

УДК 677.024.3

DOI 10.31891/2307-5732-2020-285-3-42

В. Ю. ЩЕРБАНЬ, А. К. ПЕТКО,  
О. З. КОЛИСКО, Ю. Ю. ЩЕРБАНЬ, М. І. ШОЛУДЬКО  
Київський національний університет технологій та дизайну

## КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ЗМІННОГО ДІАМЕТРУ СИРОВИНИ

В роботі наведена структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль в робочій зоні текстильного обладнання для випадку, коли діаметр нитки має змінне значення. Представлені програмні модулі програми для визначення технологічних зусиль в робочій зоні на текстильних машинах з урахуванням зміни діаметру перетину нитки для широкого спектру комплексних ниток та пряжі. Програмними модулями передбачена можливість завдання закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції або довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів у вигляді транслятора. В комп'ютерній програмі закладена можливість зміни швидкості руху нитки, довжини лінії пружної системи заправки, перетину нитки, її вхідного натягу, матеріалу направляючих поверхонь, їх форми. В якості структурних елементів можливо використовувати направляючі великої та малої кривизни, пристрої для натягу нитки та компенсатори натягу. Наведено опис основних процедур та функцій.

Ключові слова: комп'ютерна програма, алгоритм рекурсії, програмні модулі, нитка, гармонічна функція зміни діаметру перетину нитки, транслятор.

V. SHCHERBAN, A. PETKO, O. KOLISKO, Y. SHCHERBAN, M. SHOLUDKO  
Kyiv National University of Technologies and Design

## COMPUTER IMPLEMENTATION OF RECURRENCE ALGORITHM FOR CASE OF VARIABLE RAW MATERIAL DIAMETER

The paper presents the structure of a computer program for the implementation of the recursion algorithm to determine the technological effort in the working area of textile equipment for the case when the diameter of the thread has a variable value. The program modules of the program for determination of technological efforts in a working zone on textile machines taking into account change of diameter of section of a thread for a wide range of complex threads and yarns are presented. The software modules provide the ability to set the law of changing the diameter of the thread in the form of a harmonic function or an arbitrary function of the user using inverse Polish records in the form of a translator. The computer program includes the ability to change the speed of the thread, the length of the line of the elastic refuelling system, the cross section of the thread, its input tension, the material of the guide surfaces, their shape. Large and small curvature guides, thread tensioners and tension compensators can be used as structural elements. The description of the main procedures and functions is given.

The main parameter for optimizing the thread feed system is the minimum required tension in the work area. The breakage of the threads during processing on the process equipment is due to the imperfection of the thread feed system and its components. Downtime of equipment associated with the elimination of the cliff, is currently 75-80% of the total downtime. This negatively affects the productivity of equipment, reduces the quality of products. The largest number of breaks falls on the area of the devices of the tension of the thread. Investigations of the influence of the design of the thread tension device on the conditions of its interaction with the thread, taking into account its non-uniformity in the diameter of the cross section, are important in determining the thread tension. The thread tension increases when passing through the refuelling zones of the thread feed system on the process equipment. This increase is due to the interaction of the thread with the guides and tensioning devices. The maximum value of tension will be in front of the working area. Minimizing the tension in front of the work area is important for improving the technological processes of the textile and clothing industry from the standpoint of improving the productivity of technological equipment and product quality. Thus, the topic of this article is relevant, which is important for improving the system of thread supply on process equipment, the design of existing thread tensioning devices and the development of new ones.

Development of special computer programs for determining the tension in the working area, taking into account its unevenness in the diameter of the cross section allows you to quickly determine the necessary technological parameters, adjust both the structure and components of the thread feed system to obtain the minimum necessary tension in the working area.

Objects and methods of research. The thread tensioning devices are an integral part of the thread supply system of the technological equipment of the textile industry. The imperfection of the design of the thread tension devices leads to fluctuations in the thread tension during its processing on the process equipment and violation of the technological regime. First of all, it is influenced by the unevenness of the thread in diameter, due to its structure and material, the specifics of the manufacture of the thread, the length of individual filaments and their relative position relative to each other. The theoretical basis for solving scientific and technical problems are the works of leading scientists in the fields of technology of textile and knitwear production, textile materials science, thread mechanics, elasticity theory, mathematical modelling. Theoretical and experimental research uses methods of theoretical mechanics, resistance of materials, experimental planning and statistical processing of research results.

Keywords: computer program, recursion algorithm, program modules, thread, harmonic function of thread diameter change, translator.

**Актуальність.** Головним параметром оптимізації системи подачі ниток є мінімально необхідний натяг в робочій зоні. Обривність ниток при переробці на технологічному устаткуванні пов'язана з недосконалістю системи подачі нитки і її складових елементів [3]. Простой устаткування, пов'язані з ліквідацією обриву, складають в даний час 75–80% від загального часу простоїв. Це негативно впливає на продуктивність обладнання, зменшує якість продукції що випускається. Найбільше число обривів випадає на зону розташування пристроїв натягу нитки [8–12]. Дослідження впливу конструкції пристрою натягу нитки на умови його взаємодії з ниткою з урахуванням її нерівномірності по діаметру поперечного перетину мають важливе значення при визначенні натягу нитки. Натяг нитки збільшується при переході по зонах заправки системи подачі нитки на технологічному обладнанні. Це збільшення обумовлено взаємодією нитки

з напрямними та пристроями для натягу [4–9]. Максимального значення натягу буде перед робочою зоною. Мінімізація натягу перед робочою зоною має важливе значення для удосконалення технологічних процесів текстильної та швейної промисловості з позиції підвищення продуктивності технологічного устаткування та якості продукції, що випускається. Таким чином, тема даної статті є актуальною, яка має важливе значення для удосконалення системи подачі ниток на технологічному обладнанні, конструкції існуючих пристроїв натягу нитки та розробки нових [10–12].

Розробка спеціальних комп'ютерних програм [1, 2] для визначення натягу в робочій зоні з урахуванням її нерівномірності по діаметру поперечного перетину дозволяє оперативно визначити необхідні технологічні параметри, провадити корегування як самої структури, так і складових компонентів системи подачі нитки для отримання мінімально необхідного натягу в робочій зоні [3, 4–9].

**Об'єкти і методи дослідження.** Складовою частиною системи подачі нитки технологічного устаткування текстильної промисловості є пристрій натягу нитки. Недосконалість конструкції пристроїв натягу нитки призводить до коливання натягу нитки в процесі її переробки на технологічному устаткуванні та порушенню технологічного режиму. В першу чергу, на це впливає нерівномірність нитки по діаметру, що зумовлено її структурою і матеріалом, специфікою виготовлення нитки, довжиною окремих елементарних волокон та їх взаємним розташуванням відносно один до одного. Теоретичною основою при вирішенні науково-технічної проблеми є праці провідних вчених в галузях технології текстильного та трикотажного виробництва, текстильного матеріалознавства, механіки нитки, теорії пружності, математичного моделювання. У теоретичних та експериментальних дослідженнях використано методи теоретичної механіки, опору матеріалів, планування експерименту та статистичної обробки результатів досліджень.

**Постановка завдання.** На основі реалізації алгоритму рекурсії розробити модулі комп'ютерної програми для визначення натягу нитки в робочій зоні у випадку нерівномірності по діаметру її поперечного перетину, яка може бути представлена у вигляді гармонічної функції або у вигляді довільної функції користувача з використанням зворотних польських записів.

**Основна частина.** На рис. 1 представлена залежність поперечного перетину вовняної пряжі 29,9 текс довжиною 1 м. Аналіз показує, що апроксимувати нерівномірність поперечного перетину можна за допомогою наступного поліному [3]

$$d_H = 2r_H = \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) , \tag{1}$$

де  $a_i, b_i$  – амплітуди зміни  $i$ -ї гармоніки поперечного перетину;  $\omega_i$  – частота зміни поперечного перетину  $i$ -ї гармоніки;  $n$  – число гармонік;  $t$  – час.

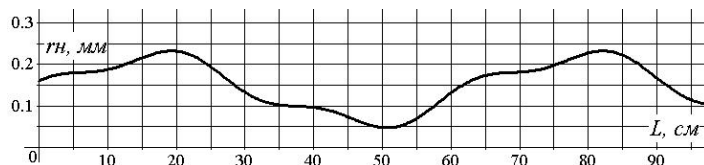


Рис. 1. Залежність поперечного перетину вовняної пряжі 29,9 текс від довжини

Натяг нитки перед робочою зоною, з використанням рекурсивного підходу, буде мати вигляд

$$P_n = P_0(t) \prod_{i=0}^n f_i(P_i) , \tag{2}$$

де  $P_0(t)$  – закон зміни вхідного натягу нитки в зоні входу в систему подачі на технологічній машині;  $f_i(P_i)$  – функції, які пов'язують натяг нитки до та після елемента системи подачі в кожній зоні;  $i$  – поточний номер зони;  $n$  – кількість елементів системи подачі ниток конкретної технологічної машини.

Для кожного структурного елемента натяг, з урахуванням залежності (1), буде визначатися за формулою:

$$P_{i+1} = P_i \left[ 1 + \frac{(R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)) \cdot \left( e^{\frac{\beta_j}{\sin \beta_j} \frac{a}{P_i^2} R_j^b \phi_j} - 1 \right)}{[R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) (1 - \delta_{0j})]} \right] + \left[ \frac{B}{2[R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) (1 - \delta_{0j})]^2} \right] - \left[ \frac{B}{2[R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) (1 - \delta_{0j})]^2} \right] \times \left[ 1 + \frac{(R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)) \cdot \left( e^{\frac{\beta_j}{\sin \beta_j} \frac{a}{P_i^2} R_{ms(j)}^b \phi_j} - 1 \right)}{[R_j + 0.5 \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) (1 - \delta_{0j})]} \right] , \tag{3}$$

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 поверхнею  $j$  конструктивного елемента;  $\varphi_j$  – реальний кут охоплення ниткою  $j$  конструктивного елемента.

Сумісне рішення системи рівнянь (1)–(3) дозволяє визначити значення натягу нитки в робочій зоні. На рис. 2 представлені комп’ютерні програмні модулі для визначення натягу. Модуль unit Unit4 (рис. 2а) призначений для обрання сировини нитки чи пряжі. Активізуючи кнопку (Button1: TButton) модуля unit Unit4 (рис. 2б) здійснюємо розрахунок параметрів нитки. Процедура (procedure TForm2.N12Click(Sender: TObject)) модуля unit Unit4 (рис. 2в) призначена для обрання періодичного закону зміни діаметру поперечного перетину. Процедура (procedure TForm2.N14Click(Sender: TObject)) модуля unit Unit4 (рис. 2г) призначена для обрання періодичного закону зміни діаметру поперечного перетину.

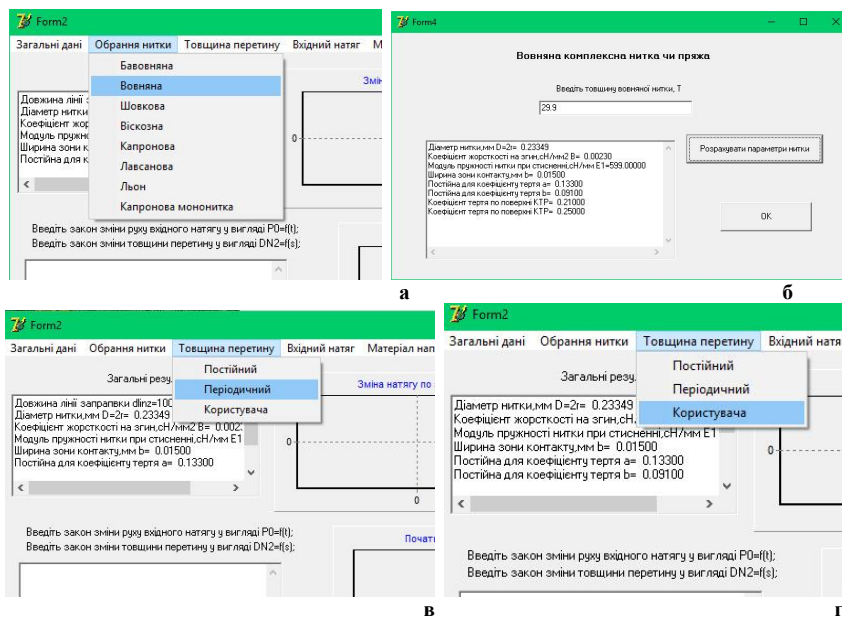


Рис. 2. Комп’ютерні модулі програми для визначення натягу

На рис. 3а представлений модуль Unit22 для реалізації закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції. Коефіцієнти апроксимації обираються на основі експериментальних досліджень. На рис.3б представлена форма TForm2 = class(TForm) модуля Unit2 за допомогою якого можна задавати закон зміни діаметру перетину нитки у вигляді довільній функції користувача. Для цього в програмі використовується транслятор у вигляді модуля unit Synt з використанням зворотних польських записів.

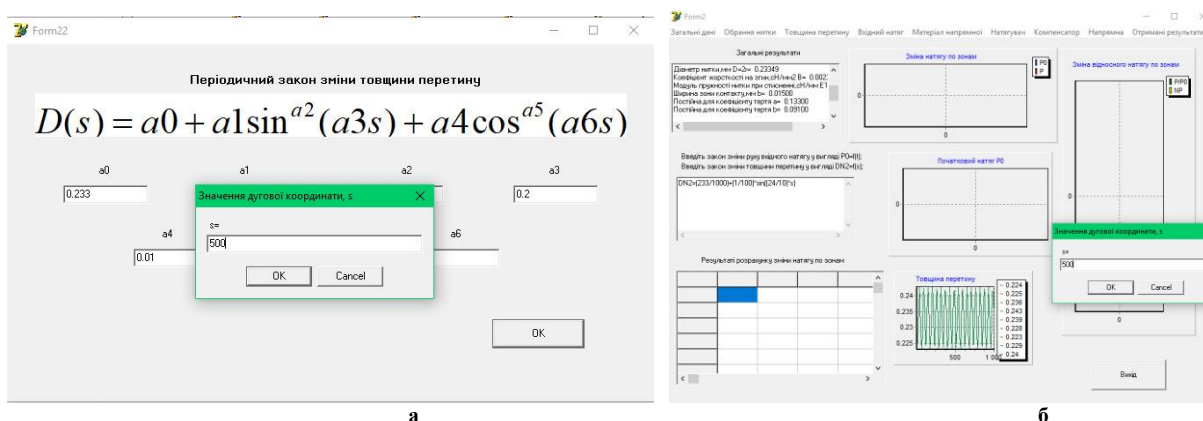


Рис. 3. Форми модулів Unit22 та Unit2

Результати розрахунку значення натягу нитки в робочій зоні технологічної машини для випадку двох вузлів представлені на рис. 4.

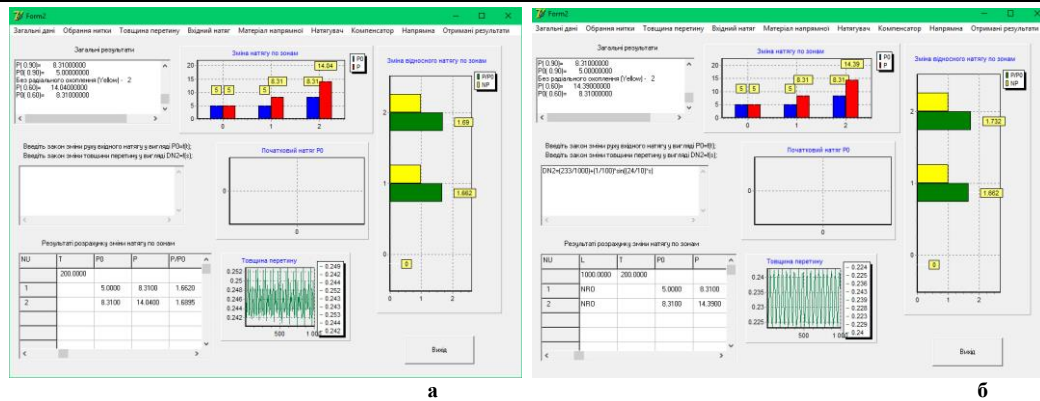


Рис. 4. Результати розрахунку натягу для двох вузлів на технологічній машині

Випадок реалізації закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції представлений на рис. 4а. Випадок реалізації закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді довільній функції на рис. 4б.

**Висновки.** На основі реалізації алгоритму рекурсії розроблені модулі комп'ютерної програми для визначення натягу нитки в робочій зоні у випадку, коли діаметр нитки має змінне значення з використанням зворотних польських записів. Наведена структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль в робочій зоні текстильного обладнання для випадку, коли діаметр нитки має змінне значення. Представлені програмні модулі програми для визначення технологічних зусиль в робочій зоні на текстильних машинах з урахуванням зміни діаметру перетину нитки для широкого спектру комплексних ниток та пряжі. Програмними модулями передбачена можливість завдання закону зміни діаметру перетину нитки у вигляді гармонічної функції або довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів у вигляді транслятора.

### Література

1. Свідоцтво № 89242 про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма для реалізації чисельних методів» / Щербань В.Ю., Колиско О.З., Макаренко Ю.В., Мельник Г.В., Петко А.К., Шолудько М.І., Калашник В.Ю. – Дата реєстрації 03.06.2019 р.
2. Свідоцтво № 89243 про реєстрацію авторського права на твір «Програмний комплекс для визначення оптимальної траєкторії нитки на трикотажних машинах» / Щербань В.Ю., Колиско О.З., Макаренко Ю.В., Мельник Г.В., Петко А.К., Шолудько М.І., Калашник В.Ю. – Дата реєстрації 03.06.2019 р.
3. Щербань В.Ю. Комп'ютерне проектування систем: програмні та алгоритмічні компоненти / В.Ю.Щербань, О.З. Колиско, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько, В.Ю. Калашник. – К. : Освіта України, 2019. – 902 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. – 225(3). – 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. – 223(2). – С. 25–29.
6. Математичні моделі в САПР. Обрані розділи та приклади застосування / В.Ю. Щербань, С.М. Красницький, В.Г. Резанова. – К. : КНУТД, 2011. – 220 с.
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. 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., Melnik G., Kirichenko A., Kolisko O., Sheludko M. Equalizations of dynamics of filament interactive with surface. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. 6(1). P. 22–26.
10. 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.
11. Scherban V., Murza N., Kirichenko A., Kolisko O., Sholudko M. Basic parameters of curvature and torsion of the deformable thread in contact with runner. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada.10(2). p. 18–23.
12. Scherban V., Murza N., Kolisko O., Sheludko M., Semenova I. Kinematics of threads cooperates with the guiding surfaces of arbitrary profile. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. 5(3). p. 23–27.

## References

1. Certificate No. 89242 on the registration of copyright for the work "Computer program for the implementation of numerical methods" / Shcherban V.Yu., Kolisko O.Z., Makarenko Y.V., Melnyk G.V., Petko A.K., Sholudko M.I., Kalashnik V.Yu. - Registration Date 03.06.2019.
2. Certificate No. 89243 on the registration of copyright for the work "Computer program" Software complex for determining the optimal trajectory of the thread on knitting machines". Shcherban V.Yu., Kolisko O.Z., Makarenko Y.V., Melnyk G.V., Petko A.K., Sholudko M.I., Kalashnik V.Yu. - Registration Date 03.06.2019.
3. Shcherban V.Yu., 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.
4. Scherban V.Y., Sholudko M.I., Kolisko O.Z., Kalashnik V.Y. Optimization of the process of interaction of a thread with guides, taking into account the anisotropy of frictional properties. Herald of Khmelnytskyi National University. 2015. 225(3). p. 30–33.
5. Scherban V.Y., Kalashnik V.Y., 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. 2015. 223(2). p. 25–29.
6. Scherban V.Yu., Krasnitsky S.M., Rezanov. V.G. Mathematical Models in CAD. Selected sections and examples of application. K.: KNUTD. 2011. 220 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. Scherban V.Y., Murza N.I., Kirichenko A.N., Sholudko M.I. Overall performance of compensators of the filament of knitted cars. Herald of Khmelnytskyi National University. 2017. 245(1). p. 83–86.
9. Scherban V., Melnik G., Kirichenko A., Kolisko O., Sheludko M. Equalizations of dynamics of filament interactive with surface. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. 6(1). P. 22–26.
10. Scherban V.Y., Murza N.I., Kirichenko A.N., Sholudko M.I. Comparative analysis of work of natyazhiteley of filament of textile machines. Herald of Khmelnytskyi National University. 2016. 243(6). p. 18–21.
11. Scherban V., Murza N., Kirichenko A., Kolisko O., Sholudko M. Basic parameters of curvature and torsion of the deformable thread in contact with runner. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. 10(2). p. 18–23.
12. Scherban V., Murza N., Kolisko O., Sheludko M., Semenova I. Kinematics of threads cooperates with the guiding surfaces of arbitrary profile. Intellectual Archive, Toronto: Shiny World Corp., Richmond Hill, Ontario, Canada. 5(3). p. 23–27.

Надійшла / Paper received: 04.05.2020

Надрукована / Paper Printed : 05.06.2020