

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ НИТКОНАТЯГУВАЧІВ ТЕКСТИЛЬНИХ МАШИН

*В роботі наведені результати по визначенню натягу нитки, яка взаємодіє з різними типами нитконатягувачів з урахуванням її реальних фізико-механічних властивостей. При проведенні досліджень використовувалися шайбовий, пальцьовий та модернізований пальцьовий нитконатягувачі. Отримані результати використовувалися для удосконалення технологічних процесів текстильної промисловості.*

*Ключові слова: нитка, нитконатягувач, тертя, діаметр поперечного перетину.*

V.YU. SHERBAN, N.I. MURZA, A.N. KIRICHENKO, M.I. SHOLUDKO

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

### COMPARATIVE ANALYSIS OF WORK OF TENSIONER OF TEXTILE MACHINES

*Presence of breakages of filaments speaks the process equipment imperfection of a design of devices for a filament tension, and it, in turn, leads to idle times of the process equipment and decrease in quality of released products. Research of working conditions of devices for a filament tension allows to design feeding systems of filaments on the modern process equipment taking into account real physicochemical properties, in particular irregularity of diameter of filaments of their structure and a material. Thus the theme of given paper is actual processes of the textile and knitting industry of great importance for development. Subjects and research methods. Devices for a filament tension are a component of a feeding system of a filament on the process equipment. Development of their design allows to stabilise a filament tension on the process equipment. A theoretical basis at the solution of a scientific and technical problem are works in the field of production engineering of textile and knitted manufactures, materials technology, mechanics of a filament, theory of elasticity, mathematical modelling. In theoretical researches methods of theoretical mechanics, a strength of materials, design of experiments and statistical machining of results of research are used. Applied value. The gained results allow to develop process of rehash of a filament on the process equipment, to lower quantity of breakages of filaments, to improve quality of finished articles.*

*Keywords: filament, the device for filament tension, friction, diameter of cross-section.*

#### Вступ

*Актуальність.* Обривність ниток при переробці на технологічному устаткуванні пов'язана з недосконалістю системи ниткоподачі і її складових елементів – нитконатягувачів, напрямних поверхонь, компенсаторів натягу. Найбільше число обривів випадає на зону розташування нитконатягувачів [1]. Дослідження впливу конструкції нитконатягувача на умови його взаємодії з ниткою, з урахування її реальних фізико-механічних властивостей, структури та матеріалу, зокрема її нерівномірності по діаметру поперечного перетину мають важливе значення для удосконалення технологічних процесів текстильної та швейної промисловості з позиції підвищення продуктивності технологічного устаткування та якості випускаємої продукції [1, 2]. Таким чином, тема даної статті є актуальною, яка має важливе значення для удосконалення конструкції існуючих нитконатягувачів та розробки нових.

*Об'єкти і методи дослідження.* Нитконатягувальні пристрої є складовою частиною системи ниткоподачі технологічного устаткування текстильної промисловості. Недосконалість конструкції нитконатягувачів 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 філаментів та їх взаємним розташуванням відносно один до одного [1]. 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 дослідженнях використано методи теоретичної механіки, опору матеріалів, планування експерименту та статистичної обробки результатів досліджень.

#### Постановка завдання

Провести порівняльний аналіз роботи трьох нитконатягувачів (шайбового, пальцьового та модернізованого пальцьового) текстильних машин з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей, структури та матеріалу нитки, зокрема її нерівномірності по діаметру поперечного перетину при умові постійного значення вхідного натягу.

#### Основна частина

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

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

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.

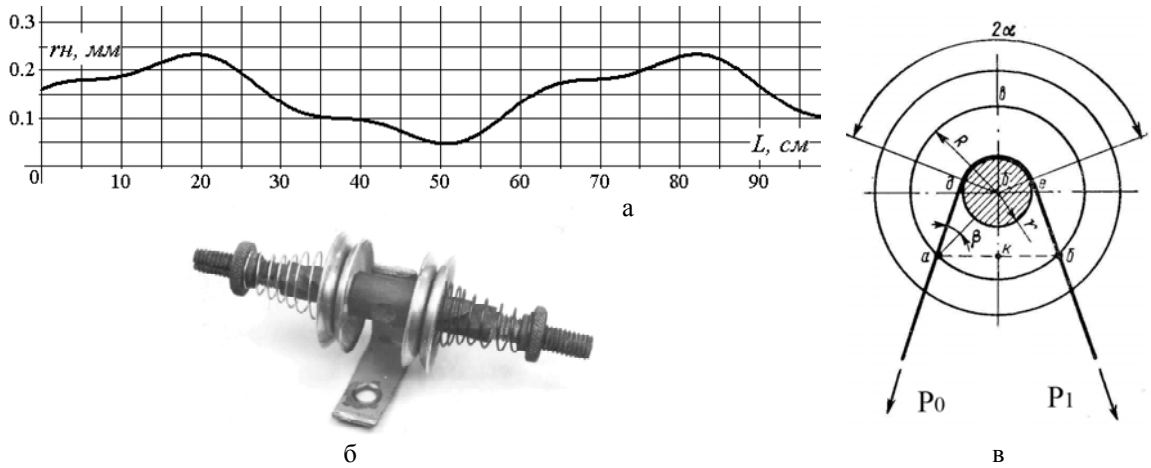


Рис. 1. Графічна залежність зміни поперечного перетину нитки та схема шайбового нитконатягувача

На рис. 1 б, в представлені загальний вигляд та розрахункова схема шайбового нитконатягувача.

Визначимо значення вихідного натягу нитки  $P_1$  з урахуванням нерівномірності нитки по діаметру, що зумовлено її структурою і матеріалом, специфікою виготовлення нитки, довжиною окремих філаментів та їх взаємним розташуванням відносно один до одного. При цьому будемо рахувати вхідний натяг нитки  $P_0$  незмінним. Зростання натягу нитки відбувається за рахунок контакту (рис. 1а) нитки з верхньою та нижньою шайбами в точках  $a, b$  та контактом нитки з направляючим стрижнем по дузі  $de$ . За рахунок сил тертя в зонах контакту буде відбуватися зростання натягу. Розглядаючи рівновагу верхньої шайби, використовуючи основні рівняння статки для просторової паралельної системи сил, визначимо значення нормального тиску в точці  $a$ , який буде дорівнювати нормальному тиску в точці  $b$

$$Ok = R \sin(\beta - \alpha), \quad \sin \beta = \frac{r}{R}, \quad p_a = p_b = \frac{0,5NR}{Ok + R}, \quad N = c(\lambda + d_n), \quad (2)$$

де  $R$  – радіус кола контакту між верхньою та нижньою шайбами;  $\alpha$  – половина кута охоплення ниткою циліндричного направляючого стрижня;  $r$  – радіус циліндричного направляючого стрижня;  $p_a, p_b$  – нормальний тиск в точках  $a, b$ ;  $N$  – сила нормального тиску пружини на верхню шайбу;  $c$  – коефіцієнт жорсткості пружини;  $\lambda$  – необхідна деформація пружини для забезпечення відповідної сили тертя. Необхідно зазначити, що у виразі (2) необхідно враховувати деформацію поперечного перетину нитки в точках  $a, b$  з урахуванням ширини площини контакту, модуля пружності нитки на зминання [1]. Але в умовах нашої задачі цим можна знехтувати і використовувати безпосередньо величину поперечного перетину  $r_n$ . З урахуванням (2) остаточно отримаємо формулу для визначення вихідного натягу нитки  $P_1$

$$P_1 = P_0 \left[ 1 - \frac{r + r_n}{r} (1 - e^{-2\mu_2 \alpha}) \right] + \frac{\mu_1 c (\lambda + d_n) \left[ 2 - \frac{r + r_n}{r} (1 - e^{-2\mu_2 \alpha}) \right]}{1 + \sin(\alpha - \beta)}. \quad (3)$$

де  $\mu_1$  – коефіцієнт тертя між поверхнями верхньої та нижньої шайб та ниткою;  $\mu_2$  – коефіцієнт тертя між поверхнею циліндричного напрямного стрижня та ниткою.

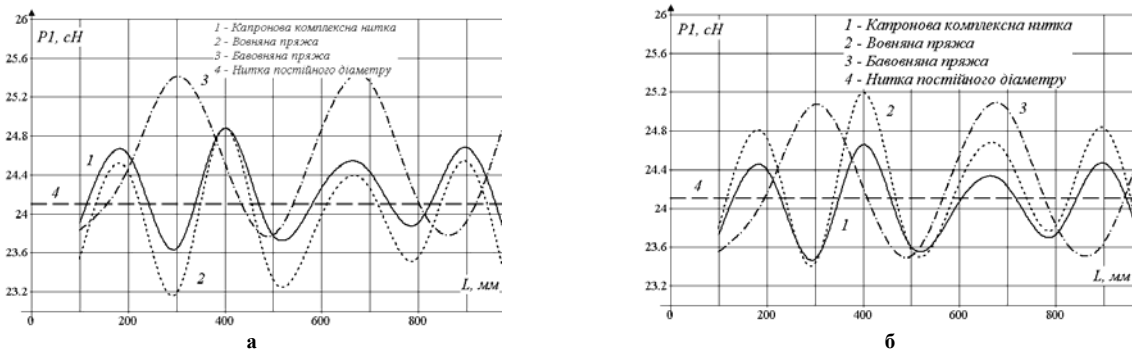


Рис. 2. Залежності зміни натягу

Для капронової комплексної нитки 28 текс, бавовняної пряжі 27,6 текс, вовняної пряжі 29,9 текс, з використанням (1) та (3), був визначений вихідний натяг нитки  $P_1$ . По результатам розрахунків були

побудовані графічні залежності, які представлені на рис. 2а. Аналіз показав, що найбільша нерівномірність натягу спостерігається для бавовняної та вовняної пряжі. Це пояснюється специфікою виготовлення нитки, довжиною окремих філаментів та їх взаємним розташуванням відносно один до одного.

На рис. 3а представлений загальний вигляд та розрахункова схема пальцевого нитконатягувача. Нитка послідовно проходить скрізь отвір у правому диску, огинає поверхню направляючого циліндру(пальця) та виходить скрізь отвір у лівому диску.

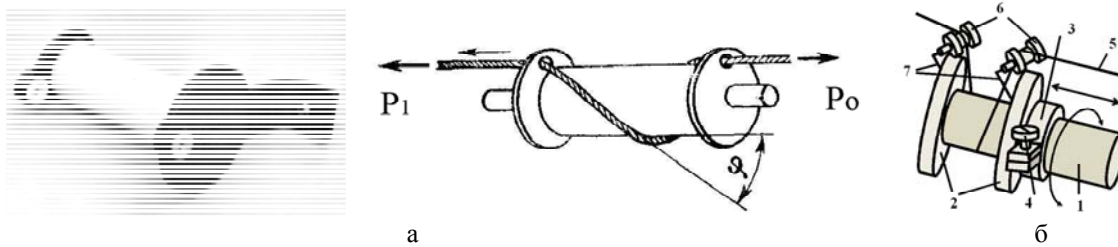


Рис. 3. Пальцевий та модернізований пальцевий нитконатягувач

Формула для визначення вихідного натягу нитки  $P_1$  буде мати вигляд

$$P_1 = P_0 \left[ 1 - \frac{r + r_n}{r} (1 - e^{-\mu_3 \gamma_1}) \right] e^{2\pi k \mu_4 \sin \varphi} \left[ 1 - \frac{r + r_n}{r} (1 - e^{-\mu_3 \gamma_2}) \right], \quad (4)$$

де  $\mu_3, \mu_4$  – коефіцієнти тертя відповідно між ниткою та поверхню отворів та направляючого циліндру(пальця);  $\gamma_1, \gamma_2$  – кути огинання ниткою направляючих поверхонь отворів на вході та виході з нитконатягувача;  $k$  – кількість повних обертів нитки навколо направляючого циліндру;  $\varphi$  – кут нахилу вісі нитки до утворюючої направляючого циліндру.

По результатам розрахунків за формулою (4), для капронової комплексної нитки 28 текс, бавовняної пряжі 27,6 текс, вовняної пряжі 29,9 текс, були побудовані графічні залежності, які представлені на рис. 2б. Аналіз показав, що найбільша нерівномірність натягу, як і для шайбового нитконатягувача, спостерігається для бавовняної та вовняної пряжі.

На рис. 3б представлений загальний вигляд модернізованого пальцевого нитконатягувача. Нитка послідовно проходить огинаючи направляючий ролик на підшипниках на правому диску, огинає поверхню направляючого циліндру(пальця) та виходить огинаючи направляючий ролик на підшипниках на лівому диску. Нитка 5 огинає послідовно встановлений на кронштейні 7 правий направляючий ролик в підшипниках 6 та поступає в зону в'язання. При необхідності зменшення вихідного натягу нитки за допомогою регулюючого гвинта 4 вивільняється прижимна муфта 3 і правий диск 2 зсувається відносно образуючої циліндра 1 вправо та обертається відносно вісі циліндру 1 проти годинникової стрілки. При необхідності збільшення вихідного натягу нитки за допомогою регулюючого гвинта 4 вивільняється прижимна муфта 3 і правий диск 2 зсувається відносно образуючої циліндра 1 вліво та обертається відносно вісі циліндру 1 за годинниковою стрілкою.

Формула для визначення вихідного натягу нитки  $P_1$  буде мати вигляд

$$P_1 = P_0 e^{2\pi k \mu_4 \sin \varphi}. \quad (5)$$

Результати розрахунків за формулою (5) представлені на рис. 2а, 2б у вигляді прямої 4. Шляхом огинання ниткою поверхні направляючого циліндру створюється необхідна сила тертя, яка забезпечує на виході створення вихідного натягу  $P_1$ . Відсутність на шляху нитки направляючих поверхонь великої кривизни, шляхом заміни отворів в дисках на направляючі ролики в підшипниках, виключає вплив на зростання натягу нитки змінання в зоні контакту [1]. Таким чином, модернізація нитконатягувача дозволяє стабілізувати натяг нитки в процесі її переробки на технологічному обладнанні.

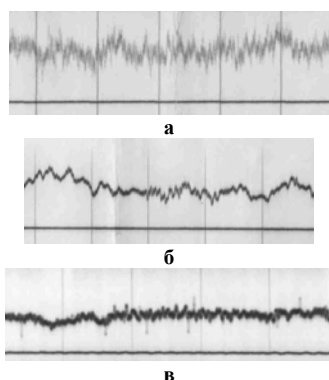


Рис. 4. Зразки осцилограм

Для оцінки коректності зроблених припущень при побудові математичних моделей нитконатягувачів в роботі була реалізована серія експериментальних досліджень, з використанням розробленої електро-тензометричної установки, для визначення вихідного натягу нитки після нитконатягувача. На рис. 4 представлені зразки осцилограм: 4а – для вовняної пряжі 29,9 текс; 4б – для бавовняної пряжі 27,6 текс; 4в – для капронової комплексної нитки 28 текс. Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 показує, що найменшу нерівномірність натягу має модернізований пальцевий нитконатягувач 1,2-2,5%, що майже в три рази менше ніж у шайбового та пальцевого

нитконатягувачів. Це пояснюється тим, що в цих конструкціях присутні ділянки, де відбувається контакт нитки з напрямними великої кривизни, а при цьому виникає додаткове зростання натягу завдяки зминанню. Це явище ще більше посилюється завдяки нерівномірності нитки за діаметром. На ділянках, де присутні шишки, потовщення зростання натягу буде мати стрибкоподібний характер.

### Висновки

Проведений порівняльний аналіз роботи трьох нитконатягувачів (шайбового, пальцевого та модернізованого пальцевого) текстильних машин з урахуванням реальних фізико-механічних властивостей нитки, зокрема її нерівномірності по діаметру поперечного перетину при умові постійного значення вхідного натягу. Результати теоретичних досліджень порівнювалися з експериментальними даними, отриманими з використанням спеціальної електро-тензометричної установки, для оцінки коректності зроблених припущень при побудові математичних моделей нитконатягувачів. Порівняльний аналіз показав, що похибка знаходиться в межах 3–6%.

Отримані результати дозволили встановити, що найбільшу нерівномірність натягу отримуємо у пальцевого нитконатягувача – 7,8% для вовняної пряжі 29,9 текса. Для шайбового нитконатягувача нерівномірність натягу склала 7,5%, а нерівномірність натягу при використанні модернізованого пальцевого нитконатягувача склала 2,5% для вовняної пряжі 29,9 текс, що майже в 3 рази менше ніж у випадку використання пальцевого нитконатягувача.

Таблиця 1

### Результати експериментального визначення натягу для різних типів нитконатягувачів

Тип нитконатягувача	Вид нитки	Натяг нитки $P_L$ , сН										Нерівномірність натягу, %
		Відстань на ділянці нитки $L$ , мм										
		100	199	298	397	496	595	694	793	892	991	
Шайбовий	Капронова	23.91	24.61	23.64	24.87	23.80	24.23	24.46	23.88	24.68	23.58	5,4
	Бавовняна	23.83	24.44	25.41	24.56	23.77	24.80	25.39	24.20	23.87	25.15	6,8
	Вовняна	23.53	24.44	23.16	24.87	23.36	23.92	24.30	23.52	24.54	23.06	7,5
Пальцевий	Капронова	23.73	24.40	23.47	24.65	23.62	24.03	24.26	23.70	24.46	23.41	5,2
	Бавовняна	23.55	24.14	25.06	24.25	23.49	24.48	25.05	23.91	23.58	24.81	6,5
	Вовняна	23.79	24.73	23.41	25.18	23.61	24.19	24.59	23.77	24.83	23.31	7,8
Модернізований пальцевий	Капронова	24.2	24.1	24.2	24.3	24.2	24.1	24.0	24.2	24.0	24.2	1,2
	Бавовняна	24.1	24.0	24.2	24.3	24.4	24.1	24.4	24.3	24.2	24.3	1,7
	Вовняна	24.4	24.2	24.0	24.6	24.4	24.3	24.5	24.0	24.3	24.4	2,5

Встановлена залежність впливу структури та матеріалу нитки на умови її взаємодії з нитконатягувальними пристроями. Найбільше значення натягу отримали для вовняної пряжі, а найменше для капронової комплексної нитки. Це пояснюється специфікою виготовлення нитки, довжиною окремих філаментів та їх взаємним розташуванням відносно один до одного.

### Література

1. Щербань В.Ю. Механика нити / В.Ю. Щербань, О.Н. Хомяк, Ю.Ю. Щербань. – К. : Бібліотека офіційних видань, 2002. – 196 с.
2. Калашник В.Ю. Исследование поперечного скольжения нити по направляющей поверхности малой кривизны с учетом анизотропии трения / В.Ю. Калашник, В.Ю. Щербань // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 1. – С. 57–60.

Рецензія/Peer review : 5.11.2016 р.

Надрукована/Printed : 12.12.2016 р.

Рецензент: д.т.н., професор В.Г. Здоренко