

## ПРОГРАМНІ МОДУЛІ ТА ПРОЦЕДУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ КЕВЛАРОВОЇ НИТКИ ПРИ В'ЯЗАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ

*Удосконалення процесу в'язання полотен з кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах полягає в створенні мінімально необхідного натягу в зоні формування трикотажного полотна. Виконання цієї складної задачі для плосков'язальних машин повинно базуватися на використанні спеціально розроблених комп'ютерних програм. Враховуючи специфіку переробки кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах, при визначенні відносного натягу в кожній окремій зоні, необхідно використовувати алгоритм рекурсії, коли вихідний натяг кевларових комплексних ниток з попередньої зони буде являтися вхідним для наступної зони. При визначенні натягу кевларових комплексних ниток, при їх взаємодії з напрямними необхідно враховувати значення діаметру перетину кевларових комплексних ниток, її фізико-механічні властивості. Забезпечення мінімально необхідного натягу в зоні формування трикотажного полотна дозволить отримувати параметри петельної структури виробів речового майна та тактичного спорядження військовослужбовців, здатних захищати тіло людини від впливу вогнепальної, холодної, ріжучої, колючої зброї, ударного та ударно-дробового впливу.*

*Ключові слова: комп'ютерна програма, алгоритм рекурсії, натяг, кевларова комплексна нитка, спрямовувачі нитки, пристрої компенсації натягу, пристрої натягу.*

V.YU. SHCHERBAN, A.K.PETKO, O.Z.KOLISKO, Y.YU. SHCHERBAN, L.E. HALAVSKA

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

## SOFTWARE MODULES AND PROCEDURES OF A COMPUTER PROGRAM FOR DETERMINING THE TENSION OF A KEVLAR THREAD WHEN KNITTING USING A RECURSOR ALGORITHM

*Improving the process of knitting fabrics from Kevlar complex threads on flat knitting machines is to create the minimum necessary tension in the area of formation of the knitted fabric. To ensure this, it is necessary to determine the change in relative tension in the refueling zones of Kevlar complex threads on flat knitting machines. These zones are formed by arranging the thread guides, tension compensation devices, tension devices and thread break control devices in the working area of the supply system to form a spatial filling line for each specific knitting machine. This complex task for flat knitting machines should be based on the use of specially designed computer programs. Given the specifics of processing Kevlar complex threads on flat knitting machines, when determining the relative tension in each zone, it is necessary to use a recursion algorithm, when the output tension of Kevlar complex threads from the previous zone will be the input for the next zone. When determining the tension of Kevlar complex threads, their interaction with the guides of Kevlar complex threads, tension compensation devices, tension devices and devices for controlling the breakage of Kevlar complex threads, it is necessary to take into account the value of Kevlar complex thread diameter, its physical and mechanical properties, deformation, deformation the coefficient of bending stiffness when determining the actual angle of coverage of the guide surface. Ensuring the minimum necessary tension in the area of formation of the knitted fabric will allow to obtain the parameters of the loop structure of property and tactical equipment of servicemen capable of protecting the human body from fire, cold, cutting, barbed weapons, shock and shotgun impact.*

*Minimizing the tension in each zone of the line of Kevlar complex threads on flat knitting machines will reduce the probability of breakage, which is important for improving knitting processes from the standpoint of improving the productivity of flat knitting machines and product quality. Mathematical support of a computer program requires the development of models of thread guides, tension compensation devices, tension devices and thread break control devices, taking into account the real physical and mechanical properties of Kevlar complex threads and real geometric and structural parameters of structural elements of the feed system.*

*Keywords: computer program, recursion algorithm, tension, kevlar complex thread, thread guides, tension compensation devices, tension devices.*

### Постановка проблеми

Удосконалення процесу в'язання полотен з кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах полягає в створенні мінімально необхідного натягу в зоні формування трикотажного полотна. Забезпечення мінімально необхідного натягу в зоні формування трикотажного полотна дозволить отримувати параметри петельної структури виробів речового майна та тактичного спорядження військовослужбовців, здатних захищати тіло людини від впливу вогнепальної, холодної, ріжучої, колючої зброї, ударного та ударно-дробового впливу.

### Аналіз джерел

Враховуючи специфіку переробки кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах, при визначенні відносного натягу в кожній окремій зоні, необхідно використовувати алгоритм рекурсії, коли вихідний натяг кевларових комплексних ниток з попередньої зони буде являтися вхідним для наступної зони [1, 5, 11]. При визначенні натягу кевларових комплексних ниток, при їх взаємодії з спрямовувачами кевларових комплексних ниток, пристроями компенсації натягу, пристроями натягу та пристроями контролю обриву кевларових комплексних ниток необхідно враховувати значення діаметру перетину кевларових комплексних ниток, її фізико-механічні властивості, деформацію перетину в зоні контакту, коефіцієнт жорсткості на згин при визначенні реального кута охоплення прямої поверхні [1, 3-8]. Забезпечення мінімально необхідного натягу в зоні формування трикотажного полотна дозволить

отримувати параметри петельної структури виробів речового майна та тактичного спорядження військовослужбовців, здатних захищати тіло людини від впливу вогнепальної, холодної, ріжучої, колючої зброї, ударного та ударно-дробового впливу.

Математичне забезпечення комп'ютерної програми вимагає розробки моделей спрямовувачів нитки, пристроїв компенсації натягу, пристроїв натягу та пристроїв контролю обриву нитки з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей кевларових комплексних ниток та реальних геометричних та конструктивних параметрів структурних елементів системи подачі [2, 5-11].

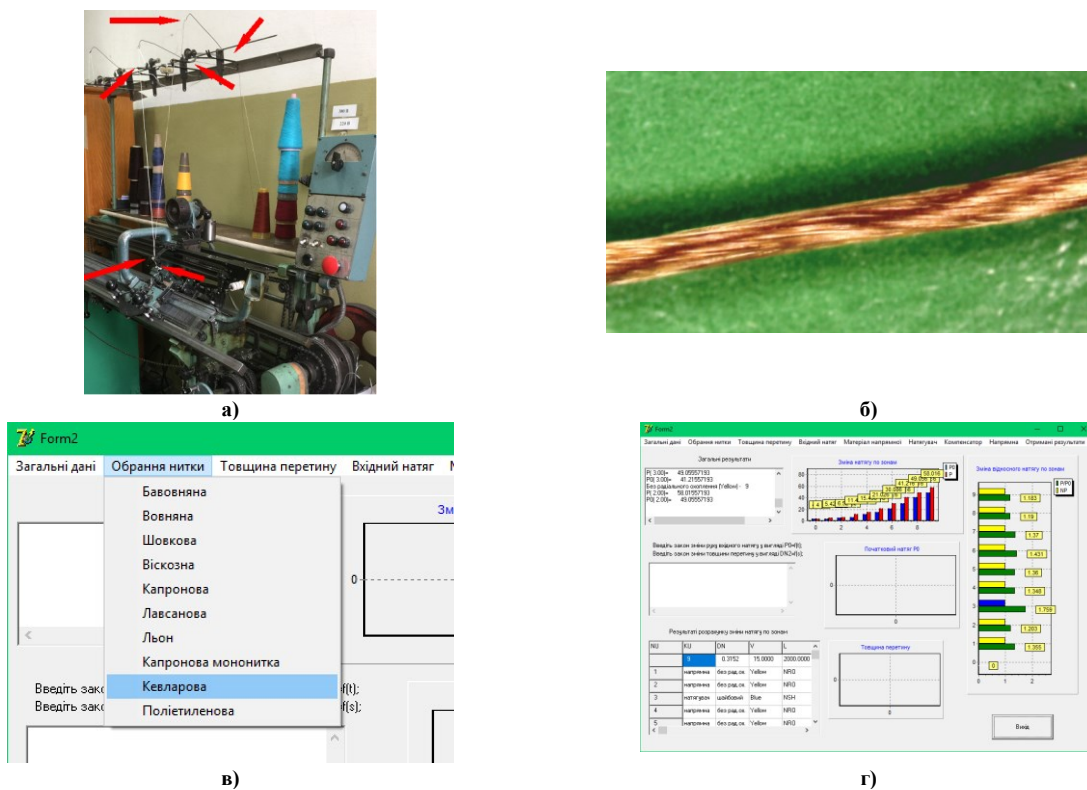
Розробка та удосконалення спеціальних комп'ютерних програм [10] для визначення натягу в кожній зоні лінії заправки кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах дозволяє оперативно визначати необхідні технологічні параметри, провадити корегування, як самої структури так і складових компонентів системи подачі кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах для отримання мінімально необхідного натягу [2, 5-9].

**Метою роботи є:** розробка програмних модулів та процедур комп'ютерної програми для визначення натягу кевларової нитки при в'язанні з використанням алгоритму рекурсії.

**Виклад основного матеріалу**

На рис.1а представлена лінія заправки кевларових комплексних ниток 58.8 Текс (рис.1б) на плосков'язальній машині ПВРК. Лінія заправки поділяється на десять ділянок. В дев'яти вузлах розташовані вісім спрямовувачів ниток у формі тора та шайбовий пристрій натягу. На першому етапі за допомогою компонента N2: TMenuItem (рис.1в) обираємо матеріал сировини. Процедура procedure.TForm2.N15Click дозволяє обрати кевларову комплексну нитку та розрахувати її основні параметри виходячи з фактичного значення товщини. Реалізація процедури procedure.TForm2.N42Click дозволяє здійснювати обрання матеріалу спрямовувача нитки у формі тора.

При визначенні відносного натягу в кожній окремій зоні, необхідно використовувати алгоритм рекурсії, коли вихідний натяг кевларових комплексних ниток з попередньої зони буде являтися вхідним для наступної зони.



**Рис.1.** Система подачі нитки на плосков'язальній машині ПВРК: а) лінія заправки нитки; б) кевларова комплексна нитка 58.8 Текс; в) форма процедури procedure.TForm2.N15Click

Математичне забезпечення процедури procedure N26Click(Sender: TObject) для спрямовувачів нитки має вигляд

$$P_{i+1} = P_i \left[ 1 + \frac{(R_j + r)}{[R_j + r(1 - \delta_{0j})]} \left( e^{\frac{\beta_j}{\sin \beta_j} \frac{a}{R_j^b} R_j^b \phi_j} - 1 \right) \right] + \left[ \frac{B}{2[R_j + r(1 - \delta_j)]^2} \right],$$

(1)

де  $P_{i+1}$  – натяг нитки після  $j$  конструктивного елемента;  $P_i$  – натяг нитки до  $j$  конструктивного елемента;  $R_j$  – радіус кривизни поверхні  $j$  конструктивного елемента;  $\delta_{0j}$  – початкова деформація перетину нитки при набіганні на  $j$  конструктивний елемент;  $\delta_j$  – кінцева деформація перетину нитки при збіганні з  $j$

конструктивного елемента;  $\beta_j$  – кут радіального охоплення нитки поверхню  $j$  конструктивного елемента;  $\varphi_j$  – реальний кут охоплення ниткою  $j$  конструктивного елемента.

Математичне забезпечення procedure N19Click(Sender: TObject) для шайбового пристрою натягу

$$P_I = P_O \left[ 1 - \frac{r+r_H}{r} (1 - e^{2\mu_2\alpha}) \right] + \frac{\mu_1 c (\lambda + d_H) \left[ 2 - \frac{r+r_H}{r} (1 - e^{2\mu_2\alpha}) \right]}{1 + \sin(\alpha - \beta)}, \quad \sin \beta = \frac{r}{R}, \quad (2)$$

де  $\mu_1$  – коефіцієнт тертя між поверхнями верхньої та нижньої шайб та ниткою;  $\mu_2$  – коефіцієнт тертя між поверхню циліндричного напрямного стрижня та ниткою;  $R$  – радіус кола контакту між верхньою та нижньою шайбами;  $\alpha$  – половина кута охоплення ниткою циліндричного направляючого стрижня;  $r$  – радіус циліндричного направляючого стрижня;  $c$  – коефіцієнт жорсткості пружини;  $\lambda$  – необхідна деформація пружини для забезпечення відповідної сили тертя;  $r_H$  – величина поперечного перетину кевларової комплексної нитки.

На рис.1г представлена головна форма комп'ютерної програми TForm2 = class(TForm) з результатами розрахунків за формулами (1)-(2) натягу кевларових комплексних ниток та відносного натягу по зонах заправки.

В таблиці 1 представлені результати розрахунків натягу та відносного натягу по зонах заправки в залежності від номеру вузла для плосков'язальної машини ПВРК.

Таблиця 1

**Результати розрахунків натягу та відносного натягу по зонах заправки в залежності від номеру вузла для плосков'язальної машини ПВРК**

Номер вузла	Тип	Характеристика елемента	Колір в TMainMenu	Ідентифікатор	P0	P	P/P0
1	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO1	4.00	5.42	1.35
2	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO2	5.42	6.52	1.20
3	натягувач	шайбовий	Blue	NSH	6.52	11.46	1.75
4	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO3	11.46	15.45	1.34
5	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO4	15.45	21.02	1.36
6	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO5	21.02	30.08	1.43
7	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO6	30.08	41.21	1.36
8	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO7	41.21	49.05	1.19
9	напрямна	з радіальним охопленням	Yellow	NRO8	49.05	58.01	1.18

### Висновки

Розроблена комп'ютерна програма для визначення натягу кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах з використанням алгоритму рекурсії.

Визначені зміни відносного натягу по зонах заправки кевларових комплексних ниток на плосков'язальних машинах, що дозволило забезпечити мінімально необхідний натяг в зоні формування трикотажного полотна та отримати параметри петельної структури виробів речового майна та тактичного спорядження військовослужбовців, здатних захищати тіло людини від впливу вогнепальної, холодної, ріжучої, колючої зброї, ударного та ударно-дробового впливу.

### Література

1. 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.
2. Слізков А.М., Щербань В.Ю., Кизимчук О.П. Механічна технологія текстильних матеріалів. Частина II. (Ткацьке, трикотажне та неткане виробництво): підручник / А.М.Слізков, В.Ю.Щербань, О.П.Кизимчук. – К.:КНУТД, 2018. – 276 с.
3. 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.
4. 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.
5. Щербань В.Ю., Волков О.И., Щербань Ю.Ю. Математические модели в САПР оборудования и технологических процессов легкой и текстильной промышленности. – К.: КНУТД, 2003. - 600 с.
6. 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.

7. 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
8. 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.
9. Щербань В.Ю. Дослідження впливу матеріалу нитки і анізотропії тертя на її натяг і форму осі/ В.Ю.Щербань, В.Ю.Калашник, О.З.Коліско, М.І.Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – 223(2). - С.25-29.
10. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – K.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.
11. 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.

#### References

1. 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.
2. Slizkov AM, Shcherban V.Yu., Kizimchuk OP Mechanical technology of textile materials. Part II. (Weaving, knitted and non-woven production): textbook / A.M. Slizkov, V.Y. Shcherban, O.P. Kyzymchuk. - K.: KNUTD, 2018. - 276 p.
3. 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.
4. 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.
5. Shcherban V.Yu., Volkov O.I., Shcherban Yu.Yu. Mathematical models in CAD equipment and technological processes of light and textile industries. - K.: KNUTD, 2003. - 600 p.
6. 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.
7. 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
8. 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.
9. 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 axisio. Khmelnytskyi. Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences. Khmelnytskyi.2015. Volume 223. Issue 2. pp.25-29.
10. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – K.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.
11. 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.

Надійшла/Paper received : 12.04.2021 p. Надрукована/Printed :02.06.2021 p.