

ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ ДЛЯ КІЛЬЦЕВИХ ТА ТРУБЧАТИХ СПРЯМОВУВАЧІВ НИТКИ ТРИКОТАЖНИХ МАШИН

В роботі наведені результати досліджень з визначення приведенного коефіцієнту тертя нитки при її взаємодії з поверхнями кільцевих та трубчатих спрямовувачів круглов'язальних трикотажних машин. Отримані аналітичні залежності у вигляді трансцендентних рівнянь для визначення кута радіального охоплення нитки поверхнею спрямовувача нитки. Для визначення кута охоплення використовувався алгоритм дихотомії та спеціально розроблена програма.

Ключові слова: нитка, кільцевий спрямовувач, трубчатий спрямовувач, коефіцієнт тертя.

V.YU. SCHERBAN, N.I. MURZA, A.N. KIRICHENKO, M.I. SHOLUDKO

Kyiv National University of Technologies and Design

DETERMINATION OF FRICTION COEFFICIENT FACTOR FOR RINGS AND TUBULAR TRAILERS OF THREAD OF KNITTED MACHINES

The imperfection of the design of the ring and tubular yarn guides does not allow minimizing the tension during operation of the knitting machine. The peculiarities of the process of thread interaction with the guiding and working organs of knitted machines, when there is a radial engagement with the surface of the guiding element of the thread, leads to an additional increase in its tension up to 30%, which causes breakages. This negatively affects the performance of equipment and the quality of the products being vented. The solution of this problem is of great importance for the improvement of the technological processes of the knitting industry from the viewpoint of increasing the productivity of technological equipment and the quality of the products being let out. Thus, the topic of this article is relevant, which is important for improving the design of existing ring and tube guides and developing new ones. Objects and methods of research. Ring and tubular guides are an integral part of the thread supply system of the technological equipment of the knitting industry. The imperfection of the design of annular and tubular guides does not allow minimizing the tension of the thread during the operation of the technological equipment and leads to a violation of the technological regime. First of all, this affects the features of the process of interaction of the yarn with the guide taking into account the radial coverage of its surface, which is predetermined by the structure and material, the specificity of the filament manufacturing, the length of the individual filaments and their mutual relative position, as well as the unevenness of the input tension. Theoretical basis for solving scientific and technical problems are the works of leading scientists in the branches of technology of textile and knitted productions, textile materials science, thread mechanics, elasticity theory, mathematical modeling. In theoretical studies, methods of the theory of algorithms, analytical geometry, experimental planning, and statistical processing of research results were used. When developing software, modern languages of object - oriented programming were used. Practical significance. The improvement of the design of the ring and tube guides of the yarn of knitted machines makes it possible to minimize their tension, reduce the breakage of the yarn, it is important for improving the technological processes of the knitting and garment industry from the viewpoint of increasing the productivity of the technological equipment and the quality of the products being let out.

Keywords: thread, annular guide, tube guide, coefficient of friction.

Вступ

Актуальність. Недосконалість конструкції кільцевих та трубчастих спрямовувачів нитки не дозволяє здійснювати мінімізацію натягу в процесі роботи трикотажної машини [1]. Особливості процесу взаємодії нитки з направляючими та робочими органами трикотажних машин, коли має місце радіальне охоплення поверхнею напрямного елемента нитки, призводить до додаткового зростання її натягу до 30%, що визиває обриви [1–3]. Це негативно впливає на продуктивність устаткування та якість готової продукції. Розв'язання цієї задачі має важливе значення для удосконалення технологічних процесів трикотажної промисловості з позиції підвищення продуктивності технологічного устаткування та якості готової продукції [3–7]. Таким чином, тема даної статті є актуальною, яка має важливе значення для удосконалення конструкції існуючих кільцевих та трубчастих спрямовувачів та розробки нових [1, 8–12].

Об'єкти і методи дослідження. Кільцеві та трубчасті спрямовувачі є складовою частиною системи подачі нитки технологічного устаткування трикотажної промисловості. Недосконалість конструкції кільцевих та трубчастих спрямовувачів не дозволяє здійснювати мінімізацію натягу нитки в процесі роботи технологічного устаткування і призводить до порушення технологічного режиму [1, 2]. В першу чергу, на це впливає особливості процесу взаємодії нитки з напрямною з урахуванням радіального охоплення її поверхні, що зумовлено структурою і матеріалом, специфікою виготовлення нитки, довжиною окремих елементарних волокон та їх взаємним розташуванням відносно один до одного, а також нерівномірність вхідного натягу [2, 3–6]. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми є праці провідних вчених в галузях технології текстильного та трикотажного виробництв, текстильного матеріалознавства, механіки нитки, теорії пружності, математичного моделювання. У теоретичних дослідженнях використано методи теорії алгоритмів, аналітичної геометрії, планування експерименту та статистичної обробки результатів досліджень. При розробці програмного забезпечення використовувалися сучасні мови об'єктно – орієнтованого програмування [1, 3].

Практичне значення. Удосконалення конструкції кільцевих та трубчастих спрямовувачів нитки трикотажних машин дозволяє мінімізувати їх натяг, зменшити обриви нитки, що має важливе значення для удосконалення технологічних процесів трикотажної та швейної промисловості з позиції підвищення продуктивності технологічного устаткування та якості готової продукції [1].

Постановка завдання

Розробити математичні моделі для визначення приведенного коефіцієнту тертя при взаємодії нитки з кільцевими та трубчастими спрямовувачами нитки трикотажних машин з урахуванням їх реальних фізико – механічних властивостей, структури та умов переробки на технологічному обладнанні.

Розробити алгоритм методу дихотомії при розв’язанні трансцендентних рівнянь та програмне забезпечення для визначення висоти сегменту заповненого матеріалом нитки, радіального кута охопту поверхні нитки напрямною поверхнею та приведенного коефіцієнту тертя.

Встановити залежності приведенного коефіцієнту тертя від співвідношення внутрішнього радіусу кільцевих та трубчастих спрямовувачів та розрахункового радіусі поперечного перетину нитки для оптимізації геометричні параметри робочих органів системи подачі ниток на трикотажному обладнанні з позиції мінімізації натягу в робочій зоні.

Основна частина

Приведений коефіцієнт тертя, при взаємодії нитки з поверхнею кільцевих та трубчастих спрямовувачів, коли має місце радіальне охоплення поверхні нитки напрямною визначається за формулою [1–3, 13]

$$f = 4 \frac{\sin(\frac{\delta}{2})}{\delta + \sin(\delta)} f_0, \tag{1}$$

де f – приведений коефіцієнт тертя; δ – радіальний кут охоплення поверхні нитки направляючою; f_0 – коефіцієнт тертя нитки по направляючій поверхні при відсутності радіального охоплення.

На рис.1 показана загальна розрахункова схема. При вирішенні цього питання, для комплексних ниток та пряжі, можна рахувати, що при взаємодію з внутрішньою поверхнею кільцевих та трубчастих спрямовувачів окремі елементарні волокна будуть займати таке положення, при якому їх натяг буде мати мінімальне значення [1, 3, 8–12]. У цьому випадку можна рахувати, що перетин комплексної нитки чи пряжі деформується і прийме форму сегмента.

Площа сегмента буде визначатися за формулою

$$S_C = R^2 \arccos(\frac{R-h}{R}) - (R-h)\sqrt{2Rh-h^2}, \tag{2}$$

де S_C – площа сегмента; R – внутрішній радіус кільцевих та трубчастих спрямовувачів; h – висота сегмента.

Площа сегмента буде визначатися за формулою

$$S_C = \pi r_H^2, \tag{3}$$

де r_H – радіус поперечного перетину нитки.

З урахуванням рівняння (3) рівняння (2) буде мати вигляд

$$\pi r_H^2 = R^2 \arccos(\frac{R-h}{R}) - (R-h)\sqrt{2Rh-h^2}. \tag{4}$$

Рівняння (4) представляє собою трансцендентне рівняння відносно h . Для його вирішення необхідно використовувати чисельні методи. Нами був обраний метод дихотомії.

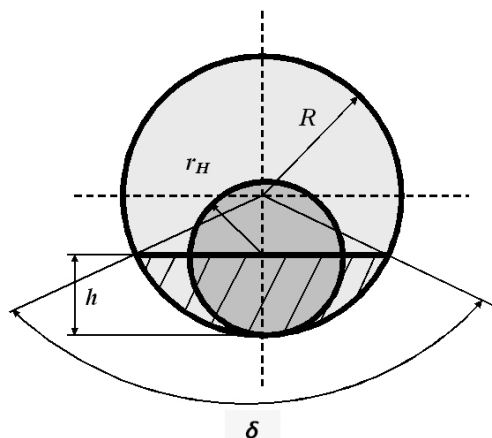


Рис. 1. Загальна розрахункова схема

Цільова функція буде мати вигляд

$$g = \pi r_H^2 - R^2 \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right) - (R-h)\sqrt{2Rh-h^2}, \tag{5}$$

де g – значення цільової функції.

Перейдемо до розгляду методу ділення відрізка $[h_i, h_{i+1}]$ навпіл (метод дихотомії). Суть методу полягає в побудові ітераційної послідовності вкладених один в одного відрізків $[h_{in}, h_{i+1n}]$, кінці яких представляють монотонні послідовності $\{h_{in}\}, \{h_{i+1n}\}$, причому

$$x_i = \frac{h_i + h_{i+1}}{2}, g_i = \pi r_H^2 - R^2 \arccos\left(\frac{R-x_i}{R}\right) - (R-x_i)\sqrt{2Rx_i-h^2} > 0, h_{in} \leq \xi, h_{i+1n} \geq \xi, n = 1, 2, \dots$$

де ξ – корінь трансцендентного рівняння (5) на відрізку $[h_i, h_{i+1}]$.

Збіжність даного методу повільна. Проте при будь-якій ширині відрізання $[h_i, h_{i+1}]$ збіжність гарантована. Для реалізації алгоритму методу дихотомії була розроблена спеціальна програма на мові Object Pascal в середовищі Delphi. На рис. 2 представлені форми програми з результатами визначення висоти сегменту та форма програми для визначення коефіцієнту тертя для різного виду ниток. Величина радіальний кут охоплення поверхні нитки направляючою буде визначатися за формулою

$$\delta = 2 \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right). \tag{6}$$

Результати розрахунків за формулами (1), (5), (6) представлені в таблицях 1, 2 та на рис. 3.

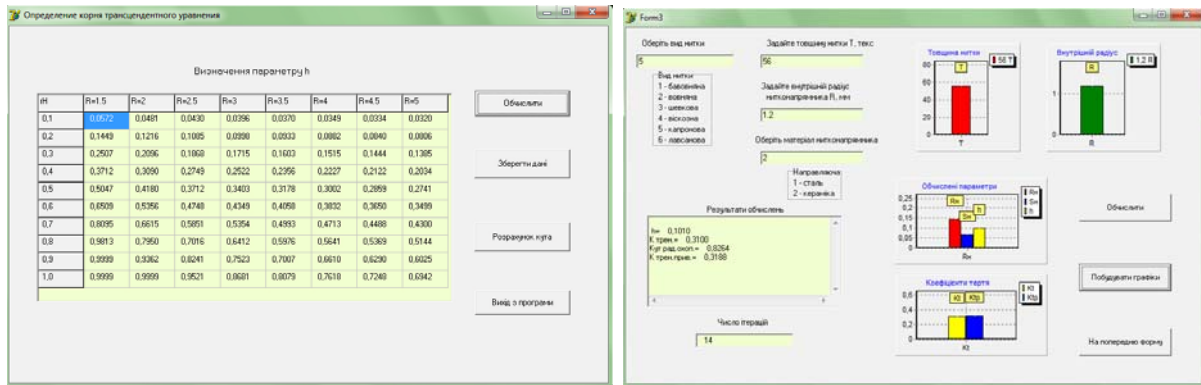


Рис. 2. Форми програми

Таблиця 1

Результати визначення висоти h сегмента заповненого матеріалом нитки

rH	R=1.5	R=2	R=2.5	R=3	R=3.5	R=4	R=4.5	R=5
0,1	0,0572	0,0481	0,0430	0,0396	0,0370	0,0349	0,0334	0,0320
0,2	0,1449	0,1216	0,1085	0,0998	0,0933	0,0882	0,0840	0,0806
0,3	0,2507	0,2096	0,1868	0,1715	0,1603	0,1515	0,1444	0,1385
0,4	0,3712	0,3090	0,2749	0,2522	0,2356	0,2227	0,2122	0,2034
0,5	0,5047	0,4180	0,3712	0,3403	0,3178	0,3002	0,2859	0,2741
0,6	0,6509	0,5356	0,4748	0,4349	0,4058	0,3832	0,3650	0,3499
0,7	0,8095	0,6615	0,5851	0,5354	0,4993	0,4713	0,4488	0,4300
0,8	0,9813	0,7950	0,7016	0,6412	0,5976	0,5641	0,5369	0,5144
0,9	0,9999	0,9362	0,8241	0,7523	0,7007	0,6610	0,6290	0,6025
1,0	0,9999	0,9999	0,9521	0,8681	0,8079	0,7618	0,7248	0,6942

Таблиця 2

Значення приведенного коефіцієнту тертя

rH	R=1.5	R=2	R=2.5	R=3	R=3.5	R=4	R=4.5	R=5
0,1	0,5643	0,4025	0,3211	0,2713	0,2369	0,2114	0,1921	0,1766
0,2	0,8710	0,6350	0,5101	0,4319	0,3777	0,3375	0,3065	0,2817
0,3	1,0863	0,8181	0,6638	0,5644	0,4947	0,4428	0,4025	0,3701
0,4	1,2307	0,9665	0,7944	0,6793	0,5973	0,5357	0,4875	0,4486
0,5	1,3128	1,0863	0,9067	0,7808	0,6891	0,6194	0,5644	0,5200
0,6	1,3375	1,1808	1,0035	0,8711	0,7720	0,6957	0,6352	0,5859
0,7	1,3080	1,2519	1,0863	0,9515	0,8475	0,7660	0,7007	0,6471
0,8	1,2271	1,3011	1,1562	1,0230	0,9161	0,8307	0,7614	0,7043
0,9	1,2158	1,3294	1,2140	1,0863	0,9785	0,8905	0,8182	0,7580
1,0	1,2158	1,3354	1,2603	1,1418	1,0351	0,9456	0,8711	0,8085

Висновки

Розроблені математичні моделі для визначення приведенного коефіцієнту тертя при взаємодії нитки з кільцевими та трубчастими спрямовувачами нитки трикотажних машин з урахуванням їх реальних фізико – механічних властивостей, структури та умов переробки на технологічному обладнанні.

Розроблений алгоритм методу половинного розділення відрізка при розв'язанні трансцендентних рівнянь та програмне забезпечення для визначення висоти сегменту заповненого матеріалом нитки, радіального кута охопту поверхні нитки напрямною поверхнею та приведенного коефіцієнту тертя.

Встановлені графічні залежності приведенного коефіцієнту тертя від співвідношення внутрішнього радіусу кільцевих та трубчастих спрямовувачів та розрахункового радіусу поперечного перетину нитки, що дозволяє оптимізувати геометричні параметри робочих органів системи подачі ниток на трикотажному обладнанні з позиції мінімізації натягу в робочій зоні.

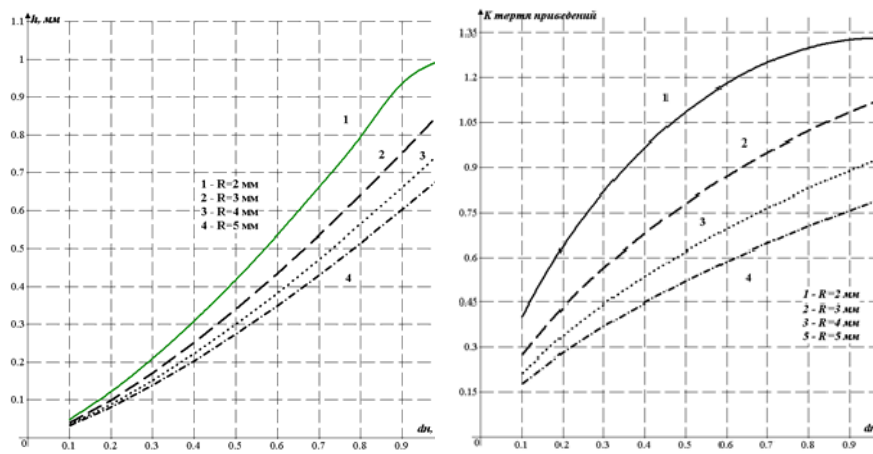


Рис. 3. Графічні залежності висоти h сегменту та приведенного коефіцієнту тертя

Література

1. Щербань В.Ю. Алгоритмічні, програмні та математичні компоненти САПР в індустрії моди / В.Ю. Щербань, О.З. Колиско, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К. : Освіта України, 2017. – 745 с.
2. Щербань В. Ю. Математичні моделі в САПР. Обрані розділи та приклади застосування / В. Ю. Щербань, С. М. Красницький, В. Г. Резанова. – К. : КНУТД, 2011. – 220 с.
3. Щербань В.Ю. Механіка нити / В.Ю. Щербань, О.Н. Хомяк, Ю.Ю. Щербань. – К. : Бібліотека офіційних видань, 2002. – 196 с.
4. Щербань В.Ю. Оптимізація процесу взаємодії нитки з напрямними з урахуванням анізотропії фрикційних властивостей / В.Ю. Щербань, М.І. Шолудько, О.З. Колиско, В.Ю. Калашник // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 3(225). – С. 30–33.
5. Щербань В.Ю. Дослідження впливу матеріалу нитки і анізотропії тертя на її натяг і форму осі / В.Ю. Щербань, В.Ю. Калашник, О.З. Колиско, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 2(223). – С. 25–29.
6. Колиско М.І. Визначення впливу змінання та жорсткості на згин на натяг нитки при її взаємодії з циліндричною напрямною / М.І. Колиско, В.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 6. – С.10–13.
7. Щербань В.Ю. Порівняльний аналіз роботи нитконатягувачів текстильних машин / В.Ю. Щербань, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2016. – № 6(243). – С. 18–21.
8. Щербань В.Ю. Ефективність роботи компенсаторів натягу нитки трикотажних машин / В.Ю. Щербань, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 1(245). – С. 83–86.
9. Scherban V. Interaction yarn guide surface / V. Scherban, M. Sholudko, V. Kalashnik, O. Kolisko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – May 2015. – Volume 4.– Number 3. – pp. 10–15.
10. Scherban V. Kinematics of threads cooperates with the guiding surfaces of arbitrary profile / V. Scherban, N. Murza, O. Kolisko, M. Sheludko, I. Semenova // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – May/June – 2016. – Volume 5.– Number 3. – pp. 23–27.
11. Scherban V. Basic parameters of curvature and torsion of the deformable thread in contact with runner / V. Scherban, N. Murza, A. Kirichenko, O. Kolisko, M. Sholudko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – Nov/Des – 2016. – Volume 10.– Number 2. – pp. 18–23.
12. Scherban V. Equalizations of dynamics of filament interactive with surface / V. Scherban, G. Melnik, A. Kirichenko, O. Kolisko, M. Sheludko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill,

Ontario, Canada. – January/February 2017. – Volume 6. – Number 1. – pp. 22–26.

13. Шилакадзе М. Лифтовые приводы с фрикционной лебедкой / М. Шилакадзе. – Тбилиси : Издательский дом «Технический университет», 2013. – 148 с.

References

1. Scherban V.Yu. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry / V.Yu. Scherban, O.Z. Kolisko, M.I. Sholudko, V.Yu. Kalashnik. - K.: Education of Ukraine, 2017. - 745 p.
2. Scherban V. Yu. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application / V. Yu. Scherban, S. M. Krasnitsky, V. G. Rezanov. - K.: KNUVD, 2011. - 220 p.
3. Scherban V.Yu. Mechanics of Threads / V.Yu. Scherban, O.N. Khomyak, Yu.Yu.Scherban. K. : Library of Official Publications, 2002.- 196 p.
4. Scherban V.Yu., Sholudko M.I., Kolisko O.Z., Kalashnik V.Yu. Optimization of the process of interaction of a thread with guides, taking into account the anisotropy of frictional properties. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2015.Volume 225. Issue 3. pp.30-33.
5. Scherban V.Yu., Kalashnik V.Yu., Kolisko O.Z., Sholudko M.I. Investigation of the influence of the thread material and the anisotropy of friction on its tension and the shape of the axis. Khmelnytskyi. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2015.Volume 223. Issue 2. pp.25-29.
6. Kolisko M.I., Scherban V.Yu.. Determination of the effect of folding and stiffness on the bend on the tension of the thread when it interacts with the cylindrical guide. Khmelnytskyi. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2013.Issue 6. pp.10-13.
7. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Sholudko M.I. Comparative analysis of work of natyazhiteley of filament of textile machines. Khmelnytskyi. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2016.Volume 243. Issue 6. pp.18-21.
8. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Sholudko M.I. Overall performance of compensators of the filament of knitted cars. Khmelnytskyi. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2017.Volume 245. Issue 1. pp.83-86.
9. Scherban V. Interaction yarn guide surface/V.Scerban, M. Sholudko, V. Kalashnik, O. Kolisko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – May 2015. – Volume 4.- Number 3. – pp. 10-15.
10. Scherban V. Kinematics of threads cooperates with the guiding surfaces of arbitrary profile / V. Scherban, N. Murza, O. Kolisko, M. Sheludko, I. Semenova // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – May/June - 2016. – Volume 5.- Number 3. – pp. 23-27.
11. Scherban V. Basic parameters of curvature and torsion of the deformable thread in contact with runner / V. Scherban, N. Murza, A. Kirichenko, O. Kolisko, M. Sholudko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – Nov/Des - 2016. – Volume 10.- Number 2. – pp. 18-23.
12. Scherban V. Equalizations of dynamics of filament interactive with surface / V. Scherban, G. Melnik, A.Kirichenko, O. Kolisko, M. Sheludko // Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. – January/February 2017. – Volume 6.- Number 1. – pp. 22-26.
13. Shilakadze M. Elevator drives with a friction winch. - Tbilisi: Publishing house "Technical University", 2013. - 148 p.

Рецензія/Peer review : 20.11.2017 р.

Надрукована/Printed :08.12.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. В.Г. Здоренко