

**ВПЛИВ ЗМАЩЕННЯ ПАР ТЕРТЯ МЕХАНІЗМУ В'ЯЗАННЯ В'ЯЗАЛЬНИХ  
МАШИН НА ДОВГОВІЧНІСТЬ РОБОТИ КЛИНІВ**

Механізм в'язання відноситься до основного механізму в'язальних машин. Ефективність його роботи залежить від динамічних навантажень, що виникають в результаті ударної взаємодії голок з клинами. Як показують дослідження, взаємодія робочих органів механізму в'язання призводить до динамічних навантажень пари голка-клин і, як наслідок, до зниження працездатності в'язальних машин та погіршення якості трикотажного полотна. Враховуючи вищесказане, актуальним питанням легкого машинобудування є вирішення проблеми аналізу впливу змащення пар тертя механізму в'язання на зниження динамічних навантажень пари голка-клин, що негативно впливає на довговічність роботи клинів. В результаті виконаних досліджень встановлено, що одним із ефективних шляхів зниження динамічних навантажень механізму в'язання є удосконалення процесу змащення пари голка-клин. Результати досліджень можуть бути використані при розробці нових моделей в'язання машин та удосконалення існуючих їх конструкцій.

Ключові слова: механізм в'язання, в'язальна машина, змащення пар тертя механізму в'язання, динамічні навантаження механізму в'язання, динаміка взаємодії голки з клином, зниження динамічних навантажень пари голка-клин.

S.F. PLESHKO, Y.F. KOVALEV  
Kyiv National University of Technology and Design

**INFLUENCE OF LUBRICATION OF FRICTION PAIRS OF THE KNITTING MACHINE  
KNITTING MECHANISM ON THE DURABILITY OF THE WEDGE WORK**

The knitting mechanism refers to the basic mechanism of knitting machines. The effectiveness of its operation depends on the dynamic loads that arise as a result of impact interaction of needles with wedges. As studies show, the interaction of the working mechanisms of the knitting mechanism leads to dynamic loads of the needle-wedge pair and, as a consequence, to a decrease in the performance of knitting machines and a deterioration in the quality of the knitted fabric. In view of the foregoing, the current issue of light engineering is the solution of the problem of analyzing the effect of lubrication of friction pairs on the knitting mechanism on reducing the dynamic loads of the needle-wedge pair, which adversely affects the durability of the wedge work. As a result of the performed studies, it has been established that one of the effective ways to reduce the dynamic loads of the knitting mechanism is to improve the process of lubrication of the needle-wedge pair. The results of research can be used in the development of new models of knitting machines and the improvement of their existing designs.

Keywords: knitting mechanism, knitting machine, lubrication of friction pairs of the knitting mechanism, dynamic loads of the knitting mechanism, dynamics of the needle-wedge interaction, reduction of the dynamic loads of the needle-wedge pair.

Підвищення ефективності роботи в'язальних машин, як відомо [1-3], можливо досягти зниженням втрат на тертя робочих органів механізму в'язання (в основному пари тертя голка-клин). Тому задачею даних досліджень є аналіз впливу змащення [4], з метою зниження втрат тертя робочих органів в'язальної машини, на зношення робочих поверхонь клинів та на їх довговічність.

**Об'єкт та методи дослідження**

Об'єктом досліджень обрано процес змащення пар тертя механізму в'язання в'язальних машин та аналіз його ефективності на підвищення довговічності роботи клинів. При вирішенні поставлених задач були використані сучасні методи теорії проектування машин легкої промисловості та теорій тертя і опору матеріалів.

**Постановка завдання**

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом підвищення довговічності роботи клинів механізму в'язання, стаття присвячена аналізу впливу змащення на зниження тертя робочих органів в'язальних машин з метою зниження зношення робочих поверхонь клинів та підвищення довговічності їх роботи.

**Результати та їх обговорення**

Використовуючи результати досліджень [3, 5], довговічність роботи клинів в'язальних машин може бути визначена із умови:

$$T = \frac{H_{max} r_{np}^{0,5\beta t}}{60 n z K f^t q^{1+0,5\beta t}} = \frac{H_{max} r_{np}^a}{N K f^t q^b}, \quad (1)$$

де  $T$  – термін служби клина в годинах (довговічність);

$H_{max}$  – гранично допустиме зношення клина, що вимірюється по нормалі до його робочої поверхні;

$r_{np}$  – приведений радіус кривизни пари п'ятка голки-клин (надалі голка-клин);

$a$  – показник степені,

$$a = 0,5\beta t; \quad (2)$$

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує характеристику поверхонь пари голка-клин,

$$\beta = \frac{1}{1 + 2\nu}; \quad (3)$$

$\nu$  – коефіцієнт кривої опорної поверхні клина;

$t$  – показник степені кривої контактної утоми пари голка-клин;

$N$  – число циклів навантаження пари тертя на протязі однієї години роботи,

$$N = 60nz = \frac{360Vz}{\pi d}; \quad (4)$$

$n$  – частота обертання голкового циліндра машини (для круглов'язальної машини);

$z$  – кількість голок в голковому циліндрі;

$V$  – лінійна швидкість голкового циліндра;

$d$  – діаметр голкового циліндра;

$K$  – параметр, що характеризує властивості матеріалів пари тертя,

$$K = 2K_0 \left( \frac{4\eta}{\pi} \right)^{0,5} \cdot 0,418^c E^{0,5c} \frac{c}{c+0,5}; \quad K_0 = C_1 \left( \frac{1-\mu_1^2}{E} \right)^{c-t} \left( \frac{K_1}{C_2 \sigma_0} \right)^t; \quad \eta = \frac{1-\mu_1}{E_1} + \frac{1-\mu_2}{E_2} = \frac{2(1-\mu)}{E}; \quad (5)$$

$\mu_1, \mu_2$  – коефіцієнти Пуассона матеріалів голки та клина відповідно,  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ ;

$E_1, E_2$  – модулі пружності матеріалів голки та клина відповідно;

$E$  – приведений модуль пружності матеріалів голки та клина,  $E = E_1 = E_2$ ;

$c$  – показник степені,

$$c = 1 + \beta t; \quad (6)$$

$$C_1 = \frac{1,2\nu^{0,5}}{K_2(1+\nu)}; \quad (7)$$

$K_2$  – коефіцієнт, що вибирається в залежності від параметра  $\nu$ ;

$K_1$  – коефіцієнт пропорційності між питомою силою тертя та напруженням в парі тертя;

$$C_2 = \left( \frac{b_1}{2} \right)^\beta \left( \frac{2,35}{K_2} \right)^{1-\beta} \left( \frac{r}{h_{max}} \right)^{0,5(1-\beta)}; \quad (8)$$

$b_1$  – коефіцієнт кривої опорної поверхні;

$r$  – середній радіус вершин і виступів мікронерівностей поверхонь тертя,  $r = \sqrt{R_1 R_2}$ ;

$R_1, R_2$  – радіуси кривизни мікронерівностей поверхонь тертя в поперечному та поздовжньому напрямках обробки поверхонь;

$h_{max}$  – максимальна висота мікронерівностей поверхні клина;

$\sigma_0$  – межа міцності при однократному напруженні пари голка-клин;

$f$  – коефіцієнт тертя пари голка-клин;

$q$  – питомий нормальний тиск в зоні контакту голки з клином,  $q = \frac{F_{max}}{l \sin \alpha}$ ;

$F_{max}$  – максимальна сила удару голки об клин (горизонтальна складова);

$l$  – ширина ділянки контакту голки з клином;

$\alpha$  – кут зустрічі голки з клином в момент удару;

$b$  – показник степені,  $b = 1 + 0,5\beta t$ .

Оскільки метою досліджень є аналіз впливу тертя пари голка-клин на довговічність клину, рівняння (1) перетворюємо в наступний, зручний для аналізу, вид:

$$T = \frac{A}{f^t F_{max}^b}, \quad (9)$$

де

$$A = \frac{H_{max} r_{np}^a (l \sin \alpha)^b}{NK}. \quad (10)$$

Проаналізуємо вплив тертя на довговічність, як приклад, кулірного клина круглов'язальної машини КО-2.

Враховуючи конструктивні особливості машини [6] та результати досліджень [2, 3, 5], в якості вихідних даних приймаємо: діаметр голкового циліндру машини  $d = 450$  мм; лінійна швидкість голкового циліндру  $V = 1,0$  м/с; кількість голок в циліндрі  $z = 1224$ ; матеріал голки сталь У7А, твердість HRC 68...70; матеріал клина сталь ШХ 15, твердість HRC 62...65; ширина ділянки контакту голки з клином  $l = 2,5 \cdot 10^{-3}$  м; кут зустрічі голки з клином в момент удару  $\alpha = 56^\circ$ ; модулі пружності та коефіцієнти Пуассона матеріалів

голки і клина  $E_1 = E_2 = E = 1,96 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ ;  $\mu_1 = \mu_2 = \mu = 0,29$ ; гранично допустиме зношення клина  $H_{max} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; коефіцієнти кривої опорної поверхні  $\nu = 3$ ,  $b_1 = 5$ ; радіуси кривизни мікронерівностей поверхонь тертя  $R_1 = 16 \text{ мкм}$ ,  $R_2 = 11300 \text{ мкм}$ ; максимальна висота мікронерівностей поверхні клина  $h_{max} = 3,2 \text{ мкм}$ ; межа міцності при однократному напруженні пари голка-клин  $\sigma_0 = 7 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ ; коефіцієнти  $t = 3$ ,  $K_1 = 2$ ,  $K_2 = 0,69$ .

Використовуючи вихідні дані та приведені вище залежності, знаходимо;  $a = 0,2145$ ;  $b = 1,2145$ ;  $c = 1,429$ ;  $\beta = 0,143$ ;  $N = 3,117 \cdot 10^6 \text{ цикл/год.}$ ;  $\eta = 0,724 \cdot 10^{-11}$ ;  $C_1 = 0,753$ ;  $C_2 = 26,5$ ;  $r = 425,2 \text{ мкм}$ ;  $K_0 = 595,4 \cdot 10^{-15}$ ;  $K = 0,898 \cdot 10^{-10}$ ;  $q = 4,395 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ ;  $q^b = 43,544 \cdot 10^4$ ;  $r_{np}^a = 99,8 \cdot 10^5$ ;  $A = 11781$ .

Враховуючи вище приведене, рівняння (9) приймає вид:

$$T = \frac{11781}{F_{max}^{1,2145} f^3} \text{ год.} \tag{11}$$

Підставляючи в рівняння (11) величини коефіцієнта тертя пари голка-клин  $f$  та максимальної сили удару голки об клин  $F_{max}$ , що відповідає даному значенню  $f$  [3, 5], за допомогою розробленої програми знаходимо необхідну довговічність роботи кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 (результати представлені в табл. 1 на рис. 1 – крива 1).

Вплив тертя (змащення) на величину зношення клинів можна оцінити перетворюючи рівняння (1) в зручний для цього вид:

$$H = \frac{TNKf^t F_{max}^b}{r_{np}^a (l \sin \alpha)^b} = Bf^t F_{max}^b, \tag{12}$$

де

$$B = \frac{TNK}{r_{np}^a (l \sin \alpha)^b}. \tag{13}$$

Прийнявши  $T = 10 \cdot 10^3 \text{ год}$ , одержуємо  $B = 0,51 \cdot 10^{-3}$ . Тоді рівняння (12) приймає вид:

$$H = 0,51 \cdot 10^{-3} F_{max}^{1,2145} f^3, \text{ м} = 510 F_{max}^{1,2145} f^3 \text{ мкм.} \tag{14}$$

Підставляючи в рівняння (14)  $F_{max}$  та  $f$  (табл.) за допомогою розробленої програми знаходимо необхідну величину зношення робочої поверхні кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 при  $T = 10 \cdot 10^3 \text{ год}$ . Одержані результати представлені в табл. 1 на рис. 1 – крива 2.

Таблиця

**Результати розрахунків впливу тертя (змащення) на довговічність кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 та на їх зношення (при  $T = 10 \cdot 10^3 \text{ год}$ )**

Коефіцієнт тертя пари голка-клин $f$	Кут тертя пари голка-клин $\rho$ , град	Максимальна сила удару голки об клин $F_{max}$ , Н	Довговічність роботи клина $T$ , $10^3 \text{ год}$ .	Величина зношення клина $H$ , мкм при $T = 10 \cdot 10^3 \text{ год}$ .
0,0524	3,0	45,753	788,15	7,62
0,0611	3,5	47,055	480,48	12,50
0,0699	4,0	48,469	309,56	19,41
0,0787	4,5	50,013	208,79	28,77
0,0875	5,0	51,708	145,89	41,18
0,0963	5,5	53,581	104,81	57,32
0,1051	6,0	55,666	76,97	78,05
0,1139	6,5	58,008	57,52	104,45
0,1228	7,0	60,663	43,47	138,20
0,1316	7,5	63,711	33,28	180,53
0,1405	8,0	67,260	25,60	234,64
0,1494	8,5	71,464	19,78	303,67
0,1584	9,0	76,556	15,27	393,48
0,1673	9,5	82,901	11,76	510,68
0,1763	10,0	91,115	8,96	670,27
0,1853	10,5	102,346	6,70	896,25
0,1944	11,0	119,045	4,83	1243,39
0,2034	11,5	147,822	3,24	1852,55
0,2125	12,0	217,434	1,78	3375,44

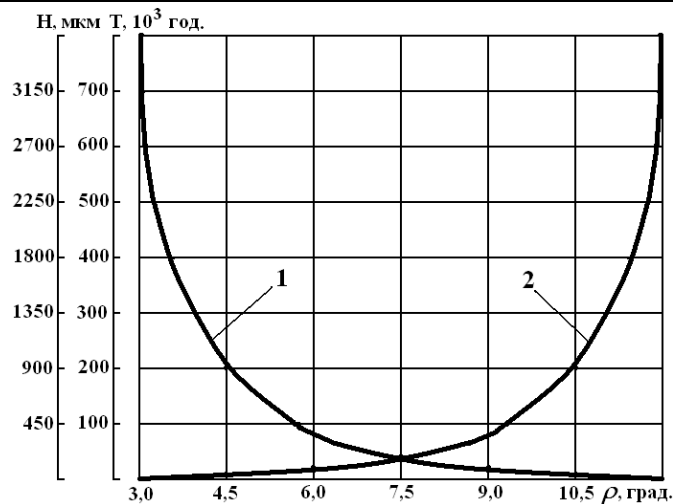


Рис. 1. Вплив тертя (змащення) на довговічність кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 (крива 1) та на зношення їх робочої поверхні при  $T = 10 \cdot 10^3$  год (крива 2)

**Висновки.** Аналіз одержаних результатів показує що ефективність змащення (тертя) робочих органів суттєво впливає на зношення клинів в'язальних машин і, відповідно, на довговічність їх роботи.

Рациональним режимом роботи круглов'язальних машин типу КО є такий режим, коли коефіцієнт тертя пари голка-клин знаходиться в межах 0,08...0,1 (може бути досягнуто вибором відповідного виду мастила та режимів змащення механізму в'язання). При цьому довговічність кулірного клина коливається в межах від  $208,79 \cdot 10^3$  до  $76,97 \cdot 10^3$  год (від 16312 до 6013 днів при 2-змінній роботі машини).

При існуючому режимі роботи круглов'язальної машини КО-2, як показують дослідження [2], довговічність кулірних клинів не перевищує  $9 \cdot 10^3$  год (703 днів).

#### Література

1. Хомяк О.Н., Повышение эффективности работы вязальных машин / Хомяк О.Н., Піпа Б.Ф. – М. : Легпромбытиздат, 1990. – 208 с.
2. Піпа Б.Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К. : КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Піпа Б.Ф. Динаміка механізмів в'язання круглов'язальних машин / Піпа Б.Ф. – К. : КНУТД, 2008. – 416 с.
4. Чабан В.В. Влияние смазки и металлоплакирующих нанотехнологий на повышение эффективности работы механизмов вязания вязальных машин / В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, А.К. Прокопенко. – К. : КНУТД, 2014. – 176 с.
5. Піпа Б.Ф. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, С.А. Плешко. – К. : КНУТД, 2012. – 470 с.
6. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы, 1992. – 86 с.

#### References

1. Homjak O.N., Povyshenie jeffektivnosti raboty vjazal'nyh mashin / Homjak O.N., Pipa B.F. – M. : Legprombytizdat, 1990. – 208 s.
2. Pipa B.F. Dinamika kruglov'jazal'nyh mashin / B.F. Pipa, O.M. Homjak, G.I. Pavlenko. – K. : KNUTD, 2005. – 294 s.
3. Pipa B.F. Dinamika mehanizmov v'jazannja kruglov'jazal'nyh mashin / Pipa B.F. – K. : KNUTD, 2008. – 416 s.
4. Chaban V.V. Vlijanie smazki i metalloplakirujushhh nanotehnologij na povyshenie jeffektivnosti raboty mehanizmov vjazaniya vjazal'nyh mashin / V.V. Chaban, B.F. Pipa, A.K. Prokopenko. – K. : KNUTD, 2014. – 176 s.
5. Pipa B.F. Udoskonalennja robochih organiv mehanizmov v'jazannja kruglov'jazal'nyh mashin / B.F. Pipa, S.A. Pleshko. – K. : KNUTD, 2012. – 470 s.
6. Mashiny kruglovjazal'nye tipa KO-2. Tehniceskoe opisanie i instrukcija po jekspluataciji. – Chernovcy, 1992. – 86 s.

Рецензія/Peer review : 17.10.2017 р.

Надрукована/Printed : 19.01.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Місяць В.П.