

ПРОГРАМНІ МОДУЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ЗМІННОГО ВХІДНОГО НАТЯГУ

В роботі наведена структура комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії для визначення технологічних зусиль для випадку, коли вхідний натяг має змінне значення. Представлені програмні модулі програми для визначення технологічних зусиль на текстильних машинах у випадку, коли змотування нитки відбувається з бобіни з урахуванням зміни її діаметру для широкого спектру ниток та прязі. Програмними модулями передбачена можливість завдання закону зміни натягу у вигляді гармонічної функції або довільної 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, вхідний натяг, гармонічна функція зміни натягу, транслятор.

V. YU. SHCHERBAN, A. K. PETKO, O. Z. KOLISKO, Y. YU. SHCHERBAN, M. I. SHOLUDKO

Kyiv National University of Technologies and Design

SOFTWARE MODULE OF COMPUTER PROGRAM IMPLEMENTATION OF RECURSION ALGORITHM FOR CASE OF VARIABLE INPUT TENSION

The paper describes the structure of a computer program for the implementation of the recursion algorithm to determine the technological effort in the case where the input tension is variable. The program modules of the program are presented for determination of technological efforts on textile machines in the case when the winding of the yarn comes from the bobbin taking into account the change of its diameter for a wide range of yarns and yarns. The software modules provide the possibility to set the law of change of tension in the form of a harmonic function or an arbitrary function of the user using reverse Polish entries in the form of a translator. The computer program provides the ability to change the speed of the filament, the length of the line of the elastic filling system, the intersection of the filament, its input tension, the material of the guide surfaces, their shape. As structural elements, it is possible to use high and low curvature guides, thread tensioners and tension compensators. The basic procedures and functions are described. The main parameter of optimization of the filing system on the technological equipment of the textile and knitwear industry is the minimum required tension in the working area. Increasing the tension in the work area causes the yarn to break and, as a consequence, to stop the process equipment. Downtime-related downtime equals 75-80% of total downtime. This has a negative impact on the performance of the equipment, reducing the quality of products. Reducing the tension to the minimum required also adversely affects the normal course of the process. This is due to the violation of the technological conditions of interaction of the thread with the working bodies in the area of formation of fabric or knitted fabric. The thread tension increases when passing through the filling zones of the filing system on the process equipment. This increase is due to the interaction of the thread with the guides and tensioning devices. The maximum tension value will be in front of the work area. A characteristic feature is the change in the input tension when winding the thread from the reel. Determining the law of change of tension at the entrance to the filing system of the process equipment will allow to determine the tension in the working area taking into account the real winding conditions. The development of special computer programs to determine the tension in the work area allows you to quickly determine the necessary technological parameters, make adjustments, both the structure and components of the filament system to obtain the minimum required tension in the work area.

Keywords: computer program, recursion algorithm, program modules, thread, input tension, harmonic tension change function, translator.

Вступ

Актуальність. Основним параметром оптимізації системи подачі ниток на технологічному обладнанні текстильної та трикотажної промисловості є мінімально необхідний натяг в робочій зоні [3–8]. Збільшення натягу в робочій зоні призводить до обриву ниток і, як наслідок, до зупинки технологічного обладнання [3, 4, 9–12]. Простої устаткування, пов'язані з ліквідацією обриву, складають в даний час 75–80% від загального часу простоїв [4]. Це негативно впливає на продуктивність обладнання, зменшує якість продукції, що випускається [6–8, 10]. Зменшення натягу по відношенню до мінімально необхідного також негативно впливає на нормальне протікання технологічного процесу [11]. Це пов'язано з порушенням технологічних умов взаємодії нитки з робочими органами в зоні формування тканини чи трикотажного полотна.

Натяг нитки збільшується під час переходу в зонах заправки системи подачі нитки на технологічному обладнанні [3, 4]. Це збільшення обумовлено взаємодією нитки з напрямними та пристроями для натягу. Максимального значення натягу буде перед робочою зоною. Характерною особливістю є зміна вхідного натягу під час змотування нитки з бобіни [4, 5]. Визначення закону зміни натягу на вході в систему подачі нитки на технологічному обладнанні дозволить визначити натяг в робочій зоні з урахуванням реальних умов змотування.

Розробка спеціальних комп'ютерних програм [1, 2] для визначення натягу в робочій зоні 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.

Постановка завдання

На основі реалізації алгоритму рекурсії розробити модулі комп'ютерної програми для визначення натягу нитки в робочій зоні у випадку, коли закон зміни вхідного натягу представлений у вигляді гармонічної функції або у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів.

Основна частина

Розробку програмних модулів комп'ютерної програми реалізації алгоритму рекурсії визначення натягу в робочій зоні для випадку змінного вхідного натягу почнемо з формалізації законів їх зміни. В ході проведення технологічних вимірювань натягу одиночної нитки використовувався електронний тензOMETричний прилад. В експерименті використовувалася одна випадково обрана бобіна бавовняної пряжі 32 текс (швидкість змотування – 5 мм / с). Виміри проводилися при змотуванні нитки з трьох діаметрів: максимального $130 \leq D \leq 150$, середнього $110 \leq D \leq 130$, мінімального $D \leq 110$.

Для кожного діаметру виміри проводилися 10 разів. В результаті були отримані експериментальні значення натягу одиночної нитки, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Виміри натягу одиночної нитки

№ п/п	Максимальний діаметр		Середній діаметр		Мінімальний діаметр	
	мм	сН	мм	сН	мм	сН
0	150	9.63	120	14.39	105	17.38
1	145	8.73	120	11.56	100	13.32
2	150	10.20	120	12.05	100	11.31
3	150	9.75	125	13.69	95	14.10
4	150	10.04	125	13.48	100	13.53
5	150	10.82	125	10.00	102	14.26
6	145	16.97	125	13.36	95	14.82
7	145	17.63	128	11.56	100	14.67
8	135	15.94	125	13.98	100	13.25
9	135	11.93	128	9.18	102	14.18

Під час визначення натягу окремої нитки допускаємо, що існує функціональна залежність між величинами y (натяг при різних діаметрах бобіни) та x (діаметр бобіни). При цьому, функція $y = f(x)$ невідома, але на основі експериментальних досліджень встановлені практичні дані (таблиця 1). Задача полягає в тому, щоб знайти функцію, за можливістю більш простішу з обчислювальної точки зору, яка представляла невідому функцію $y = f(x)$ точно або наближено; визначити проміжні значення функції $y = f(x_i^*)$, де $x_i < x_i^* < x_{i+1}$.

Оскільки різниця між суміжними значеннями аргументу різна, то поставлена задача інтерполяції буде зведена до знаходження багаточлену $P(x)$ ступеню $\leq n$ за допомогою інтерполяційних формул Лагранжа та Ньютона (метод розподілених різностей).

Інтерполяційна формула Ньютона для усіх вузлів інтерполяції

$$P(x) = y_0 + (x - x_0)f(x_0, x_1) + (x - x_0)(x - x_1)f(x_0, x_1, x_2) + \dots + (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_{n-1})f(x_0, x_1, \dots, x_n). \tag{4}$$

Коли два чи більше аргументів співпадають, то поняття розподіленої різності зберігає свій зміст

$$f(x_0, x_1) = \lim_{x_1 \rightarrow x_0} \frac{f(x_0) - f(x_1)}{x_0 - x_1} = f'(x_0), \tag{5}$$

$$f(x_0, x_1, \dots, x_n) = \frac{1}{r!} \frac{d^r}{dx^r} f(x_0),$$

$$f(x, x_0, x_1, \dots, x_n) = \lim_{x' \rightarrow x_0} \frac{f(x', x_0, x_1, \dots, x_n) - f(x, x_0, x_1, \dots, x_n)}{x' - x} = \frac{d}{dx} f(x, x_0, x_1, \dots, x_n). \tag{6}$$

В вузлах інтерполяції $P(x_i) = f(x_i) = y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ тому, що остаточно член в них $R(x) = (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_n)f(x, x_0, x_1, \dots, x_n) = 0$. Остаточний член $R(x)$ дає можливість оцінити похибку на базі

$$R = f(x, x_0, \dots, x_n) \prod_{i=0}^n (x - x_i),$$

$$\varepsilon = |P_n(x) - f(x)| \leq f',$$

$$f' = |(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_n)| \frac{|f^{(n+1)}(\xi)|}{(n+1)!},$$

де $\frac{|f^{(n+1)}(\xi)|}{(n+1)!}$ – це $(n+1)$ похідна функції $f(x)$ в точці ξ з найменшого проміжку, який зберігає усі

точки $x_0, x_1, x_2 \dots x_n$.

На рис. 1 представлений графік поліноміальної функціональної залежності та експериментальні дані натягу залежно від діаметру.

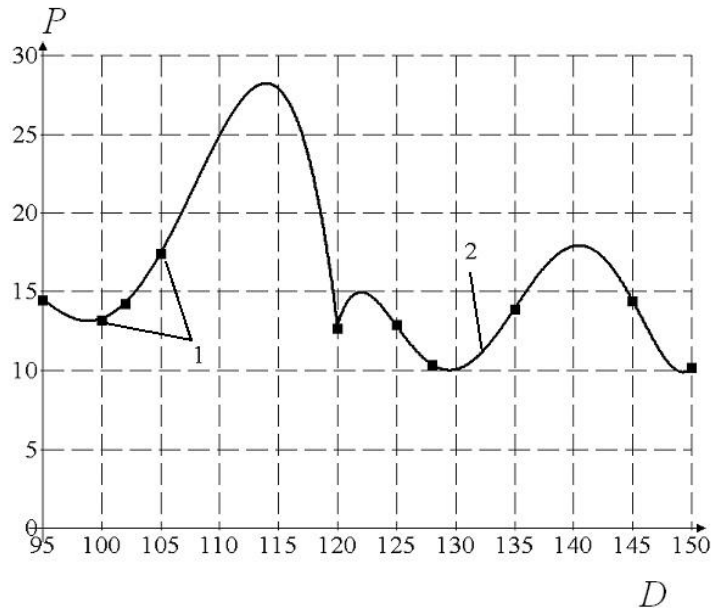
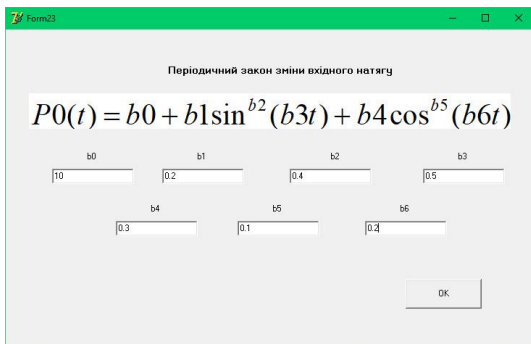


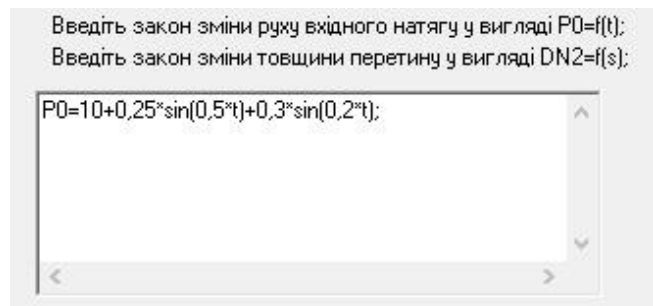
Рис. 1. Графік поліноміальної функціональної залежності натягу залежно від діаметру: 1 – експериментальні дані; 2 – графік функції $P(D)$

Аналіз графічної залежності показує, що для її апроксимації можна використовувати тригонометричні або алгебраїчні поліноми.

В ході розробки програмних модулів використовувалися закон зміни вхідного натягу, представлений у вигляді гармонічної функції або у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів. На рис. 2 представлені форми програмних модулів: 2а – закон зміни натягу у вигляді гармонічної функції; 2б – закон зміни натягу у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів.



а



б

Рис. 2. Форми програмних модулів

Для завдання закону зміни вхідного натягу $P_0 = P_0(t)$ був використаний модуль unit Unit23. Для закону зміни вхідного натягу $P_0 = P_0(t)$ у вигляді довільній функції користувача був використаний модуль Synt на основі розробленого транслятора з використанням зворотних польських записів (рис. 3).

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

$$P_n = P_0(t) \prod_{i=0}^n f_i(P_i), \tag{7}$$

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.

```

unit Synt;
interface
uses classes;
type
  TData = record
    Name: string;
    Data: real;
  end;
var
  NConst: integer = 100;
  ErrorList: TStringList;
  PZ: array of integer;
  DataList: array of TData;
const
  MConst = 2;
procedure SyntItem(S:string; First:boolean=false; Pos:Integer=1);
function CreatePZ(S:string):boolean;
function Calculate(var R:real):boolean;
function SetData(Name:string; Data:real):boolean;
function GetData(Name:string; var Data:real):boolean;
implementation
uses Sysutils, Math, Dialogs,Unit2;
type
  TType = (None, Number, Divider, Ident, Func, Part, All);
  TSynt = record
    mode: TType;
    Number:real;
    Ident:string;
    Error:boolean;
    Pos1,Pos2:integer;
  end;
const
  SetNum: set of char=['0'..'9', '.', ','];
  SetDiv: set of char=[';', '(', ')', '=', '+', '-', '/', '*', '^',
    
```

Рис. 3. Комп'ютерний модуль транслятора на основі зворотних польських записів

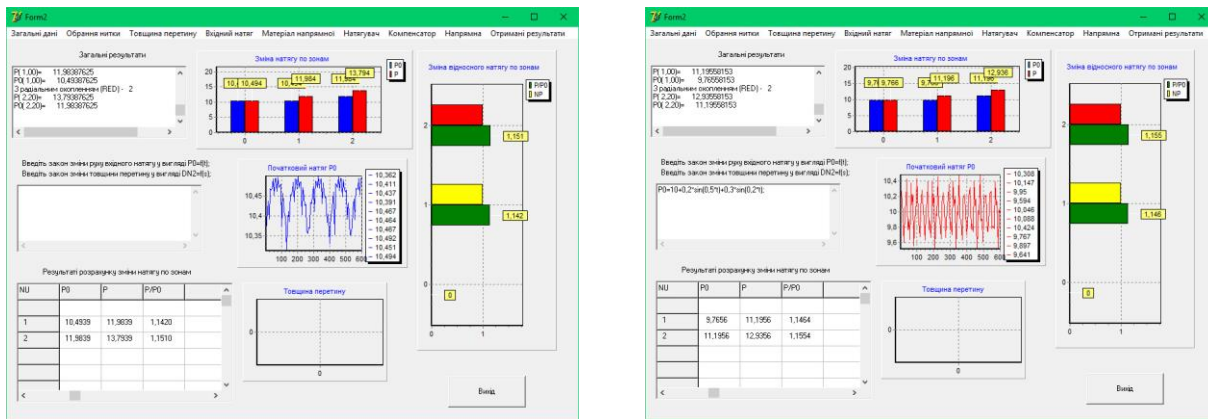


Рис. 4. Основна форма програми з результатами: а – закон зміни натягу у вигляді гармонічної функції;
 б – закон зміни натягу у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів

На рис. 4 представлена основна форма програми з результатами (а – закон зміни натягу у вигляді гармонічної функції; б – закон зміни натягу у вигляді довільній функції користувача з використанням зворотних польських записів). При розрахунках приймали: кількість вузлів 2; швидкість руху нитки 5 мм/с; довжина лінії заправки 3 м. Використовувалася бавовняна нитка 32 текс. Для періодичного закону були прийняті наступні константи $b_0=10$, $b_1=0.2$, $b_3=0.5$, $b_4=0.3$, $b_5=0.1$, $b_6=0.2$. При $t=300$ с початковий натяг $P_0=10.49$ сН. В якості напрямних в вузлах використовувалися напрямна без радіального охоплення

($\varphi=1.57$ рад., $R=1$ мм) та напрямна з радіальним охопленням ($\varphi=1.4$ рад., $R=2.2$ мм, $\beta=1.3$ рад.). В якості довільної функції користувача була прийнята функція

$$P_0 = 10 + 0.25\sin(0.5t) + 0.3\sin(0.2t) \cdot$$

Розрахунки за останньою формулою показали, що при $t=300$ с початковий натяг $P_0=9.77$ сН.

Висновки

На основі реалізації алгоритму рекурсії розроблені модулі комп'ютерної програми для визначення натягу нитки в робочій зоні у випадку, коли закон зміни вхідного натягу представлений у вигляді гармонічної функції або у вигляді довільної функції користувача з використанням зворотних польських записів.

Література

1. Комп'ютерна програма для реалізації чисельних методів : Свідоцтво № 89242 про реєстрацію авторського права на твір / 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.
2. Комп'ютерна програма «Програмний комплекс для визначення оптимальної траєкторії нитки на трикотажних машинах» : Свідоцтво № 89243 про реєстрацію авторського права на твір / 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.
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. Механіка нитки / В.Ю. Щербань. – К. : Освіта України, 2018. – 533 с.
5. Щербань В.Ю. Исследование экспериментальных данных натяжения нити с применением интерполирования и аппроксимации / В.Ю. Щербань, О.О. Латушко // Сучасні технології підготовки фахівців з інженерних спеціальностей : збірник наукових праць. – К. : КНУТД, 2003. – С. 31–38.
6. Щербань В.Ю. Визначення приведенного коефіцієнту тертя для кільцевих та трубчатих спрямовувачів нитки трикотажних машин / В.Ю.Щербань, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 6(255). – С. 23–27.
7. Щербань В.Ю. Визначення натягу нитки при її взаємодії з трубчастими спрямовувачами / В.Ю. Щербань, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 1 (257). – С. 213–217.
8. 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. – № 3(225). – С. 30–33.
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. Колиско, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 2(223). – С. 25–29.
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. 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.
12. Щербань В.Ю. Взаємодія текстильних ниток з напрямними великої кривини у випадку наявності радіального охоплення / В.Ю. Щербань, Н.І. Мурза, А.М. Кириченко, Г.В. Мельник, М.І. Шолудько // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 2 (259). – С. 12–16.

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. 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.
4. Scherban V.Yu. Mechanics of Threads / V.Yu.Scherban. - K.: Formation of Ukraine, 2018. - 533 p.
5. Shcherban V.Yu., Latushko O.O. Investigation of experimental data on yarn tension using interpolation and approximation / Collection of scientific works. Modern technologies for training specialists in engineering specialties. – K. : KNUTD-2003. - P. 31-38.
6. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Melnik G.V., Sholudko M.I. Determination of friction coefficient factor for rings and tubular trailers of thread of knitted machines. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2017. Volume 255. Issue 6. P. 23-27.
7. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Melnik G.V., Sholudko M.I. Determination of tension at its interaction with tubular guides. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2018. Volume 257. Issue 1. P. 213-217.

-
8. Scherban V.Yu., Sholudko M.I., Kolisko O.Z., Kalashnik V.Yu. Optimization of the process of interaction of a thread with guides, taking into account the anisotropy of frictional properties. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2015. Volume 225. Issue 3. P. 30-33.
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 axis. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2015. Volume 223. Issue 2. P. 25-29.
10. Scherban V.Yu., 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. Technical sciences. 2016. Volume 243. Issue 6. P. 18-21.
11. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Sholudko M.I. Overall performance of compensators of the filament of knitted cars. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2017. Volume 245. Issue 1. P. 83-86.
12. Scherban V.Yu., Murza N.I., Kirichenko A.N., Melnik G.V., Sholudko M.I. Co-operating of textile filaments with sending large curvature in the case of presence of radial scope. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2018. Volume 259. Issue 2. P. 12-16.

Рецензія/Peer review : 10.4.2020 р.

Надрукована/Printed : 27.6.2020 р.
Рецензент: д.т.н., проф. В.Г. Здоренко