

ЩЕРБАНЬ В. Ю.

<https://orcid.org/0000-0002-4274-4425>e-mail: [scherbanvu@ukr.net](mailto:scherbanvu@ukr.net)

КОЛИСКО О. З.

<https://orcid.org/0000-0003-4043-1238>e-mail: [kipt@i.com.ua](mailto:kipt@i.com.ua)

КОЛИСКО М. І.

<https://orcid.org/0000-0002-9982-7264>e-mail: [kipt@i.com.ua](mailto:kipt@i.com.ua)

КИРИЧЕНКО А. М.

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0003-0041-3799>e-mail: [kipt@i.com.ua](mailto:kipt@i.com.ua)

ЩЕРБАНЬ Ю. Ю.

Київський фаховий коледж прикладних наук

<https://orcid.org/0000-0001-5024-8387>e-mail: [scherban@i.ua](mailto:scherban@i.ua)

## КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПОВТОРЕННЯ АЛГОРИТМУ ДЛЯ НАПРЯЖЕННЯ ДЕВ'ЯТКИ ДЛЯ МАШИН НА ГРЕБІНЦІ

Комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії дозволяє на початковому етапі визначити натяг нитки, який виникає після проходження гребінчатого пристрою натягу системи подачі панчішних автоматів в залежності від фізико-механічних властивостей сировини, геометричних параметрів структурних елементів системи подачі нитки панчішних автоматів. Комп'ютерне визначення зміни відносного натягу на панчішних автоматах базується на використанні алгоритму дихотомії при розв'язанні трансцендентних рівнянь.

Ключові слова: алгоритм рекурсії, комп'ютерна програма, алгоритм рекурсії, система подачі нитки, панчішний автомат.

VOLODYMYR SHCHERBAN, OKSANA KOLISKO, MARJANA KOLISKO, ANTON KIRICHENKO

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

YURYJ SHCHERBAN

Kyiv Professional College of Applied Sciences

## COMPUTER IMPLEMENTATION OF RECURRENCE ALGORITHM FOR COMB TENSIONING DEVICE SQUARE MACHINES

Computer implementation of the recursion algorithm allows at the initial stage to determine the thread tension, which occurs after passing the comb tensioning device of the hosiery feed system depending on the physical and mechanical properties of raw materials, geometric parameters of structural elements of the hosiery thread feed system. Computer determination of the change in relative tension on stocking machines is based on the use of the dichotomy algorithm in solving transcendental equations.

Determining at the initial stage of the tension of the thread feed process on hosiery machines allows to determine the tension after passing the comb tensioning device, which will occur during the interaction of the thread with the structural elements of the cylindrical comb tensioning device depending on the type of raw material, curvature for bending, deformation in the area of contact with the guide, the feed rate of the thread. The increase in tension after passing the comb tensioning device is due to the increase in friction between the thread and the cylindrical guide. This is due to the increase in the coverage angles of the cylindrical guide rods of the comb tensioning device. The development of a computer program for determining the tension of the thread on stocking machines should be based on the use of object-oriented programming languages. Determining the tension and changes in relative tension in the refueling zones of hosiery machines, taking into account the specifics of the design of the thread feed system of hosiery machines, will reduce thread breakage, optimize thread tension in the working area of hosiery machines.

The improvement of the technological process of thread processing on hosiery machines should be based on theoretical and experimental studies of the process of interaction of threads with structural elements of the feed system, including comb tensioning device and guides of large and small curvature. The main element of the structural elements of the feed system of stocking machines is a comb device for tension. Theoretical dependences for determining the tension after the comb device will allow to obtain algorithmic and mathematical software, which is used in computer software to calculate the tension and change the relative tension in the areas of refueling stocking machines. Optimization of tension in the working area will reduce the change in relative tension in the refueling areas of hosiery machines, improve the quality of hosiery.

Keywords: recursion algorithm, computer program, recursion algorithm, thread feed system, stocking machine.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Визначення на початковому етапі напруженості процесу подачі ниток на панчішних автоматах дозволяє визначити натяг після проходження гребінчатого пристрою для натягу, який буде виникати в процесі взаємодії нитки з структурними елементами циліндричної форми гребінчатого пристрою натягу в залежності від виду сировини, кривизни структурних елементів циліндричної форми, жорсткості нитки на вигін, деформації в зоні контакту з напрямною, швидкості подачі нитки. Зростання натягу після проходження гребінчатого пристрою для натягу відбувається за рахунок зростання сили тертя між ниткою та циліндричною напрямною. Це пов'язано зі зростанням кутів охоплення циліндричних направляючих

стрижнів гребінчатого пристрою для натягу. Розробка комп'ютерної програми визначення натягу нитки на панчішних автоматах повинна базуватися на використанні мов об'єктно-орієнтованого програмування. Визначення напруженості та зміни відносного натягу по зонам заправки панчішних автоматів, з урахуванням специфіки конструкції системи подачі нитки панчішних автоматів, дозволить зменшити обривність ниток, оптимізації натягу ниток в робочій зоні панчішних автоматів.

### Аналіз досліджень та публікацій

Удосконалення технологічного процесу переробки ниток на панчішних автоматах повинно базуватися на теоретичних та експериментальних дослідженнях процесу взаємодії ниток зі структурними елементами системи подачі [1-3, 7-9], зокрема гребінчатим пристроєм для натягу та спрямовувачами великої та малої кривизни. Головним елементом структурних елементів системи подачі панчішних автоматів є гребінчатий пристрій для натягу. Теоретичні залежності для визначення натягу після гребінчатого пристрою дозволяють отримати алгоритмічне та математичне забезпечення [1, 3-5], яке використовується в комп'ютерному програмному комплексі для розрахунку напруженості та зміни відносного натягу по зонах заправки панчішних автоматів. Оптимізація натягу в робочій зоні дозволить знизити зміну відносного натягу по зонах заправки панчішних автоматів, поліпшити якість панчішних виробів [1].

Недосконала форма лінії заправки нитки на панчішних автоматах, низька якість комплексних ниток та пряжі, при зростанні натягу по глибині заправки панчішних автоматів, призводить до їх обривів. Простої панчішних автоматів, пов'язані з ліквідацією обривів комплексних ниток та пряжі, складають 63–82% від загального часу простоїв [2-5].

Зменшити напруженість процесу переробки нитки на панчішних автоматах та скоротити кількість обривів можна шляхом використання якісної сировини та оптимізацією умов взаємодії ниток з структурними елементами системи подачі панчішних автоматів, зокрема гребінчатим пристроєм для натягу де має місце взаємодія нитки з циліндричними поверхнями великої та малої кривизни. Залежності натягу комплексних ниток та пряжі після циліндричних стрижнів гребінчатого пристрою для натягу мають вигляд систем трансцендентних рівнянь. Для розв'язання систем трансцендентних рівнянь необхідно використовувати чисельні методи [1-4].

### Формулювання цілей статті

Метою роботи є комп'ютерна реалізація алгоритму рекурсії для гребінчатого пристрою натягу панчішних автоматів.

### Виклад основного матеріалу

На рис. 1а представлений гребінчатий пристрій натягу панчішних автоматів, який представляє собою фігурну деталь циліндричної форми. Мононитка, комплексна нитка чи пряжа послідовно огинає циліндричні стрижні. Необхідний натяг забезпечується послідовним огинанням циліндричних стрижнів (рис. 1б). Зростання натягу відбувається за рахунок сил тертя, які залежать від кутів охоплення ниткою циліндричних стрижнів. В загальному випадку нитка огинає чотири стрижні. За необхідності зменшення вихідного натягу нитка може огинати меншу кількість циліндричних стрижнів. Таким чином постає задача з визначення натягу нитки при її взаємодії з циліндричною напрямною з урахуванням радіусу кривизни напрямної, жорсткості нитки на вигін, деформації в зоні контакта з напрямною. Вихідний натяг нитки після першої циліндричної напрямної буде вхідним натягом для другої напрямної. Використовуючи алгоритм рекурсії можна буде визначити результуючий натяг після гребінчатого пристрою натягу панчішних автоматів.

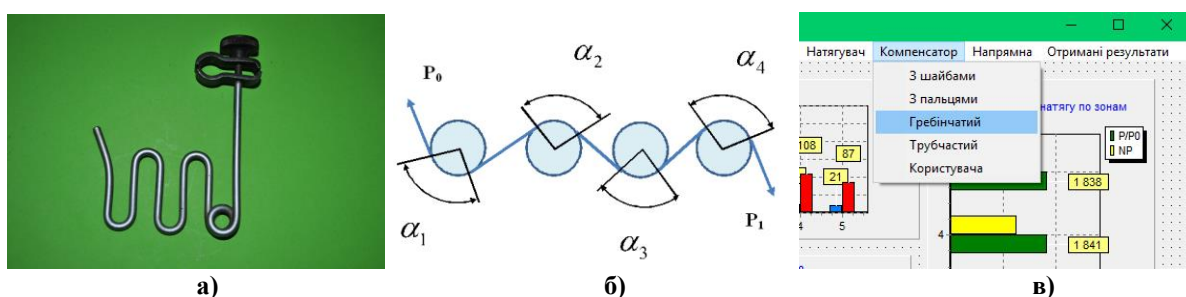


Рис. 1. Гребінчатий пристрій для натягу: а) загальний вигляд; б) розрахункова схема; в) процедура procedure TForm2.N20Click(Sender: TObject)

Необхідний натяг мононитки, комплексної нитки чи пряжі на виході гребінчастого пристрою натягу створюється за рахунок тертя по поверхні циліндричних стрижнів. Абсолютне значення вихідного натягу можна регулювати кількістю стрижнів, які огинає комплексна нитка та пряжа. Математична модель при розробці програмного модуля для гребінчастого пристрою натягу комплексної нитки та пряжі для окремого стрижня має вигляд

$$P_{(i+1)} = P_{(i)} \left[ 1 + \frac{[R_{(j)} + r]}{[R_{(j)} + r(1 - \delta_{0(j)})]} \times \left( e^{\frac{a}{P_{(i)}} R_{(j)} b \phi_{k(j)}} - 1 \right) + \frac{B_0}{2[R_{(j)} + r(1 - \delta_{0(j)})]^2} \right] - \left[ \frac{B_0}{2[R_{(j)} + r(1 - \delta_{0(j)})]^2} \right] \times \left[ 1 + \frac{(R_{(j)} + r)}{[R_{(j)} + r(1 - \delta_{0(j)})]} \left( e^{\frac{a}{P_{(i)}} R_{(j)} b \phi_{k(j)}} - 1 \right) \right], \quad (1)$$

де  $P_{(i+1)}$  – натяг нитки після  $j$  стрижня гребінчастого пристрою натягу;  $P_{(i)}$  – натяг нитки до  $j$  стрижня гребінчастого пристрою натягу;  $R_{(j)}$  – радіус кривизни поверхні  $j$  стрижня гребінчастого пристрою натягу;  $\delta_{0(j)}$  – початкова деформація перетину нитки при набіганні на  $j$  стрижень гребінчастого пристрою натягу;  $\delta_{1(j)}$  – кінцева деформація перетину нитки при збіганні з  $j$  стрижня гребінчастого пристрою натягу;  $\phi_{k(j)}$  – реальний кут охоплення ниткою  $j$  стрижня гребінчастого пристрою натягу;  $j=1 \dots 4$ .

Математична залежність (1) представляє собою трансцендентне рівняння і використовувалася при розробці універсального комп’ютерного програмного комплексу (рис. 1в) для визначення зміни відносного натягу по зонах заправки на панчішних автоматах де розташовуються гребінчасті пристрої натягу мононитки, комплексних ниток чи пряжі. Для дослідження були обрані поліамідна мононитка діаметром 0,2 мм, поліамідна комплексна нитка 28,8 текс та бавовняна пряжа 30 текс. На рис. 2 представлені програмні модулі unit Unit10, unit Unit7 та unit Unit3 для відповідно поліамідної мононитки діаметром 0,2 мм, поліамідної комплексної нитки 28,8 текс та бавовняної пряжі 30 текс. Реалізація процедур procedure TForm10.Button1Click(Sender: TObject), procedure TForm7.Button2Click(Sender: TObject), procedure TForm3.Button1Click(Sender: TObject) дозволяє визначити необхідні складові для розв’язання трансцендентних рівнянь (1), яке розв’язувалося чисельними методами з використанням алгоритму дихотомії.

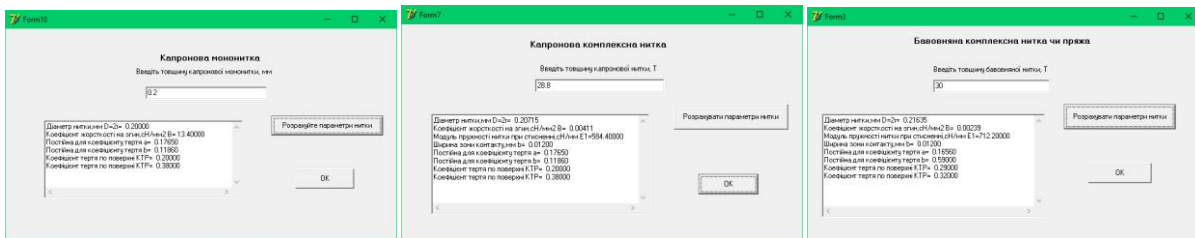


Рис. 2. Комп’ютерні модулі: а) unit Unit10 для поліамідної мононитки; б) unit Unit7 для поліамідної комплексної нитки; в) unit Unit3 для бавовняної пряжі

На рис. 3а представлена процедура procedure TForm2.N20Click(Sender: TObject) визначення натягу нитки після гребінчастого пристрою натягу панчішних автоматів. Результати розрахунку зміни відносного натягу по зонах гребінчастого пристрою натягу між циліндричними стрижнями. На рис. 3б показана діаграма для поліамідної мононитки діаметром 0,2 мм, на рис. 3в – для поліамідної комплексної нитки 28,8 текс, на рис. 3г – для бавовняної пряжі 30 текс.

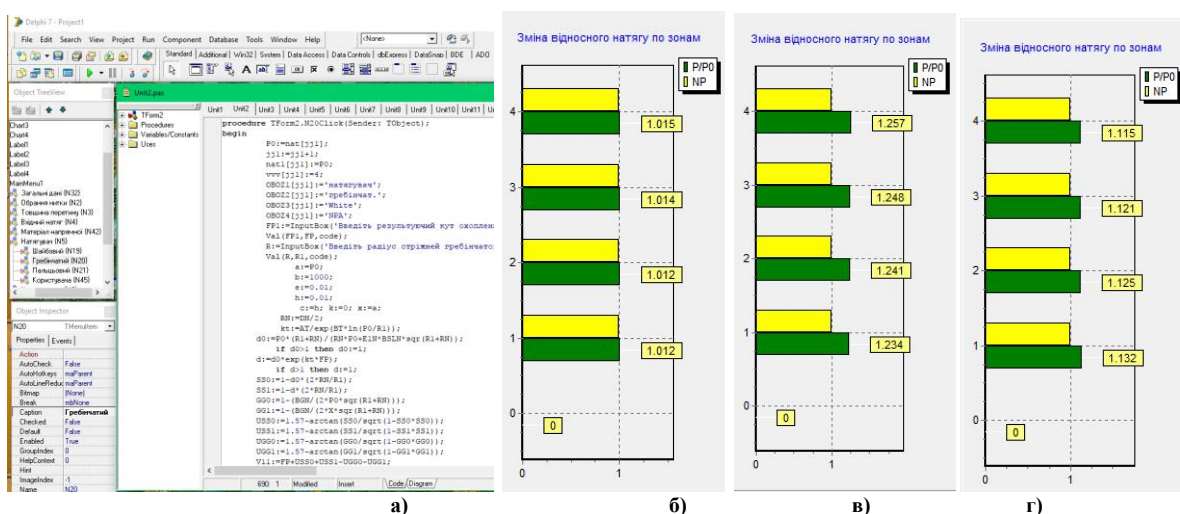


Рис. 3. Результати розрахунків: а) процедура procedure TForm2.N20Click(Sender: TObject); б) діаграма для поліамідної мононитки; в) діаграма для поліамідної комплексної нитки; г) діаграма для бавовняної пряжі

В таблиці 1 представлені результати розрахунку зміни натягу та відносного натягу, по чотирьом зонах гребінчастого пристрою для натягу, для поліамідної мононитки діаметром 0,2 мм, поліамідної комплексної нитки 28,8 текс та бавовняної пряжі 30 текс.

**Результати розрахунку зміни натягу та відносного натягу**

Зона	Капронова мононитка, 0,2 мм			Капронова комплексна нитка 28.8 Текс			Бавовняна пряжа 30 Текс		
	P0	P	P/P0	P0	P	P/P0	P0	P	P/P0
1	5.0000	5.0600	1.0120	5.0000	6.1700	1.2340	5.0000	5.6600	1.1320
2	5.0600	5.1200	1.0119	6.1700	7.6600	1.2415	5.6600	6.3700	1.1254
3	5.1200	5.1900	1.0137	7.6600	9.5600	1.2480	6.3700	7.1400	1.1209
4	5.1900	5.2700	1.0154	9.5600	12.020	1.2573	7.1400	7.9600	1.1148

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Розроблений комп'ютерний програмний комплекс для реалізації алгоритму рекурсії при визначенні на початковому етапі натягу нитки, який виникає після проходження гребінчатого пристрою натягу системи подачі панчішних автоматів в залежності від фізико-механічних властивостей сировини, геометричних параметрів структурних елементів системи подачі нитки панчішних автоматів, що дозволило знизити зміну відносного натягу по зонах заправки на 10–12%.

**Література**

1. Щербань В.Ю. Механіка нитки / В.Ю. Щербань. – К. : Освіта України, 2018. – 533 с.
2. Базове проектує забезпечення САПР в індустрії моди / [В.Ю. Щербань, Ю.Ю. Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник]. – К. : Освіта України, 2018. – 902 с.
3. Scherban V. Yu., Krasnitsky S.M., Rezanov V.G. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application. K.: KNUTD, 2011. 220 p.
4. Щербань В.Ю. САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности / В.Ю. Щербань, О.И. Волков, Ю.Ю. Щербань. – К. : Бумсервис, 2004. – 519 с.
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. – 223(2). – С. 25–29.
6. Shcherban V.Y., Kolisko O.Z., Melnyk G.V., Sholudko M.I., Kalashnik V.Y. Computer systems design: software and algorithmic components. K.: Education of Ukraine, 2019. 902 p.
7. Scherban V. Yu., Kolisko O.Z., Sholudko M.I., Kalashnik V. Yu. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry. K.: Education of Ukraine, 2017. 745 p.
8. Shcherban V., Melnyk G., Sholudko M., Kalashnyk V. Warp yarn tension during fabric formation. *Fibres and Textiles*. 2018. volume 25. № 2. P. 97–104.
9. Yakubitskaya I.A., Chugin V.V., Shcherban V.Yu. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum. *Technology of the textile industry*. 1997. № 6. P. 50–54.

**References**

1. Scherban V.Yu. Mechanics of Threads. K.: Formation of Ukraine, 2018. 533 p.
2. Shcherban V.Yu., Shcherban Y.Y., Kolisko O.Z., Melnik G.V., Sholudko M.I., Kalashnik V.Y. Basic design support of CAD in the fashion industry. Kyiv: Education of Ukraine, 2018. 902 p.
3. Scherban V. Yu., Krasnitsky S.M., Rezanov V.G. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application. K.: KNUTD, 2011. 220 p.
4. Scherban V.Yu., Volkov O.I., Shcherban Yu.Yu. CAD equipment and technological processes for light and textile industries. K.: Boomservice, 2004. 519 p.
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. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2015. Volume 223. Issue 2. pp. 25-29.
6. Shcherban V.Y., Kolisko O.Z., Melnyk G.V., Sholudko M.I., Kalashnik V.Y. Computer systems design: software and algorithmic components. K.: Education of Ukraine, 2019. 902 p.
7. Scherban V. Yu., Kolisko O.Z., Sholudko M.I., Kalashnik V. Yu. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry. K.: Education of Ukraine, 2017. 745 p.
8. Shcherban V., Melnyk G., Sholudko M., Kalashnyk V. Warp yarn tension during fabric formation. *Fibres and Textiles*. 2018. volume 25. № 2. P. 97–104.
9. Yakubitskaya I.A., Chugin V.V., Shcherban V.Yu. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum. *Technology of the textile industry*. 1997. № 6. P. 50–54.