

УДК 677.055

ЧАБАН В.В., ППА Б.Ф.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВПЛИВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМАЩЕННЯ ПАРИ ГОЛКА-КЛИН НА ЗНОШЕННЯ КЛИНІВ В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

**Мета.** Оцінка ефективності змащення пари голка-клин на зношення робочих поверхонь клинів в'язальних машини.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень процесу взаємодії робочих органів в'язальних машин (голок, клинів та ін.) та впливу процесу змащення на зношення їх робочих поверхонь.

**Результати.** Представлено результати досліджень впливу ефективності змащення пари голка-клин на зношення робочих поверхонь клинів в'язальних машин. Приведено приклад впливу тертя пари голка-клин круглов'язальної машини КО-2 на зношення кулірних клинів. Результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні процесу змащення пар голка-клин будь-яких в'язальних машин.

**Наукова новизна.** Розвиток методів оцінки впливу ефективності змащення пари голка-клин в'язальної машини на зношення клинів.

**Практична значимість.** Розробка інженерного методу вибору раціонального режиму змащення пари голка-клин в'язальної машини з метою підвищення довговічності роботи клинів.

**Ключові слова:** в'язальна машина, голка, клин, змащення пари голка-клин, зношення клина, довговічність клина.

**Вступ.** Перспективним напрямком підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин є удосконалення їх механізмів, зокрема механізмів в'язання та їх робочих органів (голок, клинів та ін.) [1-3]. Клин в'язальних машин відносяться до найбільш відповідальних деталей механізму в'язання, працюючих у важкому режимі навантаження. Приміром, клини голкових замків круглов'язальної машини КО-2 з діаметром голкового циліндра 450 мм за один його оберт підлягають 1224 циклам навантажень, обумовлених ударом п'яток голок. Отже частота ударних імпульсів, діючих на клини при лінійній швидкості голкового циліндра 1,0 м/с, складає 865,8 Гц. Усе це викликає інтенсивне зношення робочих поверхонь клинів [4]. Оскільки стан робочих поверхонь клинів істотно впливає на ефективність роботи в'язальної машини та на якість полотна [1], актуальним завданням трикотажного машинобудування є підвищення довговічності клинів шляхом зниження їх зносу. Одним із напрямів підвищення довговічності роботи клинів в'язальних машин є удосконалення процесу змащення пари голка-клин, направлене на зниження тертя в зоні взаємодії голок з клинами та зниження інтенсивності зношення робочих поверхонь клинів.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи в'язальних машин шляхом підвищення довговічності клинів, завданням досліджень є оцінка ефективності процесу змащення пари голка-клин в'язальної машини на зношення робочих поверхонь клинів.

**Результати дослідження.** Використовуючи результати досліджень [4, 5], довговічність роботи клинів 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,  $a = 0,5\beta t$ ; (2)

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

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

$\nu$  - коефіцієнт кривої опорної поверхні;

$t$  - показник степені кривої контактної втоми 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,

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

$$\eta = \frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{1 - \mu_2}{E_2} = \frac{2(1 - \mu)}{E}; \quad (5)$$

$\mu_1, \mu_2$  - 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,  $c = 1 + \beta t$ ; (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;

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

$b_1$  - 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 ступені,  $b = 1 + 0,5\beta t$ .

Оскільки метою досліджень є аналіз впливу змащення пари голка-клин на довговічність клину (зношення робочої поверхні), рівняння (1) перетворимо 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 зношення кулірного клина круглов'язальної машини типу КО.

Враховуючи конструктивні особливості машини КО-2 [6] та результати досліджень [1-3, 7], в якості вихідних даних приймаємо: діаметр голкового циліндра машини  $d = 450$  мм; лінійна швидкість голкового циліндра  $V = 1,0$  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  $\alpha = 56^0$ ; модулі пружності та коефіцієнти Пуассона матеріалів голки і клина  $E_1 = E_2 = E = 1,96 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>;  $\mu_1 = \mu_2 = \mu = 0,29$ ; гранично допустиме зношення клина  $H_{max} = 0,6 \cdot 10^{-3}$  м; коефіцієнти кривої опорної поверхні  $\nu = 3$ ,  $b_1 = 5$ ; радіуси кривизни мікронерівностей поверхонь тертя  $R_1 = 16$  мкм,  $R_2 = 11300$  мкм; максимальна висота мікронерівностей поверхні клина  $h_{max} = 3,2$  мкм; межа міцності при однократному напруженні пари голка-клин  $\sigma_0 = 7 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>; коефіцієнти  $t = 3$ ,  $K_1 = 2$ ,  $K_2 = 0,69$ .

Використовуючи вихідні дані та приведені вище залежності, знаходимо;  $a = 0,2145$ ;  $b = 1,2145$ ;  $c = 1,429$ ;  $\beta = 0,143$ ;  $N = 3,117 \cdot 10^6$  цикл/год.;  $\eta = 0,724 \cdot 10^{-11}$ ;

$C_1 = 0,753$ ;  $C_2 = 26,5$ ;  $r = 425,2$  мкм;  $K_0 = 595,4 \cdot 10^{-15}$ ;  $K = 0,898 \cdot 10^{-10}$ ;  $q = 4,395 \cdot 10^4$  Н/м;  $q^b = 43,544 \cdot 10^4$ ;  $r_{np}^a = 99,8 \cdot 10^5$ ;  $A = 11781$ .

Враховуючи вище приведенне, рівняння (9) приймає вид:

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

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

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

де

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

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

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

Оскільки ефективність змащення може бути охарактеризована величиною втрат тертя, можна припустити, що вираз (14) може бути використаний для оцінки впливу мастила (за допомогою коефіцієнта тертя пари голка-клин) на зношення клинів.

Підставляючи в рівняння (14) величини коефіцієнта тертя пари голка-клин  $f$  та максимальної сили удару голки об клин  $F_{max}$  (знайдено згідно з відомою методикою [7]), за допомогою розробленої програми знаходимо величину зношення робочої поверхні кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 при  $T = 10 \cdot 10^3$  год. Результати представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати розрахунків впливу режиму змащення (тертя) на зношення кулірних клинів круглов'язальної машини КО-2 (при  $T = 10 \cdot 10^3$  год.)

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

## Висновки

Аналіз одержаних результатів показує що ефективність змащення пари голка-клин в'язальної машини шляхом зниження втрат тертя в зоні їх взаємодії суттєво впливає на зношення клинів і, відповідно, на довговічність їх роботи.

Раціональним режимом змащення круглов'язальної машини типу КО є такий режим змащення, коли коефіцієнт тертя пар 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-х 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).

## Список використаної літератури

1. Хомяк О.Н., Пипа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. - М.: Легпромбытиздат, 1990. - 209 с.
2. Пипа Б.Ф., Волощенко В.П., Шипуков С.Т., Орлов В.А. Повышение надежности трикотажного оборудования. - К.: Техника, 1983. - 112 с.
3. Волощенко В.П., Пипа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. - К.: Техніка, 1977. - 136 с.
4. Малков М.А., Полухин В.Л. Расчет износа клиньев трикотажных машин. – ВНИИЛТЕКМАШ, научно-исследовательские труды, 1969, № 15, с. 13-22.
5. Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка: (Справочник. В 2-х кн. Кн. 1) /И.В. Крагельский, В.В. Алисин. – М: Машиностроение, 1978. – 400 с.
6. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
7. Пипа Б.Ф., Плешко С.А. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012. – 470 с

Рекомендовано до публікації: д.т.н., проф. Зенкін А.С., КНУТД

Стаття надійшла до редакції 04.04.2014.2014

## ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗКИ ПАРЫ ИГЛА-КЛИН НА ИЗНОС КЛИНЬЕВ ВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

ЧАБАН В.В., ПИПА Б.Ф.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Оценка эффективности смазки пары игла-клин на износ рабочих поверхностей клиньев вязальных машины.

**Методика.** Используются современные методы исследований процесса взаимодействия рабочих органов вязальных машин (игл, клиньев и др.) и влияния процесса смазки на износ их рабочих поверхностей.

**Результаты.** Представлены результаты исследований влияния эффективности смазки пары игла-клин на износ рабочих поверхностей клиньев вязальных машин. Приведен пример влияния трения пары игла-клин вязальной машины КО-2 на износ

кулирних клиньев. Результаты исследований могут быть использованы при усовершенствовании процесса смазки пар игла-клин любых вязальных машин.

**Научная новизна.** Развитие методов оценки влияния эффективности смазки пары игла-клин вязальной машины на износ клиньев.

**Практическая значимость.** Разработка инженерного метода выбора рационального режима смазки пары игла-клин вязальной машины с целью повышения долговечности работы клиньев.

**Ключевые слова:** вязальная машина, игла, клин, смазка пары игла-клин, износ клина, долговечность клина.

## **EFFECT OF NEEDLE-WEDGE PAIR EFFICIENCY ON THE WEARING PROCESS OF KNITTING MACHINES WEDGES**

CHABAN V.V., PIPA B.F.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Aim.** Estimation of efficiency of greasing of pair needle-wedge on the wear of working surfaces of wedges of knitting machines.

**Methodology.** The modern methods of researches of process of co-operation of working organs of knitting machines (needles, wedges of and other) and influence of process of greasing are used on the wear of their working surfaces.

**Results.** The results of researches of influence of efficiency of greasing of pair are presented needle-wedge on the wear of working surfaces of wedges of knitting machines. An example of influence of friction of pair is made needle-wedge of knitting machine To-2 on the wear of slur wedges. The results of researches can be drawn on at the improvement of process of greasing of pair needle-wedge of any knitting machines.

**Scientific novelty.** Development of methods of estimation of influence of efficiency of greasing of pair needle-wedge of knitting machine on the wear of wedges.

**Practical meaningfulness.** Development of engineering method of choice of the rational mode of greasing of pair needle-wedge of knitting machine with the purpose of increase of longevity of work of wedges.

**Keywords:** *knitting machine, needle, wedge, greasing of pair is a needle-wedge, wear of wedge, longevity of wedge.*