

ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ ЖОРСТКОЇ НА ЗГИН НИТКИ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З ЦИЛІНДРИЧНОЮ НАПРЯМНОЮ

В роботі наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень з визначення натягу нитки, яка взаємодіє з циліндричною напрямною поверхнею з урахуванням нелінійної залежності сили та коефіцієнту тертя. При проведенні досліджень використовувалися циліндричні напрямні поверхні, радіус кривини яких був сумірним з радіусом нитки. Отримані рівняння для визначення натягу нитки використовувалися для удосконалення технологічних процесів текстильної промисловості.

Ключові слова: нитка, напрямна поверхня, радіус кривини, натяг.

М.І. KOLISKO

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

DETERMINATION OF PULL OF HARD ON BEND FILAMENT IS AT COOPERATING WITH CYLINDER SENDING

Abstract - The purpose of this article is determination of pulls of monofilament which cooperates with a cylinder sending surface.

The results of theoretical and experimental researches are in-process resulted on determination of pulls of filament which cooperates with a cylinder sending surface taking into account nonlinear dependence of force and to the coefficient of friction. During the lead through of researches cylinder sending surfaces radius curvatures of which was commensurable with the radius of filament were utilized. Equalizations are got for determination of pulls of filament utilized for the improvement of technological processes of textile industry.

As a result of theoretical and experimental researches equalizations of dependence of pulls of filament are got from previous pulls, corner of scope of sending, to the coefficient of frictions which are utilized for the design of technological processes.

Keywords: filament, sending surface, radius of curvature, pull.

Вступ

Низька якість сировини, недосконалий ниткотракт технологічного устаткування при зростанні натягу по глибині заправки призводить до обривів. Прості технологічного устаткування, пов'язані з ліквідацією обривів, складають 75–80% від загального часу простоїв [2, 3].

Відсутність фундаментальних досліджень в галузі вивчення взаємодії ниток з напрямними великої та малої кривини з урахуванням змінання, жорсткості на згин ускладнює вирішення такої важливої задачі, як удосконалення технологічних процесів ткацтва та трикотажного виробництва.

Постановка завдання

Значно скоротити кількість обривів можна шляхом використання якісної сировини та оптимізацією умов переробки ниток на технологічному устаткуванні, де має місце їх взаємодія з направляючими та робочими органами великої та малої кривини. На даний момент відсутні теоретичні та експериментальні дослідження процесу взаємодії ниток з напрямними поверхнями з урахуванням їх реальних фізико-механічних властивостей [1, 2, 4]. В першу чергу, це стосується нелінійної залежності сили та коефіцієнту тертя, впливу жорсткості нитки на згин, змінання в зоні контакту з напрямною поверхнею [2, 4].

Таким чином, метою даного дослідження є дослідження процесу взаємодії ниток з циліндричною напрямною з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей та визначення натягу нитки після проходження нитконапрямачів.

Основна частина

На рис.1 представлена загальна розрахункова схема взаємодії жорсткої на згин нитки з циліндричною напрямною поверхнею. Нитка огинає циліндричну напрямну радіуса R . Кут охоплення напрямної, за відсутності жорсткості на згин дорівнював би $2\alpha = \pi = 180^0$ (вектори сил натягу ведучої P та веденої P_0 гілок нитки повинні бути спрямовані по дотичних в точках C і D). Завдяки наявності жорсткості нитки на згин реальний кут охоплення буде становити $\varphi_P = 2\alpha - \gamma - \gamma_0$, де γ, γ_0 – кути (кути жорсткості) нахилу дотичних в точках O та O_1 до вертикальної прямої (або вісі y). Таким чином, необхідно визначити значення кутів γ, γ_0 . Рівняння рівноваги пружної лінії запишемо у вигляді (рис. 1)

$$\frac{y'' \left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^j}{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}} = M, \quad M = P(x_A - x), \quad (1)$$

де $\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^j$ – коефіцієнт жорсткості нитки на згин;

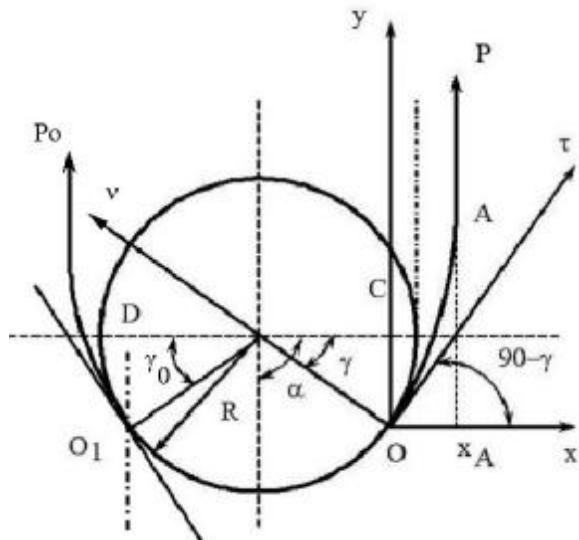


Рис.1. Загальна розрахункова схема

E – модуль пружності нитки на розтягнення;
 d_i – діаметри окремого елементарного волокна (філамент), з яких складається комплексна нитка чи пряжа;
 w – кількість філаментів, з яких складається пряжа;
 $j(K)$ – коефіцієнт, який залежить від крутки K нитки;
 y', y'' – перша та друга похідна координати y по x ;
 M – згинаючий момент;
 P – натяг нитки;
 x_A – координата точки прикладання сили натягу P .

Проведені дослідження [1,2] показали, що коефіцієнт жорсткості на згин залежить від крутки K .

Вплив цього параметра оцінюється коефіцієнтом

$$j(K) = 1 + u_1 K^{u_2}, \tag{2}$$

де u_1, u_2 – деякі постійні коефіцієнти.

При $K \rightarrow 0$ $j(K) \rightarrow 1$ при $K \rightarrow K_{kp}$, $j(K) \rightarrow j(K_{kp})$, де K_{kp} – критичне значення крутки. В останньому випадку коефіцієнт жорсткості нитки на згин буде визначатися як у мононитки

$$B = EI = \frac{E\pi d^4}{64},$$

де $d = 2r$ – розрахунковий діаметр нитки.

З урахуванням (2), розв'язання диференційного рівняння (1) дозволило визначити значення кутів жорсткості

$$\cos \gamma = 1 - \frac{\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^{(1+u_1 K^{u_2})}}{2P(R+r)^2}, \quad \cos \gamma_0 = 1 - \frac{\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^{(1+u_1 K^{u_2})}}{2P_0(R+r)^2}. \tag{3}$$

Використовуючи залежності (3) визначимо натяг нитки в точках O, O_1

$$P_0 = P \cos \gamma = P \left[1 - \frac{\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^{(1+u_1 K^{u_2})}}{2P(R+r)^2} \right], \quad P_{01} = P_0 \cos \gamma_0 = P_0 \left[1 - \frac{\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^{(1+u_1 K^{u_2})}}{2P_0(R+r)^2} \right]. \tag{4}$$

Перейдемо для розгляду питання, яке спрямовано на визначення закону зміни натягу нитки на ділянці OO_1 .

Нитка огинає циліндричну напрямну поверхню радіуса R . Вхідний натяг нитки дорівнює P_0 , а вихідний натяг нитки дорівнює P . Кут охоплення ниткою циліндричної напрямної дорівнює $\varphi_P = 2\alpha - \gamma - \gamma_0$.

Система диференціальних рівнянь, яка описує рівновагу нескінченно малого елемента нитки $ds = R d\varphi$ (s – дугова координата) має вигляд [2, 3]

$$\begin{aligned} \frac{dP}{ds} - \frac{Q}{(R+r)} - F_{mp} &= 0, & \frac{dQ}{ds} + \frac{P}{(R+r)} - N &= 0, \\ \frac{dM}{ds} + Q &= 0, & M &= \frac{\left(\frac{E\pi}{64} \sum_{i=1}^w d_i^4 \right)^{(1+u_1 K^{u_2})}}{(R+r)} = const, \end{aligned} \tag{5}$$

де P – натяг нитки;

Q – перерізуюча сила;

F_{mp} – сила тертя, яка діє на нескінченно малий елемент нитки;

N – питома нормальна реакція напрямної поверхні.

Дослідження, проведені в цьому напрямку [2–4], свідчать про те, що сила та коефіцієнт тертя нелінійно залежать від попереднього натягу, кута охоплення ниткою напрямної, діаметру циліндричної напрямної [2–4]. Виходячи з цього силу тертя F_{mp} та коефіцієнт тертя f можна представити наступними залежностями

$$F_{mp} = fN^n, f = \frac{a}{b\varphi^{n_1}}, \quad (6)$$

де n, a, b, n_1 – деякі константи, значення яких залежить від виду матеріалів нитки та напрямної та умов взаємодії між ними.

Інтегруємо систему диференціальних рівнянь (5), з урахуванням (6), отримаємо

$$P_0^{1-n} = P_{01}^{1-n} + \frac{(1-n)a(R+r)^{1-n}}{b(1-n_1)} \varphi_p^{1-n_1}. \quad (7)$$

Перейдемо до аналізу рівняння (7). Використовуючи правило Лопітала будемо мати

$$P_0 = P_{01} e^{\frac{a\varphi_p^{1-n_1}}{b(1-n_1)} \left(\frac{(R+r)}{P_{01}} \right)^{1-n}}. \quad (8)$$

Для жорсткої на згин нитки рівняння (8), з урахуванням (2)–(4), прийме вигляд

$$P = P_0 e^{\frac{a\varphi_p^{1-n_1}}{b(1-n_1)} \left[\frac{R}{P_0 \left(1 - \frac{EI}{2R^2} \right)} \right]^{1-n}} + \frac{EI}{2R^2} (1 - e^{\frac{a\varphi_p^{1-n_1}}{b(1-n_1)} \left[\frac{R}{P_0 \left(1 - \frac{EI}{2R^2} \right)} \right]^{1-n}}). \quad (9)$$

Для випадку, коли можна знехтувати нелінійною залежністю сили та коефіцієнта тертя ($n=1, n_1=0$) рівняння (9) прийме вигляд (для визначення натягу жорсткої на згин нитки)

$$P = P_0 e^{f\varphi_p} + \frac{EI}{2R^2} (1 - e^{f\varphi_p}).$$

Цей результат збігається з результатами наведеними в роботах [2, 3].

Висновки

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримані рівняння для визначення натягу жорстких на згин ниток, які взаємодіють з циліндричними напрямними з урахуванням нелінійної залежності сили та коефіцієнту тертя для випадків, коли напрямна поверхня має малу або велику кривину.

Дані рівняння для визначення натягу нитки є теоретичною основою для моделювання технологічних процесів легкої та текстильної промисловості з точки зору оптимізації технологічних зусиль в зоні формування тканини чи трикотажу.

Література

1. Васильченко В.Н. Влияние крутки капроновой комплексной нити на величину ее изгибной жесткости / В.Н. Васильченко, В.Ю. Щербань // Изв.вузов.Технология текстильной пром-сти. – 1986. – №4. – С. 8–9.
2. Щербань В.Ю. Механика нити / В.Ю. Щербань, О.Н. Хомяк, Ю.Ю. Щербань. – К. : Бібліотека офіційних видань, 2002. – 196 с.
3. Щербань В.Ю. Математические модели в САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности / В.Ю. Щербань, О.И. Волков, Ю.Ю. Щербань. – К. : КНУТД, 2003. – 588 с.
4. Мортон В.Е. Механические свойства текстильных волокон / В.Е. Мортон, Д.В.С. Херл. – М. : Легкая индустрия, 1971. – 182 с.

References

1. Vasilchenko V.N. Influence of twisting of kapron multifilament on the size of its flexural inflexibility / V.N.Vasilchenko, V.Yu.Sherban // Izv.vuzov.Tekhnologiya textile to industry. – 1986. - №4. – С.8-9. [in Russian]
2. Sherban V.Yu. Mechanics of filaments/V.Yu.Sherban, O.N.Khomyak, Yu.Yu.Sherban. -K.:Library of official editions, 2002.- 196 c.[in Ukrainian]
3. Sherban V.Yu. The Mathematical models in CADD of equipment and technological processes easy and textile to industry/V.Yu.Sherban, O.I.Volkov, Yu.Yu.Sherban. – K.:KNUTD, 2003. – 588 c. [in Ukrainian]
4. Morton v.E. Mechanical properties of textile fibres/V.E. Morton, D.V.S. Kherl. - M.:Easy industry, 1971. – 182 c. [in Russian]

Рецензія/Peer review : 5.9.2013 р. Надрукована/Printed :26.9.2013 р.

Рецензент: д.т.н., професор кафедри АКС КНУТД В.Г.Здоренко