

УДК 677.017

SCHERBAN V.Y., SEMENOVA I.S., KOLYSKO O.Z.,  
SHOLUDKO M.I., MURZA N.I.  
Kyiv national university of technologies and design

### DETERMINATION OF THE TRANSFER FUNCTION OF THE COMB TENSIONER OF THE THREAD

**Purpose.** *Stabilization of the threads tension is based on the optimization of the transfer function of the comb tensioner of the thread.*

**Methodology.** *The optimization of the transfer function of the comb tensioner of the thread is based on the complex theoretical researches of the interaction the threads with guides and working bodies of textile machinery in view of creasing, bending stiffness and is aimed at stabilizing the thread tension, that will allow to avoid its breakage and will improve the performance of the process equipment and the quality of produced products.*

**Findings.** *The conduction of the complex theoretical and experimental studies of the process of interaction between the real threads and comb strain relief of the process equipment, in view of the multi-dependence of this process, using modern tools and devices of registration the initial parameters, the active experiment planning, the application software of the computer allowed us to obtain the value of the transfer function and stabilize the thread tension based on improving the construction of the comb tensioner of the thread.*

**Originality.** *For the first time, were obtained the equations to determine the tension of the after comb tensioner of the thread based on actual physical and mechanical properties and the law of the change of the input tension.*

**Practical value.** *The construction parameters of a comb tensioner of the thread was optimized, that allowed to reduce breakage and, as a consequence, to improve the performance of the process equipment and the quality of produced products.*

**Keywords:** *a thread, a tension, a guide surface, a coverage angle, a friction, a tensioner of the thread.*

**Introduction.** The stabilization of the tension of the thread in the processing on the process equipment plays an important role in increasing its productivity and in improving the product quality. This is because the uneven structure of threads (the presence of cones, thickening etc.), the varying input tension, which is determined with condition of the drop the thread from the spools lead to a sharp increase of tension and, consequently, to a breakage of the thread. The introduction to the charging scheme of the comb tensioner of the thread should ensure the stabilization of the thread tension after the tensioner of the thread. However, the structure of the existing equipment does not allow it.

**Formulation of the problem.** Determine the transfer function of the comb tensioner of the thread on the basis of the study of the process of the interaction of the thread with a moving guide surface of constant curvature.

**Analysis of recent researches and publications.** In the works [1-3] are the principal systems of differential equations to determine the tension of the leading of the branch of the thread with regard to its actual physical and mechanical properties. However, it is believed that the guide surface is stationary and a coverage angle of the thread guide is constant. In the work [1] are obtained the thread tension dependencies after the moving tensioner of the thread. However, the input thread tension remains constant, that is contrary to the actual conditions of production. Thus,

there are no researches to determine the thread tension on condition of its interaction with the movable guide when changing the input tension.

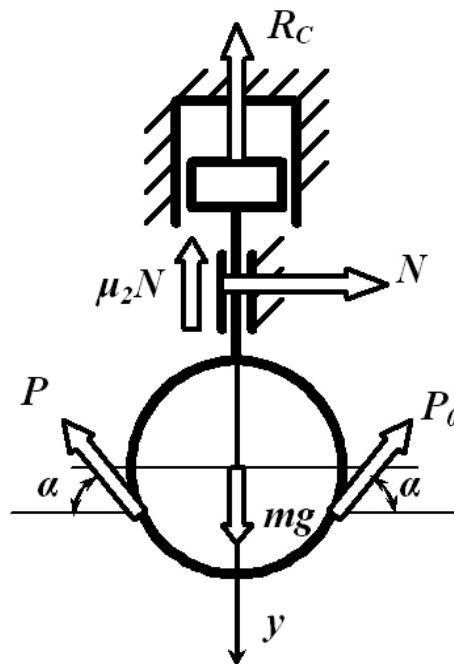


Fig.1. Calculation scheme

**Results of a research.** Figure 1 is a scheme of a comb tensioner of the thread. A comb tensioner of the thread, schematically, can be represented as a single-mass mass model  $m$ . The movable part includes a mass of a comb and masses of piston and connecting links. In the calculations, we will assume that the tensioner of the thread is located in the vertical plane. On the moving part will act the friction force  $P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1)$  between the cylindrical guide and the thread, a normal reaction  $N$  and the friction force  $\mu_2 P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1)$  between the pusher of the piston and vertical guides, the force of air resistance when the piston moves in the vertical guide  $R_c$ , the gravity force of the movable part  $mg$ . Then, the differential equation of motion of the movable part relatively a vertical axis will have the form

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - c \frac{dy}{dt} - P_0 \sin \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} + 1) - \mu_2 P_0 \cos \alpha (e^{2\mu_1 \alpha} - 1), \quad (1)$$

where  $y$  - a vertical ordinate;  $c$  - the coefficient that consider the effect of cross-sectional shape of the piston to the resistance force;  $\mu_2$  - the coefficient of the friction between the pusher of the piston and the vertical guides;  $P_0$  - input tension of the thread;  $\mu_1$  - the coefficient of the friction between the thread and the cylindrical guide;  $2\alpha$  - a coverage angle of the thread of cylindrical guide;  $t$  - a time.

Input tension of the thread (see fig. 2), generally defined by the formula

$$P_0 = \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t), \quad (2)$$

where  $a_i, b_i$  - the amplitude changes of the  $i$  harmonic of input tension;  $\omega_i$  - the frequency of the change of tension of  $i$  harmonic;  $n$  - a number of harmonics.

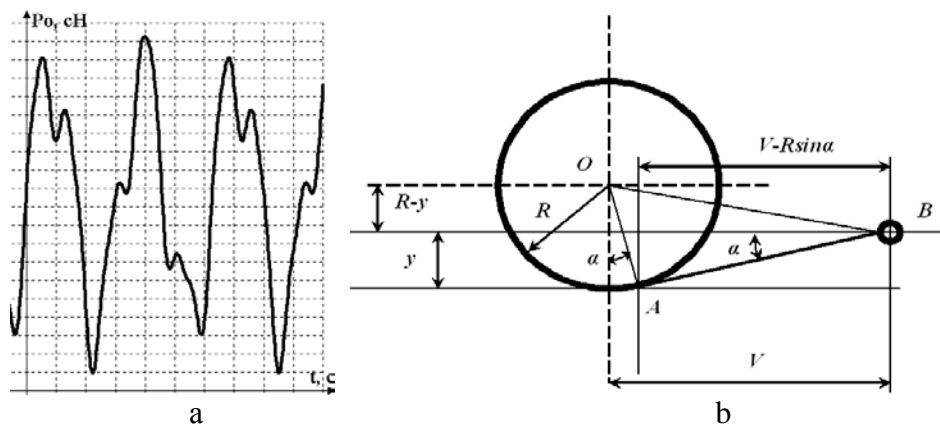


Fig.2. The law of the change of the tension and a calculation scheme

For the integration of the differential equation (1) it is necessary to determine the dependence of the change of the coverage angle  $\alpha$  as a function of the vertical movement  $y$ . Using the method of introducing an additional angle (see fig 2b) we will obtain a system of equations for determining the required dependence

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R}{\sqrt{V^2 + (R - y)^2}}\right) - \arcsin\left(\frac{R - y}{\sqrt{V^2 + (R - y)^2}}\right),$$

$$\sin \alpha = \frac{RV - (R - y)\sqrt{V^2 + (R - y)^2} - R^2}{V^2 + (R - y)^2}, \quad (3)$$

$$\cos \alpha = \frac{V\sqrt{V^2 + (R - y)^2} - R^2 + R(R - y)}{V^2 + (R - y)^2},$$

where  $R$  - the radius of the cylindrical guide;  $V$  - the distance between the axis of the cylindrical guide and the eyehole of the thread guide.

The figure 3a shows graphical changes of the coverage angle. Curve 1 corresponds to the case, when  $R/V = 0.5$ ; curve 2 corresponds to the case, when  $R/V = 0.7$ ; curve 3 corresponds to the case, when  $R/V = 0.9$ . The analysis of the given dependencies shown that to stabilize the tension it is necessary to  $V \gg R$ . In this case, changing the ordinate  $y$ , the change of the coverage angle will be less intense.

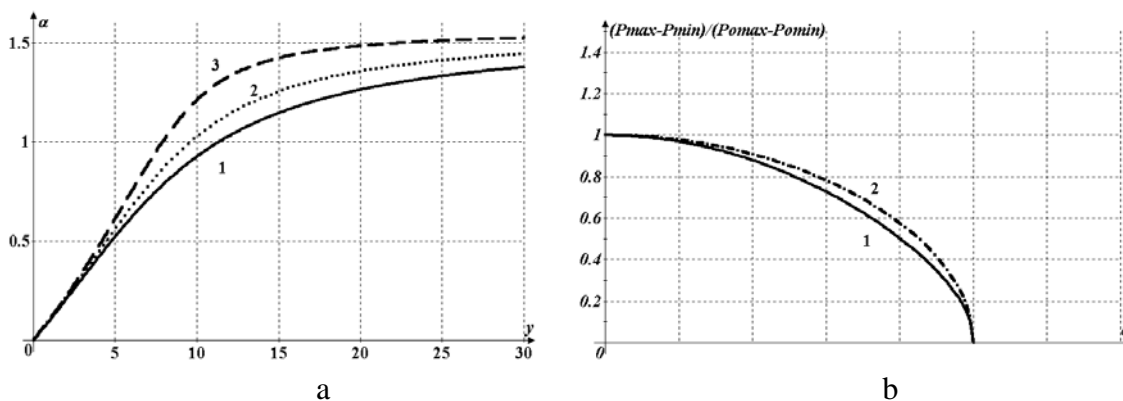


Fig.3. The charts of changing of the coverage angle and of the transfer function

transform the differential equation (1), with considering (2)-(3), to the species

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{c}{m} \frac{dy}{dt} + \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t)}{m} \left[ \frac{RV - (R - y) \sqrt{V^2 + (R - y)^2}}{V^2 + (R - y)^2} \times \left\{ e^{Z(y)} [1 + \mu_2 ZI(y)] + 1 - \mu_2 ZI(y) \right\} = g, \right. \\
 Z(y) = 2\mu_1 \left[ \arcsin \left( \frac{R}{\sqrt{V^2 + (R - y)^2}} \right) - \arcsin \left( \frac{R - y}{\sqrt{V^2 + (R - y)^2}} \right) \right], \quad (4) \\
 ZI(y) = \frac{V \sqrt{V^2 + (R - y)^2} - R^2 + R(R - y)}{RV - (R - y) \sqrt{V^2 + (R - y)^2} - R^2}.$$

The differential equation (4) is a nonlinear differential equation of the second degree with a constant right-hand part. Its integration in elementary functions is not possible. Therefore, in the work were used numerical methods that allow implementing the Runge-Kutta-Merson algorithm with automatic integration step. For its implementation has been developed special software in Object Pascal in the Delphi environment. The received discrete values of the function  $y = y(t)$  have been approximated by power polynomial. The maximum of the degree of the polynomial  $n_l$  was determined on the accuracy of receiving the results. As a result, was obtained the following relationship

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^{n_l} a_j t^j, \quad (5)$$

where  $a_0, a_j$  - the coefficients of the approximation polynomial.

In view of (1) and (5) the value of the transfer function will have the form

$$P = \frac{\Delta P}{\Delta P_0} = \frac{P_{i_{max}} - P_{i_{min}}}{a_{i_{max}} \sin \omega_i t + b_{i_{max}} \cos \omega_i t - a_{i_{min}} \sin \omega_i t - b_{i_{min}} \cos \omega_i t} = \\
 = f[m, c, \mu_1, \mu_2, V, R, y(t) = a_0 + \sum_{j=1}^{n_l} a_j t^j, \alpha(y), \sum_{i=1}^n (a_i \sin \omega_i t + b_i \cos \omega_i t) \quad (6)$$

In figure 3b are present graphical dependencies changes of the transfer function (curve 1 - at  $\mu_1 = 0.2$ , curve 2 - at  $\mu_1 = 0.4$ ). As seen, at the same range of tension fluctuations in the input and output, the transfer function equals 1. If  $P = 0$ , tensioner of the thread works in ideal conditions. Thus, it is necessary to select such construction parameters of the tensioner of the thread in which the transfer function will be tend to 0.

**Conclusion.** Was determined the transfer function of the comb tensioner of the thread, that allowed to optimize its construction parameters from the position of tension stabilization.

### References

1. Щербань В.Ю. Механика нити/В.Ю.Щербань, О.Н.Хомяк, Ю.Ю.Щербань. - К.:Бібліотека офіційних видань, 2002.- 196 с.

2. 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. – P. 10-15.

3. Ресурсоощадні технології виробництва текстилю, одягу та взуття: монографія: в 2 т. Т.1/Теоретичні основи та методи розроблення ресурсоощадних технологій та обладнання для виробництва текстилю, одягу та взуття/ В.Ю.Щербань, Б.Ф.Піпа, В.В.Чабан та ін. – К.:КНУТД, 2016. – 373 с.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕДАТОЧНОЇ ФУНКЦІЇ ГРЕБІНЧАСТОГО НИТКОНАТЯГУВАЧА**

ЩЕРБАНЬ В.Ю., СЕМЕНОВА І.С., КОЛИСКО О.З., ШОЛУДЬКО М.І., МУРЗА Н.І.  
*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Мета.** Встановлено умови стабілізації натягу ниток при снуванні на основі оптимізації передаточної функції гребінчастого нитконатягувача.

**Методика.** Оптимізація передаточної функції гребінчастого нитконатягувача базується на комплексних теоретичних дослідженнях взаємодії ниток з направляючими і робочими органами текстильних машин з урахуванням змінальності, жорсткості на вигин і спрямована на стабілізацію натягу нитки, що дозволить уникнути її обриву і підвищить продуктивність технологічного устаткування і якість виробів, що випускаються.

**Результати.** Проведення комплексних теоретично-експериментальних досліджень процесу взаємодії реальних ниток з гребінчастими компенсаторами натягу технологічного обладнання, з урахуванням багатофакторної залежності даного процесу, з використанням сучасних засобів і пристроїв реєстрації вихідних параметрів, активного планування експерименту, прикладного програмного забезпечення для ЕОМ дозволило отримати значення передаточної функції і стабілізувати натяг нитки на основі удосконалення конструкції гребінчастого нитконатягувача.

**Наукова новизна.** Вперше отримані рівняння для визначення натягу нитки після гребінчастого нитконатягувача з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей і закону зміни вхідного натягу.

**Практична значимість.** Оптимізовані конструктивні параметри гребінчастого нитконатягувача, що дозволило знизити обривність і, як наслідок, підвищити продуктивність технологічного устаткування і якість продукції, яка випускається.

**Ключові слова:** нитка, натяг, направляюча поверхня, кут охоплення, тертя, нитконатягувач.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ГРЕБЕНЧАТОГО НИТЕНАТЯЖИТЕЛЯ**

ЩЕРБАНЬ В.Ю., СЕМЕНОВА И.С., КОЛЫСКО О.З., ШОЛУДЬКО М.И.,  
МУРЗА Н.И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Стабилизация натяжения нитей при сновании на основе оптимизации передаточной функции гребенчатого нитенатяжителя.

**Методика.** Оптимизация передаточной функции гребенчатого нитенатяжителя базируется на комплексных теоретических исследованиях взаимодействия нитей с направляющими и рабочими органами текстильных машин с учетом сминаемости, жесткости

на изгиб и направлена на стабилизацию натяжения нити, что позволит избежать ее обрыва и повысит производительность технологического оборудования и качество выпускаемых изделий.

**Результаты.** Проведение комплексных теоретико-экспериментальных исследований процесса взаимодействия реальных нитей с гребенчатыми компенсаторами натяжения технологического оборудования, с учетом многофакторной зависимости данного процесса, с использованием современных средств и устройств регистрации исходных параметров, активного планирования эксперимента, прикладного программного обеспечения для ЭВМ позволило получить значение передаточной функции и стабилизировать натяжение нити на основе усовершенствования конструкции гребенчатого нитенатяжителя.

**Научная новизна.** Впервые получены уравнения для определения натяжения нити после гребенчатого нитенатяжителя с учетом реальных физико-механических свойств и закона изменения входного натяжения.

**Практическая значимость.** Оптимизированы конструктивные параметры гребенчатого нитенатяжителя, что позволило снизить обрывность и, как следствие, повысить производительность технологического оборудования и качество продукции, которая выпускается.

**Ключевые слова:** *нить, натяжение, направляющая поверхность, угол охвата, трение, нитенатяжитель.*