

ЩЕРБАНЬ ВОЛОДИМИР

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

КОЛЬВА МИКИТА

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0001-9955-0069>
e-mail: radik061@gmail.com

ЄГОРОВ ДМІТРО

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-0515-0206>
e-mail: deskoda3232@gmail.com

ШИЛІНГОВ СЕРГІЙ

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-0730-3739>
e-mail: s.shilingov@gmail.com

ЛУКАШЕВ АНДРІЙ

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-7724-7744>
e-mail: applerel1@gmail.com

КОМП'ЮТЕРНИЙ МОДУЛЬ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ ЗАПРАВКИ НИТКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

Наведені результати визначення оптимальної форми заправки нитки на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості з використанням комп'ютерного модуля програми для визначення напруженості технологічних процесів. Комп'ютерний модуль програми для визначення напруженості технологічних процесів, з використанням алгоритму рекурсії, дозволяє визначити оптимальну форму заправки нитки для перешкод у вигляді вертикальної прямої, кола та прямокутника. Дані геометричні образи відображають реальні направляючі та робочі органи технологічного обладнання.

Ключові слова: комп'ютерний модуль, оптимальна форма заправки, нитка, технологічне обладнання.

SHCHERBAN VOLODYMYR, KOLVA NIKITA,
EGOROV DMITRIJ, SHILINGOV SERGEY, LUKASHEV ANDREW
Kyiv National University of Technologies and Design

COMPUTER MODULE OF THE PROGRAM FOR DETERMINING THE OPTIMUM FORM OF THREAD FILING ON TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

The results of determining the optimal form of thread filling on the technological equipment of the light and textile industry using the computer module of the program for determining the tension of technological processes are given. The computer module of the program for determining the intensity of technological processes, using the recursion algorithm, allows you to determine the optimal form of filling the thread for obstacles in the form of a vertical straight line, a circle and a rectangle. These geometric images reflect real guides and working bodies of technological equipment.

The development of new technological processes in the light and textile industries and the improvement of existing ones is based on the optimization of thread tension in the working area. An increase in the amount of tension leads to thread breaks, and a decrease in its value leads to a violation of technological processes, a deterioration in the quality of manufactured products and, as a result, also leads to breaks in raw materials. Thus, the optimization of the thread tension in the working area allows you to maximally exclude thread breaks, increase the productivity of the technological equipment and the quality of the manufactured products. When processing raw materials on the technological equipment of the light and textile industry, the thread tension gradually increases from the exit zone from the packaging to the working zone. The increase in tension is due to the contact of the thread with the guiding and working bodies of the technological equipment of the light and textile industry. Due to the frictional forces in the contact zone, the thread tension increases after the guiding and working bodies of the technological equipment. The magnitude of the friction force is affected by the angle of coverage of the thread of the guide. The form of filling the thread on the technological equipment is a broken line. The guiding and working bodies of the technological equipment are located at the breaking points. Optimizing the filling form consists in minimizing the total angle of coverage of the guide thread. Graph theory and specialized software must be used to solve the complex task of optimizing the thread filling form on technological equipment.

The magnitude of the frictional force in the zone of contact with the guiding and working bodies of the technological equipment of the light and textile industry depends on the tension of the thread in front of the guide, the radius of curvature of the guide surface, the angle of coverage by the thread of the guide, guide material and thread, speed of thread movement.

Keywords: computer module, optimal filling form, thread, technological equipment.

Постановка проблеми

Розробка нових технологічних процесів легкої та текстильної промисловості та удосконалення існуючих базується на оптимізації натягу нитки в робочій зоні. Збільшення величини натягу призводить до обривів нитки, а зменшення його величини призводить до порушення технологічних процесів, погіршенню якості продукції, що випускається і, як наслідок, також призводить до обривів сировини. Таким чином, оптимізація натягу нитки в робочій зоні дозволяє максимально виключити обриви ниток, підвищити продуктивність технологічного обладнання та якість продукції, що випускається.

При переробці сировини на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості натяг ниток поступово зростає від зони сходу з пакування (бобіни, навої) до робочої зони (зона в'язання, зона формування елемента тканини, зона зшивання матеріалів). Форма заправки нитки на технологічному обладнанні представляє собою ламану лінію. В точках зламу розташовані направляючі та робочі органи технологічного обладнання. Оптимізація форми заправки полягає в мінімізації величини сумарного кута охоплення ниткою напрямних. Для розв'язання складної задачі оптимізації форми заправки нитки на технологічному обладнанні необхідно використовувати теорію графів та спеціалізоване програмне забезпечення.

Таким чином, тема даної статті є актуальною, яка має важливе значення для визначення оптимальної форми заправки нитки на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості з використанням комп'ютерного модуля програми для визначення напруженості технологічних процесів для перешкод у вигляді вертикальної прямої, кола та прямокутника.

Аналіз джерел

Величина сили тертя в зоні контакту з направляючими та робочими органами технологічного обладнання легкої та текстильної промисловості залежить від натягу нитки перед напрямною [1–3, 6–9], радіусу кривизни напрямної поверхні [2, 5], величини кута охоплення ниткою напрямної [4, 7], матеріалу напрямної та нитки [1, 8], швидкості руху нитки [2]. Геометрична структура форми заправки нитки на технологічному обладнанні визначає сумарний кут охоплення ниткою направляючих та робочих органів [5, 9]. Послідовне проходження нитки напрямними технологічного обладнання легкої та текстильної промисловості, від зони входу до робочої зони, призводить до поступового зростання натягу [3], який досягає максимуму в кінцевій зоні. Вихідний параметр натягу після попередньої напрямної буде вхідним параметром для наступної напрямної, що дозволяє використовувати рекурсію при визначенні натягу в робочій зоні [1, 2]. Такий характер взаємодії має місце в більшості технологічних процесів легкої та текстильної промисловості [1, 5]. Розробка нових форм заправки нитки та удосконалення існуючих потребує оперативної оцінки значення сумарного кута охоплення ниткою напрямних на технологічному обладнанні [2–6]. Для цього ефективно використовувати спеціально розроблені комп'ютерні програми для виконання обчислювального експерименту [1, 2].

Метою роботи є визначення оптимальної форми заправки нитки на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості з використанням комп'ютерного модуля програми для визначення напруженості технологічних процесів.

Виклад основного матеріалу

На головній формі програми для визначення напруженості технологічних процесів TForm2 = class(TForm) в головному меню розташована вкладка «Визначення траєкторії» (рис. 1а), яка ініціює процедуру procedure N51Click(Sender: TObject). В списку представлені три варіанти. Комп'ютерні модулі Unit27, Unit28, Unit29 програми дозволяють визначити оптимальну форму заправки нитки. Для перешкоди у вигляді вертикальної прямої реалізується процедура procedure N51Click(Sender: TObject). Для перешкоди у вигляді кола реалізується процедура procedure N52Click(Sender: TObject). Для перешкоди у вигляді прямокутника реалізується процедура procedure N53Click(Sender: TObject). На рис.1б представлена форма TForm27 = class(TForm) для перешкоди у вигляді вертикальної прямої. Для даного варіанту треба задати кількість

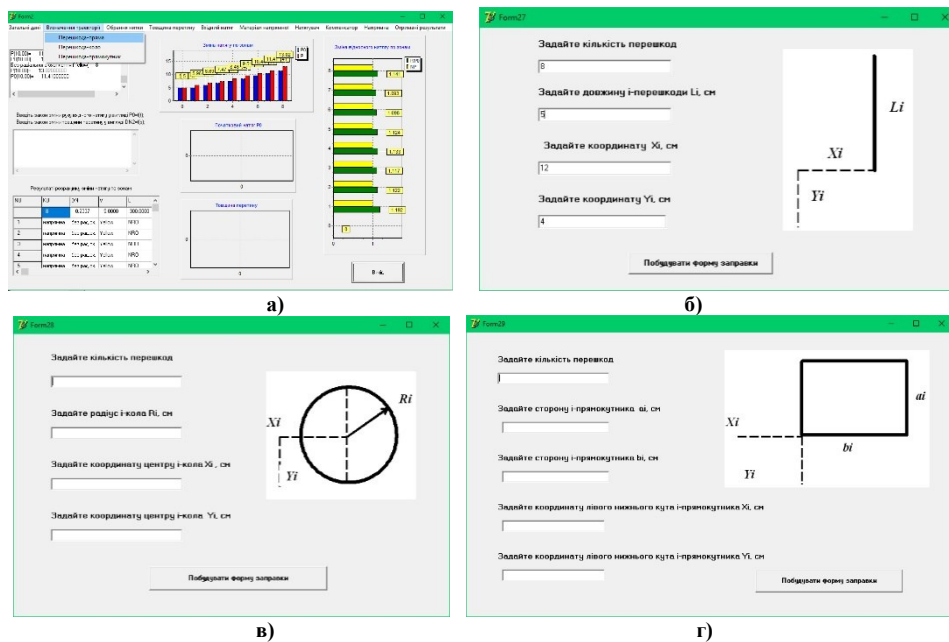


Рис. 1. Головні форми програми та комп'ютерного модуля програми для визначення оптимальної форми заправки нитки: а) головна форма TForm2 = class(TForm); б) форма TForm27 = class(TForm) для перешкоди у вигляді вертикальної прямої; в) TForm28 = class(TForm) для перешкоди у вигляді кола; г) форма TForm29 = class(TForm) для перешкоди у вигляді прямокутника

вертикальних прямих перешкод $i=1 \dots n$, довжину i -перешкоди, координати нижньої точки вертикальної прямої. На рис. 1в представлена форма TForm28 = class(TForm) для перешкоди у вигляді кола. Для даного виду перешкоди необхідно задати радіус R_i для i -перешкоди. На рис. 1г представлена форма TForm29 = class(TForm) для перешкоди у вигляді прямокутника. Для даного виду перешкоди необхідно задати значення сторін для i -перешкоди та координати лівого нижнього кута прямокутника.

Граф лінії заправки можна розбити на зони, у кожній з яких буде одна перешкода у вигляді вертикальної прямої, кола та прямокутника. Використовуючи рекурсивний підхід, при якому вихідний натяг після перешкоди у попередній зоні буде вхідним значенням натягу перед перешкодою у наступній зоні, визначимо натяг нитки перед робочою зоною

$$P_n = P_1 \prod_{i=1}^n e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i)} = P_1 \prod_{i=1}^n e^{\mu \sum_{i=1}^n \alpha_i}.$$

де P_1 - натяг нитки в зоні входу в систему; $P_2, P_3 \dots P_i$ - натяг нитки після перешкоди; i - поточний номер перешкоди; n - кількість перешкод.

Мінімально необхідний натяг буде визначатися мінімальною сумою кутів охоплення ниткою перешкод у вигляді вертикальної прямої, кола та прямокутника. Тобто $\sum_{i=1}^n \alpha_i \rightarrow \min$.

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} - непуста множина вершин контакту нитки з перешкодою; E_{tfs} - множина ребер, яка складається з неупорядкованих пар вершин контакту нитки з перешкодою множини V_{tfs} .

Для задачі пошуку оптимальної траєкторії вагова функція для j ребра неорієнтованого графа визначається кутом нахилу цього ребра до горизонтальної осі

$$\alpha_k^{[(i)-(i+1)]} = \arctg\left[\frac{|Y_{i+1,j+1} - Y_{i,j}|}{|X_{i+1,j+1} - X_{i,j}|}\right], \tag{2}$$

де k - номер ребра між перешкодами i та $i + 1$; $X_{i,j}, Y_{i,j}$ - координати точки контакту нитки з перешкодою графа, яка розташована на початку ребра k ; $X_{i+1,j+1}, Y_{i+1,j+1}$ - координати точки контакту нитки з перешкодою графа, яка розташована на кінці ребра k .

Значення вагових функцій ребер для зони між першою та другою перешкодами представлено наступною системою (верхній індекс вказує між якими перешкодами розташовані ребра, нижній індекс вказує для якої вершини на поточній перешкоді відноситься ребро)

$$\alpha_{(1s-21)}^{[(1)-(2)]} = \arctg\left[\frac{|Y_{21} - Y_{1s}|}{|X_{21} - X_{1s}|}\right], \alpha_{(1s-22)}^{[(1)-(2)]} = \arctg\left[\frac{|Y_{22} - Y_{1s}|}{|X_{22} - X_{1s}|}\right], \tag{3}$$

$$\dots$$

$$\alpha_{(1s-2n_2)}^{[(1)-(2)]} = \arctg\left[\frac{|Y_{2n_2} - Y_{1s}|}{|X_{2n_2} - X_{1s}|}\right]$$

На рис.2 представлені результати побудови форми заправки для бавовняної пряжі 35 Текс для випадку восьми перешкод у вигляді вертикальної прямої. Початковий натяг був обраний 5 сН. Зеленим кольором позначена оптимальна форма заправки, а червоним кольором позначена гірша форма.

Висновки

З використанням комп'ютерного модуля програми для визначення напруженості технологічних процесів, з використанням алгоритму рекурсії, визначені оптимальної форми заправки нитки на технологічному обладнанні легкої та текстильної промисловості для перешкод у вигляді вертикальної прямої, кола та прямокутника. Дані геометричні образи відображають реальні направляючі та робочі органи технологічного обладнання.

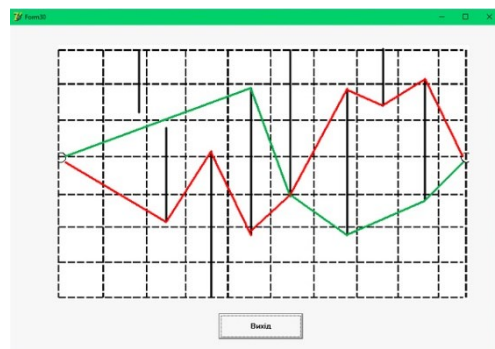


Рис. 2. Форма TForm30 = class(TForm) модуля unit Unit30 з результатами розрахунку для випадку перешкод у вигляді вертикальної прямої

References

1. Shcherban V.Y., Shcherban Y.Y., Kolisko O.Z., Melnik G.V., Sholudko M.I., Kalashnik V.Y. Basic design support of CAD in the fashion industry. K.: Education of Ukraine, 2018. 902 p.
2. Scherban V. Yu., Krasnitsky S.M., Rezanova V.G. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application. K.: KNUTD, 2011. 240 p.
3. Shcherban' V., Makarenko J., Petko A., Melnyk G., Shcherban' Yu., Shchutska G. Computer implementation of a recursion algorithm for determining the tension of a thread on technological equipment based on the derived mathematical dependences. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. volume 104. №2/1. pp.41-50.
4. Shcherban V.Y., Volkov O.I., Shcherban Y.Y. CAD of equipment and technological processes of the light and textile industry. K.: Boomservice, 2004. 519 p.
5. Shcherban' V., Melnyk G., Sholudko M., Kolysko O., Kalashnyk V. Improvement of structure and technology of manufacture of multilayer technical fabric. Fibres and Textiles. 2019. volume 26. № 2. pp. 54-63.
6. Shcherban' V., Melnyk G., Sholudko M., Kolysko O., Kalashnyk V. Yarn tension while knitting textile fabric. Fibres and Textiles. 2018. volume 25. № 3. pp. 74-83.
7. Vasilchenko V.N., Shcherban V.Yu. Influence of the twist of a capron complex filament on the value of its flexural rigidity. Technology of the textile industry. 1986. №4. P.8-9.
8. Scherban V.Yu. Investigation of the process of duck surf during the formation of multilayer technical fabric. Technology of the textile industry. 1990. №4. P.41-44.
9. Scherban V.Yu. Determination of the geometric characteristics of the shape of the filament axis moving along the deformable guide surface. Technology of the textile industry. -1990. №6. P. 52-55.