

УДК 677.025

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ДВИЖЕНИЯ НИТИ УПРУГОЙ НА ИЗГИБ ОТНОСИТЕЛЬНО НИТЕПРОВОДНИКА*

И.Г. ЦИТОВИЧ, А.Ф. АНДРЕЕВ, Н.В. ГАЛУШКИНА

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

Натяжение нити является определяющей характеристикой технологической точности и надежности текстильных процессов.

Поиск условий снижения натяжения нити [1] и его стабилизации связан с переработкой тонких нитей (волокон), абсолютные значения разрывной нагрузки которых являются незначительными (малыми).

Механизм формирования натяжения реальных упруго-пластических нитей на трикотажных и других текстильных машинах, в первую очередь, связан с процессом

сматывания нити с паковки, затем с процессом трения на фрикционном внешнем контакте и гистерезисными (необратимыми) затратами энергии при изгибе нити (или внутренним трением) [2]. Существенно также, что сопротивление нити изгибу приводит к изменению формы нити и ее геометрии (положению в пространстве), причем это положение при изменении уровня натяжения и динамических отклонениях не является детерминированным, что может нарушить условия прокладывания и подачи нити [2], [3].

Закономерности изменения натяжения

* Начало.

ветвей упругой на изгиб нити были раскрыты в [2].

Следует отметить, что существует значительное количество работ, посвященное этому фундаментальному вопросу технологии текстильных процессов, то есть вопрос этот не новый. Многие ответы можно найти, изучая аналогичные вопросы для проволок и канатов [5] или для гибких связей, ремней [6].

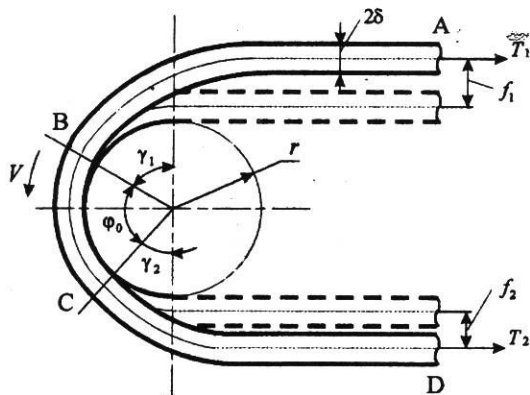


Рис. 1

Общая картина, характеризующая взаимодействие нити постоянной толщины с огибаемой поверхностью, иллюстрируется рис. 1, из которого следует, что в отличие от идеальной нити (показано пунктирными линиями) из-за сопротивления изгибу угол охвата φ нитепроводника уменьшается на углы γ_1 и γ_2 , а нить отклоняется от траектории идеальной нити на величину стрелок f_1 и f_2 .

В предположении, что при изгибе зависимость изгибающего момента M от кривизны основной нити $\frac{1}{\rho}$ является линейной, эти углы определяются уравнениями

$$\cos \gamma_1 = 1 - \frac{H_1}{2T_1(r + \delta)^2}, \quad (1)$$

$$\cos \gamma_2 = 1 - \frac{H_2}{2T_2(r + \delta)^2},$$

где H_1 и H_2 – жесткость нити при изгибе на входе и выходе нити с поверхности, $\text{сН} \cdot \text{мм}^2$.

Если толщиной нити пренебречь ($\delta=0$), при $H_1 = H_2$, что соответствует переработке нити с упругим характером деформации, для оценки углов γ из (1) получим:

$$\cos \gamma = 1 - \frac{H}{2Tr^2}. \quad (2)$$

Разлагая $\cos \gamma$ в степенной ряд, для малых углов γ можно получить $\gamma = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{H}{T}}$, что совпадает с формулой С.Т. Сергеева для канатов и проволоки при огибании направляющих блоков [5].

Если пренебречь изгибающим моментом в сечениях (точках) А и D из-за достаточного их отклонения, то отклонение ветвей нити на величину стрелки f (f_1 и f_2 – рис. 1) имеет оценку $f = \frac{H}{2rT}$, что позволя-

ет, измеряя стрелку f и натяжение нити T при огибании стержня радиусом r , достаточно точно определять жесткость нити при изгибе H [7]. Для реальных нитей такие оценки находятся в диапазоне $H = EI = 0,05 \dots 2 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$ [8].

Для натяжения ветвей нити с учетом толщины 2δ , если исходить из закона Амонтона на фрикционном контакте, можно получить [2]:

$$T_2 = T_1 \frac{(\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1) e^{\mu \frac{r}{r+\delta} \varphi_0} - \mu \frac{\delta}{r+\delta} \sin \gamma_1}{\cos \gamma_2 - \mu \sin \gamma_2 \frac{r}{r+\delta}} + \frac{M_B - M_C}{r + \delta}. \quad (3)$$

В точках В и С натяжение имеет составляющие, направленные по касательной и нормали, соответственно:

$$T_{1t} = T_1 \cos \gamma_1 \quad \text{и} \quad T_{1n} = T_1 \sin \gamma_1, \quad (4)$$

$$T_{2t} = T_2 \cos \gamma_2 \quad \text{и} \quad T_{2n} = T_2 \sin \gamma_2. \quad (5)$$

Наличие сосредоточенных сил нормального давления приводит к возникновению перерезывающих сил и смятию нити в точках контакта с опорной поверхностью: например, комплексная нить, состоящая из скрученных между собой волокон, может сплющиваться, превращаясь в "ленточку", при этом ее сопротивление изгибу может существенно (ступенчато) уменьшаться с уменьшением изгибающего момента.

В первом приближении положим $\delta = 0$, что будет соответствовать, в частности, движению реальных тонких нитей (10 – 100 мкм) по нитепроводникам с радиусами поверхности нитенаправителей (глазков) в диапазоне $r = 0,15 \dots 1,50$ мм или некоторой модели движения реальных нитей, учитывая их сплющивание на контактной поверхности. Положим также $M_B = M_C$, имея в виду, в первом приближении, что изгибные свойства на участке трения при $r = \text{const}$ не изменяются, тогда (3) примет вид

$$T_2 = T_1 \frac{(\cos \gamma_1 + \mu \sin \gamma_1) e^{\mu \varphi_0}}{\cos \gamma_2 - \mu \sin \gamma_2}. \quad (6)$$

Поскольку от углов γ зависит фактически угол охвата нитью огибаемой поверхности $\varphi_0 = \varphi - (\gamma_1 + \gamma_2)$ и трение нити на фрикционном контакте, произведем оценку углов γ_1 и γ_2 .

Из соотношения (1) следует квадратичная зависимость углов охвата γ от кривизны упругой линии нити $\frac{1}{(r + \delta)}$ и линейная

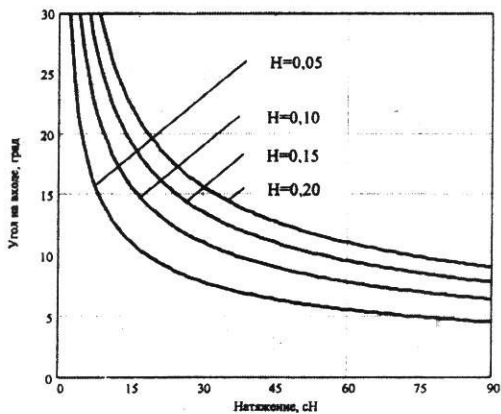
зависимость от отношения $\frac{H}{T}$. Таким образом, кривизна огибаемой поверхности, определяемая, в частности, классом трикотажной машины, оказывает наибольшее влияние на изменение углов охвата нитью огибаемой поверхности.

Традиционно натяжение нити на трикотажных машинах рассчитывают по формуле Эйлера, включая последние зарубежные исследования [9]. Изменение углов из-за жесткости нити в инженерных расчетах технологии трикотажного производства вообще не учитывают, полагая $T_{\max} = T_0 e^{\mu \sum \varphi}$. Произведем оценку углов γ_1 и γ_2 .

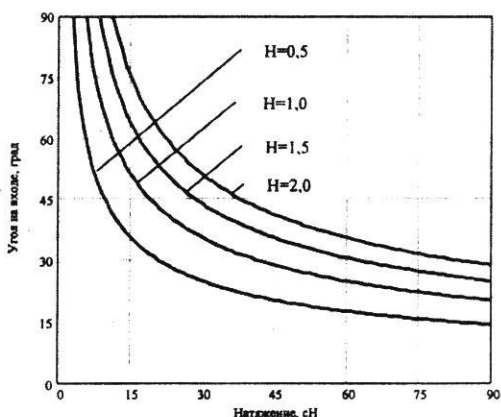
Из (1) следует, что углы γ_1 и γ_2 зависят от натяжения нити T_1 и T_2 , которые, как следует из (4) и (5), зависят от γ_1 и γ_2 . Если T_1 известно, то система уравнений (1) и уравнение (5) позволяют в неявном виде при заданных фрикционных свойствах μ и угле охвата $\varphi_0 = \varphi - (\gamma_1 + \gamma_2)$ определить T_2 , γ_1 и γ_2 .

В первом приближении, которое было осуществлено в среде MathCAD, для оценки значимости углов γ_1 и γ_2 произведем их оценку для реальных нитей с характеристиками жесткости H в реальном диапазоне от 0,05 до 2,00 сН·мм² по формуле (3) для относительно малых значений натяжения $T_1 = 0 \dots 15$ сН, что соответствует движению нити по элементам нитепроводящей системы, и для натяжения нити в диапазоне порядка $T_1 = 15 \dots 90$ сН, что соответствует нагрузкам на нить в процессе петлеобразования.

$r := 0,3$ мм $H := 0,05; 0,1...0,2$ сН · мм⁴
 $T := 0...90$ сН $\delta := 0$ мм



$r := 0,3$ мм $H := 0,5; 1...2$ сН · мм²
 $T := 0...90$ сН $\delta := 0$ мм



б)

Рис. 2

Расчет углов γ , на которые уменьшается действительный угол охвата, по формуле (2) для реальных нитей в диапазоне изменения натяжения 0...90 сН показывает, что в зависимости от величины натяжения и изгибной жесткости нити фактически углы охвата значительно уменьшаются в первом приближении на величину "поправки" 2γ . Как пример, при радиусе огибаемой поверхности $r = 0,3$ мм (что соответствует переработке нити на машинах средних классов 8 - 10) эти поправки соизмеримы с углом охвата (рис. 2-а, б – графики зависимости угла γ от натяжения нити T).

Таким образом, фактические углы охвата нитей (пряжи) при вязании на трикотажных машинах по сравнению с геометрией для идеальных нитей, не сопротивляющихся изгибу, существенно уменьшаются, что позволяет считать расчеты по формуле Эйлера в процессах вязания в достаточной мере не корректными. Кроме того, выбором радиусов кривизны нитепроводников возможна реализация условий, когда имеется точечный контакт нити с нитепроводником или иглами трикотажных машин и углы охвата нитью огибаемого нитепроводника отсутствуют, то есть $\varphi_0 = \varphi - (\gamma_1 + \gamma_2) \rightarrow 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович И.Г., Большакова Н.И. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1975, №3. С. 113...118.
2. Цитович И.Г., Каган В.М. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1974, №4. С.129...134.
3. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечновязаного трикотажа: Моногр. – М.: Легпромбытиздат, 1992. С.124.
4. Цитович И.Г., Шорин В.И. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1971, №3. С.119...121.
5. Сергеев С.Т. Надежность и долговечность подъемных канатов. – "Техніка", 1968.
6. Светлицкий В.А. Передача с гибкой связью. Теория и расчет. – М.: Машиностроение, 1967.
7. А.с. 1640645 СССР. G01, 19/02. Способ определения жесткости гибких элементов на изгиб / И.Г. Цитович, В.М. Каган, А.М. Пиотровский. – Оpubл.1991. Бюл. №13.
8. Цитович И.Г., Антонов Г.К. // Текстильная промышленность. – 1973, №4. С. 48.
9. Pusch T., Wunsch I., Offerman P. Dynamics of yarn tension on knitting machines // AUTEX Research Journal. – Vol. 1, No.2, November 2000, p. 56.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 03.02.05.