

ЩЕРБАНЬ В. Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-4274-4425>
scherbanvu@ukr.net

ЩЕНКО В. Д.

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0003-2180-5257>
kipt@i.com.ua

КОЛИСКО О. З.

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0003-4043-1238>
kipt@i.com.ua

ГОЛЬДБЕРГ М. І.

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-9982-7264>
kipt@i.com.ua

ЩЕРБАНЬ Ю. Ю.

Київський фаховий коледж прикладних наук
<https://orcid.org/0000-0001-5024-8387>
scherban@i.ua

КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ ЗАПРАВКИ НИТКИ НА ОСНОВІ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ ГРАФА

На основі використання логічно-послідовної теоретично множинної математичної моделі системи подачі нитки на технологічному обладнанні, з використанням алгоритму Дейкстри пошуку оптимального шляху графа, отримане математичне та алгоритмічне забезпечення для визначення форми заправки.

Ключові слова: алгоритм Дейкстри, граф, оптимальний шлях, комп'ютерна програма, система подача нитки.

Volodymyr SHCHERBAN, Valentin ISHCHEKNO, Oksana KOLISKO, Marjana GOLDBERG
Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine
Yuryj SHCHERBAN
Kyiv Professional College of Applied Sciences

COMPUTER IMPLEMENTATION OF DAKYSTRE'S ALGORITHM FOR DETERMINING THE FORM OF THREAD REFILLING ON THE BASIS OF SEARCHING FOR THE OPTIMAL PATH OF THE GRAPH

Minimization of thread tension during processing on technological machines allows to reduce the probability of breakage in the working area. This is achieved by optimizing the geometric parameters of the thread feed system on process equipment, namely obtaining such a broken thread shape, in which the total angle of coverage of structural structural elements of process equipment in the form of cylindrical guides and torus, elements of tensioning devices will have a minimum value. This will reduce the amount of friction between the thread and the guide surfaces and get the minimum tension in the working area. Given the large number of structural elements of the thread feed system on technological machines, their location in the plane and space, there is a need to use modern information technology. Implementing this requires the use of algorithms and computer programs to find the optimal path of the graph using the Dijkstra algorithm. Determining the tension and changes in relative tension in the refueling zones of technological machines, taking into account the specifics of the design of the thread feed system, will reduce thread breakage, optimize t Improving the process of thread processing on technological machines of light industry is to minimize tension and should be based on theoretical and experimental studies of the interaction of threads with structural elements of the feed system, including tensioning devices, breakage control and guides of large and small curvature. Imperfect shape of the thread filling line on technological machines of light industry, low quality of complex threads and yarn with increasing tension along the depth of filling leads to their breakage. hread tension in the working area of the source product.

Keywords: Dijkstra algorithm, graph, optimal path, computer program, thread feed system.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Мінімізація натягу нитки при переробці на технологічних машинах дозволяє зменшити ймовірність обриву в робочій зоні. Це досягається шляхом оптимізації геометричних параметрів системи подачі нитки на технологічному обладнанні, а саме отримання такої ламаної форми нитки, при якій сумарний кут охоплення конструктивних структурних елементів технологічного обладнання у вигляді направляючих циліндричної форми та у формі тора, елементів пристроїв для натягу, пристроїв для контролю обриву буде мати мінімальне значення. Це дозволить зменшити величину сили тертя між ниткою та напрямними поверхнями і отримати в робочій зоні мінімальний натяг. Враховуючи велику кількість структурних елементів системи подачі нитки на технологічних машинах, їх розташування у площині та просторі виникає необхідність використання сучасних інформаційних технологій. Реалізація цього потребує використання алгоритмів та комп'ютерних програм для пошуку оптимального шляху графа з використанням алгоритму Дейкстри. Визначення напруженості та зміни відносного натягу по зонам заправки технологічних машин, з урахуванням специфіки конструкції системи подачі нитки, дозволить зменшити обривність ниток, оптимізації натягу ниток в робочій зоні формування вихідного продукту.

Аналіз досліджень та публікацій

Удосконалення процесу переробки ниток на технологічних машинах легкої промисловості полягає в мінімізації натягу і повинно базуватися на теоретичних та експериментальних дослідженнях процесу взаємодії ниток з структурними елементами системи подачі [1-3, 7-9], зокрема пристроями для натягу, для контролю обриву та спрямовувачами великої та малої кривизни [2-5]. Недосконала форма лінії заправки нитки на технологічних машинах легкої промисловості, низька якість комплексних ниток та пряжі при зростанні натягу по глибині заправки призводить до їх обривів[4-8].

Отримання ламаної форми нитки, при якій сумарний кут охоплення конструктивних структурних елементів технологічного обладнання у вигляді направляючих циліндричної форми та у формі тора [1-2], елементів пристроїв для натягу[5], пристроїв для контролю обриву буде мати мінімальне значення дозволяє зменшити напруженість та відносний натяг по зонам заправки технологічних машин [7-9].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: комп'ютерна реалізація алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа.

Виклад основного матеріалу

На рис. 1а, 1б, 1в представлений загальний вигляд відповідно круглов'язальної, плосков'язальної машини та ткацького верстата.

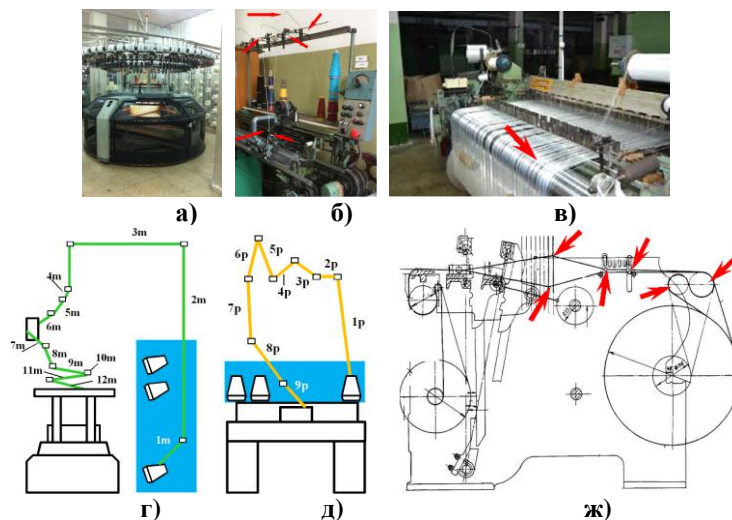


Рис.1. Загальний вигляд: а) круглов'язальної машини; б) плосков'язальної машини; в) ткацького верстата; схема заправки: : г) круглов'язальної машини; д) плосков'язальної машини; ж) ткацького верстата

На рис. 1г, 1д, 1ж представлені розрахункові схеми відповідно круглов'язальної, плосков'язальної машини та ткацького верстата.

Теоретично множинна математична модель визначення форми заправки нитки на основі алгоритму Дейкстри пошуку оптимального шляху графа має логічно-послідовний вигляд. Розв'язок задачі пошуку оптимальної траєкторії можна отримати, скориставшись моделлю у вигляді неорієнтованого графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$, який представляє собою сукупність двох множин

$$G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs}) = \langle V_{tfs}, E_{tfs} \rangle, \tag{1}$$

де V_{tfs} - непушта множина вершин контакту; E_{tfs} - множина ребер, яка складається з неупорядкованих пар вершин контакту множини V_{tfs} .

На рис.2а представлена загальна розрахункова схема заправки нитки.

Для неорієнтованого графа (1) $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$ повинні виконуватися наступні відношення

$$V_{tfs} \neq \emptyset, E_{tfs} \subset V_{tfs} \times V_{tfs}, E_{tfs} = E_{tfs}^{-1}.$$

Матриця суміжності неорієнтованого графа (1) симетрична відносно головної діагоналі. Елементи множини P_{tfs} представляють інцидентії графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$, які вказують яку пару $V_{(i)n_i}$,

$V_{(i+1)n_{i+1}}$ елементів множини вершин V_{tfs} з'єднує той чи інший елемент $e_{[(i)-(i+1)]}^{[(i)-(i+1)]}$ множини ребер E_{tfs} графа (1)

$$P_{tfs} = \left\{ \left(v_{1s}, \bigcup_{j=1}^{n_2} e_{(j)}^{[(1)-(2)]}, \bigcup_{j=1}^{n_2} v_{2j} \right), \bigcup_{k=1}^{n-2} \left(v_{(i)k}, e_{(k)}^{[(i)-(i+1)]}, v_{(i+1)k+1} \right), \left(\bigcup_{j=1}^{n-1} v_{(n-1)j}, \bigcup_{j=1}^{n-1} e_{(j)}^{[(n-1)-(n)]}, v_{nt} \right) \right\}. \quad (2)$$

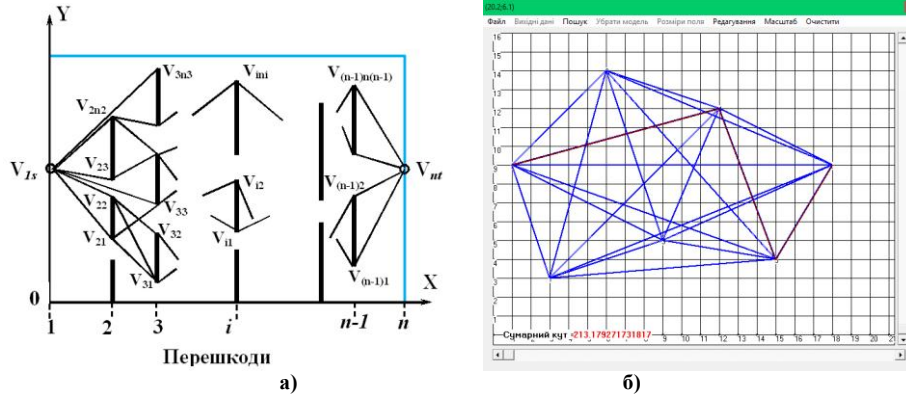


Рис.2. Система подачі нитки: а) розрахункова схема; б) результати розрахунку

Непуста множина вершин V_{tfs} графа (1) визначається з наступної системи

$$V_{tfs} = \bigcup_{k=1}^n V_k, \{v_{1s}\} \in V_1, \{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n_2}\} \in V_2, \dots, \{v_{(n-1)1}, v_{(n-1)2}, \dots, v_{(n-1)n_{n-1}}\} \in V_{n-1}, \{v_{nt}\} \in V_n, \quad (3)$$

де V_k - підмножина вершин контакту нитки з перешкодами k рівня; n - кількість перешкод; $v_{1s}, v_{2n_2}, \dots, v_{(n-1)n_{n-1}}, v_{nt}$ - відповідно точки вершин контакту з перешкодами 1, 2, ..., $n-1, n$ рівня; $1s, n_2, \dots, n_{n-1}, nt$ - відповідно кількість точок вершин контакту з 1, 2 ... $n-1, n$ перешкодами.

Множина ребер E_{tfs} визначається з наступної системи

$$E_{tfs} = \bigcup_{k1=1}^{n-1} E_{[(k1)-(k1+1)]}, \{e_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]}, e_{(1s-22)}^{[(1)-(2)]}, \dots, e_{(1s-2n_2)}^{[(1)-(2)]}\} \in E_{[(1)-(2)]}, \{e_{(21-31)}^{[(2)-(3)]}, e_{(21-32)}^{[(2)-(3)]}, \dots, e_{(2n_2-3n_3)}^{[(2)-(3)]}\} \in E_{[(2)-(3)]}, \dots, \{e_{[(n-1)1-nt]}^{[(n-1)-(n)]}, e_{[(n-1)2-nt]}^{[(n-1)-(n)]}, \dots, e_{[(n-1)n_{n-1}-nt]}^{[(n-1)-(n)]}\} \in E_{[(n-1)-(n)]}, \quad (4)$$

де $k1$ - кількість зон розташування ребер неорієнтованого графа; $e_{(1)}^{[(1)-(2)]}, \dots, e_{(n-1)}^{[(n-1)-(n)]}$ - відповідні ребра неорієнтованого графа $G_{tfs}(V_{tfs}, E_{tfs})$.

Геометрична ідентифікація між вершинами (3) та відповідним ребром (4) для зони між першою та другою перешкодами. Верхній індекс вказує між якими перешкодами розташовані ребра. Нижній індекс вказує для яких вершин на попередній та поточній перешкодах відноситься ребро.

$$e_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]} = (v_{1s}, v_{21}), e_{(1s-22)}^{[(1)-(2)]} = (v_{1s}, v_{22}), \dots, e_{(1s-2n_2)}^{[(1)-(2)]} = (v_{1s}, v_{2n_2}).$$

Геометрична ідентифікація між вершинами та відповідним ребром для зони між другою та третьою перешкодами.

$$e_{(21-31)}^{[(2)-(3)]} = (v_{21}, v_{31}), e_{(21-32)}^{[(2)-(3)]} = (v_{21}, v_{32}), \dots, e_{(21-3n_3)}^{[(2)-(3)]} = (v_{21}, v_{3n_3}), e_{(22-31)}^{[(2)-(3)]} = (v_{22}, v_{31}), e_{(22-32)}^{[(2)-(3)]} = (v_{22}, v_{32}), \dots, e_{(22-3n_3)}^{[(2)-(3)]} = (v_{22}, v_{3n_3}), \dots, e_{(2n_2-31)}^{[(2)-(3)]} = (v_{2n_2}, v_{31}), e_{(2n_2-32)}^{[(2)-(3)]} = (v_{2n_2}, v_{32}), \dots, e_{(2n_2-3n_3)}^{[(2)-(3)]} = (v_{2n_2}, v_{3n_3}).$$

Геометрична ідентифікація між вершинами та відповідним ребром для зони між передостанньою та останньою перешкодами.

$$e_{[(n-1)1-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = (v_{(n-1)1}, v_{nt}), e_{[(n-1)2-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = (v_{(n-1)2}, v_{nt}), \dots, e_{[(n-1)n_{n-1}-nt]}^{[(n-1)-(n)]} = (v_{(n-1)n_{n-1}}, v_{nt}).$$

Множина вершин, суміжних з вершиною входу V_{1s} буде множиною суміжності вершини входу

$$\Gamma^+(v_{1s}) = \left\{ \bigcup_{j=1}^{n_2} e_{(j)}^{(1-2)} \in V_{dfs} \mid \left(\bigcup_{j=1}^{n_2} e_{(j)}^{(1-2)}, v_{1s} \right) \in E_{dfs} \right\}.$$

Множина вершин, суміжних з вершиною виходу V_{nt} буде множиною суміжності вершини виходу

$$\Gamma^+(v_{nt}) = \left\{ \bigcup_{j=1}^{n_{n-1}} e_{(j)}^{((n-1)-(n))} \in V_{dfs} \mid \left(\bigcup_{j=1}^{n_{n-1}} e_{(j)}^{((n-1)-(n))}, v_{nt} \right) \in E_{dfs} \right\}.$$

Для неорієнтованого графа $G_{dfs}(V_{dfs}, E_{dfs})$ найкоротшим шляхом з вершини V_{1s} до вершини V_{nt} буде називатися шлях, який має мінімальне значення суми вагових функцій ребер.

На рис.2б представлені результати комп'ютерного визначення оптимальної лінії заправки нитки.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Отримане математичне забезпечення для комп'ютерної реалізації алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа.

Література

1. Щербань В.Ю. Механіка нитки / В.Ю.Щербань. -К.:Освіта України, 2018.- 533 с.
2. Щербань В.Ю. 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. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application / V. Yu. Scherban, S.M. Krasnitsky, V.G. Rezanov.-К.:KNUTD, 2011. -220p.
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. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.
7. Algorithmic, software and mathematical components of CAD in the fashion industry / V. Yu. Scherban, O.Z. Kolisko, M.I. Sholudko, V. Yu. Kalashnik. – К.: Education of Ukraine, 2017. – 745 p.
8. Shcherban V. Warp yarn tension during fabric formation / V. Shcherban, G. Melnyk, M. Sholudko, V. Kalashnyk // *Fibres and Textiles*. – 2018. – volume 25. - №2. – PP.97-104.
9. Differential equations of the relative motion of the filament element on the end sections of the coil of the winding drum / I.A. Yakubitskaya, V.V. Chugin, V.Yu. Shcherban // *Technology of the textile industry*. - 1997. - №6. - P.50-54.

References

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