити: нить перераспределяется в зону с большим натяжением, тем самым уравнивая натяжение, но вызывая перетяжку.

Поскольку натяжение нити может быть измерено только на участке от питающей паковки до глазка нитевода, понадобились дополнительные результаты исследований по теоретической модели структуры силы натяжения нити в зоне вязания [1]. Расчет натяжения нити потребовал численного решения системы нелинейных дифференциальных уравнений.

Цель работы – представить состояние в зоне вязания более детально. Программа для определения динамики перетяжки была написана в среде MATLAB. Для удобства использования была применена модульная конструкция, позволяющая легче ориентироваться и вносить нужные изменения. Этого помогло добиться использование нескольких подпрограмм ("m-

файлов"). Для максимального облегчения работы с программой в качестве вводных данных используются только индивидуальные параметры вязальной машины, параметры вязания и самой нити, остальные вычисления были автоматизированы.

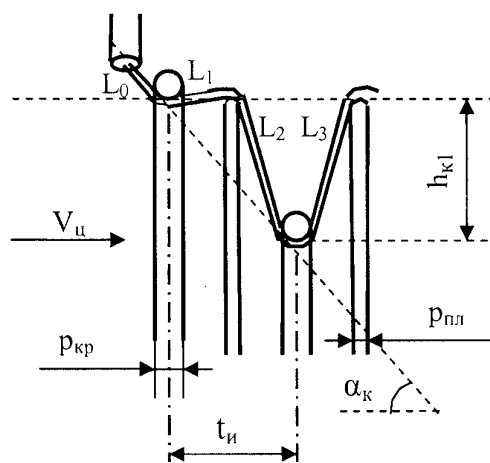


Рис. 1

На схеме расположения рабочих органов в процессе кулирования (рис. 1) использованы следующие обозначения: длина нити от питающей паковки до глазка нитевода –  $L_{вх}$ ; расстояние от глазка нитевода до первой кулирующей иглы –  $L_0$ ; расстояние между иглами и платинами –  $L_1 \dots L_4$ ; натяжение нити в зоне между питающей паковкой и глазком нитевода –  $T_{вх}$ ; натяжение нити в зоне между глазком нитевода и первой кулирующей иглой –  $T_0$ ; натяжение нити в зоне между кулирующими иглами –  $T_1 \dots T_4$ ; окружная скорость вращения цилиндра –  $V_{ц}$ ; класс машины –  $K$ ; диаметр нити –  $d_n$ ; толщина платины –  $r_{пл}$ ; толщина крючка иглы –  $r_{кр}$ ; угол кулирования –  $\alpha_k$ ; игольный шаг –  $t_{и}$ .

Если нить равномерно движется по крючку иглы, то натяжение нити до и после иглы описывается в соответствии с формулой (1). Если же есть перетяжка, то

есть когда нить движется по крючку в обратную сторону, то формула (1) не описывает данную ситуацию. Ситуация в течение времени между этими состояниями была решена в исследовании [1].

Схематичная диаграмма перетяжки нити представлена на рис. 2.

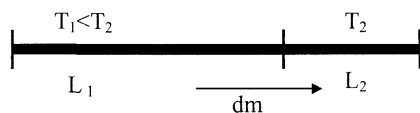


Рис. 2

В основе исследования лежит принцип постоянства массы:

$$m_1 + m_2 = L_1 \frac{E}{T_1 + E} + L_2 \frac{E}{T_2 + E} = \text{const}, \quad (2)$$

где  $m_1$  – масса нити слева от иглы;  $m_2$  – масса нити справа от иглы;  $L_1$  – длина нити слева от иглы;  $L_2$  – длина нити справа от иглы;  $E$  – модуль упругости нити;  $T_1$  – натяжение нити слева от иглы;  $T_2$  – натяжение нити справа от иглы.

В результате исследования [1] была получена модель процесса петлеобразования, основанная на рассмотрении 3-х случаев.

Случай 1:  $T_1$  и  $T_2$  удовлетворяют условию (1), то есть  $T_2 = T_1 e^{\mu\varphi}$ .

Скорость нити имеет неизменное значение в случае динамического равновесия. Масса нити за время движения по крючку иглы имеет неизменное значение:

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{t+\Delta t} = \left. \frac{dm}{dt} \right|_t. \quad (3)$$

Случай 2:  $T_1$  и  $T_2$  не удовлетворяют условию (1), значение отношения  $\frac{T_2}{T_1}$  слишком большое, то есть  $T_2 > T_1 e^{\mu\varphi}$ .

Поток массы нити слишком большой, его можно уменьшить. Значительное снижение пропорционально разности массы и множителю  $1/t$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{t+\Delta t} = \left. \frac{dm}{dt} \right|_t - \frac{1}{t} \frac{L_1 L_2}{L_2 e^{\mu\varphi} + L_1} \frac{T_2 - T_1 e^{\mu\varphi}}{E}. \quad (4)$$

Значение интервала времени изменения скорости нити, вследствие разного натяжения нити  $T$ , можно найти только экспериментально. Проведение таких измерений невозможно. Поэтому для расчетов было принято значение  $t = 0,01$  мс. Постоянная времени  $t$  также показывает, что время установления равновесия массы протекает несомненно быстрее, чем время формирования одной петли.

Случай 3:  $T_1$  и  $T_2$  не удовлетворяют условию (1), значение отношения  $\frac{T_2}{T_1}$  слишком маленькое, то есть  $T_2 < T_1 e^{\mu\varphi}$ .

Скорость нити должна уменьшаться и стать равной нулю, так как направление неподвижной нити неважно в данной ситуации, поэтому примем, что снижение скорости нити во времени происходит экспоненциально, то есть  $dm/dt \sim \exp(-t/\tau)$ . Постоянная времени  $\tau$  имеет самое низкое значение (0,01 с), если  $T_2 = T_1$ . В случае  $T_2 > T_1$  постоянная времени  $\tau$  увеличивается. Она становится бесконечно большой, если выполняется условие  $T_2 = T_1 e^{\mu\varphi}$ . В этом случае скорость нити не снижается, а остается постоянной:

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{t+\Delta t} = \left. \frac{dm}{dt} \right|_t \exp\left(-\frac{T_2 - T_2 \Delta t}{T_2 - T_1 \tau}\right). \quad (5)$$

Математическая формулировка всего процесса, как уже говорилось, основана на постоянстве массы нити. Каждая длина нити  $L_n$  может быть сформулирована

Масса нити, входящей в  $L_n = \left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{в } L_n} =$   
 =Изменение в массе между  $L_n = \Delta m +$  Масса, выходящая из  $L_n$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{из } L_n}.$$

Из этого предположения можно записать следующее.

Масса нити, подающейся с питающей паковки:

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{нит}} = \frac{E}{T_{\text{нит}} + E} V_{\text{нит}}. \quad (6)$$

Масса нити в зоне между паковкой и глазком нитевода,  $L_{\text{вх}}$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{нит}} = -L_{\text{вх}} \frac{E}{(T_{\text{вх}} + E)^2} \frac{dT_{\text{вх}}}{dt} + \left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{нитевод} \rightarrow L_0}. \quad (7)$$

Масса нити в зоне между глазком нитевода и первой кулирующей иглой,  $L_0$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{нитевод} \rightarrow L_0} = -L_0 \frac{E}{(T_0 + E)^2} \frac{dT_0}{dt} + \frac{E}{T_0 + E} \frac{dL_0}{dt} + \left. \frac{dm}{dt} \right|_{L_0 \rightarrow L_1}. \quad (8)$$

Масса нити в зоне между кулирующими иглами и платинами  $L_n$ ,  $L_n = L_1 \dots L_3$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{L_{(n-1)} \rightarrow L_n} = -L_n \frac{E}{(T_n + E)^2} \frac{dT_n}{dt} + \frac{E}{T_n + E} \frac{dL_n}{dt} + \left. \frac{dm}{dt} \right|_{L_n \rightarrow L_{(n+1)}}. \quad (9)$$

Масса в зоне между последней кулирующей иглой и трубчатым полотном  $L_4$ :

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{L_3 \rightarrow L_4} = -L_4 \frac{E}{(T_4 + E)^2} \frac{dT_4}{dt} + \frac{E}{T_4 + E} \frac{dL_4}{dt}. \quad (10)$$

Уравнения (6)...(10) описывают натяжение нити в точках вязания на кругловязальной машине. Ситуация характерна для системы из связанных дифференциальных уравнений. Связанные дифференциальные уравнения получаются из условий перемещающейся массы нити, которые описаны уравнениями (3)...(5). Таким образом, весь процесс полностью сформулирован.

Линейная плотность нити определяется из формулы расчета рекомендуемой линейной плотности для конкретного вида оборудования, либо может быть задана:

$$T = \frac{7 \cdot 10^3}{K^2}. \quad (11)$$

Основная часть последующих вычислений выполняется разработанной программой автоматического вычисления перетяжки нити за исключением данных, полученных применительно к конкретной машине.

Игольный шаг равен

$$t_{\text{и}} = \frac{25,4}{K}. \quad (12)$$

Для машины данного класса вычислим максимальную длину нити в петле:

$$\ell_{\text{max}} = 2,15 t_{\text{и}} + \frac{0,63 \sqrt{T}}{t_{\text{и}}}. \quad (13)$$

Диаметр нити определяется экспериментально, либо рассчитывается.

Определение глубины кулирования.

Приведенный радиус кривизны:

$$r = r_1 + r_2 + d_{\text{н}} = \frac{P_{\text{нит}}}{2} + \frac{P_{\text{кр}}}{2} + d_{\text{н}}. \quad (14)$$

Проекция  $\ell/2$  на ось X:

$$\frac{t_{\text{и}}}{2} = r \sin \varphi_1 + \frac{\ell_{\text{max}}}{2} \cos \varphi_1 - r \varphi_1 \cos \varphi_1, \quad (15)$$

Проекция  $\ell/2$  на ось Y:

$$h_{k1} = r(1 - \cos \varphi_1) + \left( \frac{\ell_{\max} - p_{\text{шт}}}{2} - r\varphi_1 \right) \sin \varphi_1. \quad (16)$$

Глубина кулирования второй иглы:

$$h_{k2} = h_{k1} - t_{\text{и}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{к}}. \quad (17)$$

Расчет длин участков нити между платинами и иглами.

Из геометрии участка нити между платиной и иглой, а также условия абсолютной упругости нити можно показать, что длина участка

$$L_{\text{н}} = r\varphi_1 + r \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{2} - \varphi_1 \right) + \sqrt{\left( \frac{t_{\text{и}}}{2} - r \right)^2 + (h_{\text{к1}} - r)^2}. \quad (18)$$

Таким образом, длины участков рассчитываются по формуле (18), а на участках катушка – нитевод и нитевод – игла определяются прямыми измерениями.

Дальнейшее сравнение натяжений соседних участков и определение условия возникновения перетяжки осуществляется

в соответствии с формулой Эйлера. Следующим шагом идет расчет перетяжки нити на данном участке до момента достижения равновесия натяжения нити. Вследствие перетяжки происходит резкое изменение натяжения на следующем участке, для которого алгоритм расчетов повторяется.

Все данные для расчета величины перетяжки определены и будут уточнены в процессе отладки программы.

## В Ы В О Д Ы

Составлена программа автоматического расчета величины перетяжки и натяжения нити в процессе петлеобразования на основе модели структуры силы натяжения нити в зоне вязания.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Punch T., Wunsch I., Offermann P.* Dynamics of yarn tension on knitting machines // AUTECH Research Journal. – Vol 1, №2 Nov. (2000). P. 54...63.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 01.12.06.