

УДК 677.055

PLESHKO S. A., KOVALOV Yu. A.

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

DEPENDENCE OF KNITTING MACHINE OPERATION DURABILITY ON NEEDLE DESIGN

Task. This research is focused on the accelerated durability testing of existing needles (item 0-388) of KO-type circular knitting machines and new needles suggested by the authors (Utility Model Patent of Ukraine No. 69369, 2012), and assessment of needle design effect on knitting machine operation durability.

Method. Up-to-date methods of theoretical and experimental research were applied when conducting this research and solving its tasks. When analyzing the needle design effect on operation durability, an up-to-date accelerated testing technique for knitting machine needle durability was applied using a previously installed unit.

Results. Operative parts of knitting mechanisms in a knitting machine are among the most critical elements that determine a knitting machine efficiency (machine productivity and quality of knitted fabric). The efficiency of knitting machines (productivity and quality of knitted fabric) largely depends on the faultless operation of critical parts in a knitting mechanism, particularly, the needles. When trying to increase the efficiency of knitting machines, special attention is paid to higher durability of needles as one of the pending problems in knitting machinery. The article considers analyzing the accelerated testing results of knitting machine needle durability: item 0-388 needles and a new design suggested by the authors, namely needles with grooves in the base and middle of the heel. The paper examines the influence of needle design on durability of its operation and confirms the feasibility of using new design needles in KO-type circular knitting machines instead of existing item 0-388 needles. The presence of grooves and an additional groove makes it possible to dampen the impact stress waves that arise in the body of the needle and to reduce their advance intensity from the heel to the hook and the latch holding unit. The analysis of research results led to the conclusions that the used technique and the accelerated testing unit for knitting machine needle durability make it possible to quickly and reliably assess the influence of the needle design on its operation durability.

Scientific novelty. Development of scientific basis and engineering methods to design knitting machines.

Practical relevance. The new needle design with grooves in the base and in the middle of the heel suggested by the authors (Utility Model Patent of Ukraine No. 69369, 2012) is functional and reliable in operation; the new needle design is almost 3.5 times more durable than that of existing item 0-388 needle.

Keywords: knitting machine; knitting machine needle; needle design; needle failure; accelerated needle durability tests.

Introduction. The efficiency of knitting machines (productivity and quality of knitted fabric) largely depends on the faultless operation of critical parts in a knitting mechanism, particularly, the needles [1...9].

One of the main drawbacks of knitting machines is significant dynamic loads in the zone of impact interaction between needles and wedges, which adversely affects their operation durability [4–7]. At the same time, their design features play a significant role in the durability of needles and wedges [1, 7]. Therefore, the issue of design influence assessment in a knitting machine operative parts on the durability of its operation is considered relevant and timely.

When trying to increase the efficiency of knitting machines, special attention is paid to higher durability of needles [4, 5] as one of the pending problems in knitting machinery.

Setting objectives. The object of research focused on accelerated testing of needle durability in a KO-type circular knitting machine and to evaluate the efficiency of new needles suggested by the authors. Up-to-date methods of theoretical and experimental research were applied when conducting research and solving the tasks set in this paper. The task of the research was accelerated

durability testing of existing needles (item 0-388) in KO-type circular knitting machines and needles of a new design [10], and assessment of needle design effect on durability of its operation.

Research results. When analyzing the needle design effect on operation durability, an up-to-date accelerated testing technique for knitting machine needle durability [2, 3] was applied using a previously installed unit, the scheme of which is featured in fig. 1 [2].

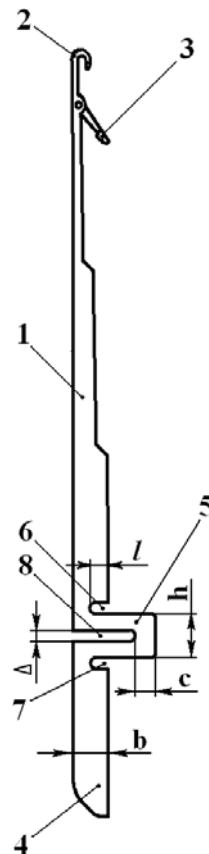


Fig. 1. Needle with grooves in the base and in the middle of the heel

The new needle suggested by the authors (the object of research to evaluate its operation efficiency in KO-type circular knitting machines instead of the existing needles, item 0-388) is featured in the figure.

The needle consists of rod 1 with hook 2 and tongue 3 at its one end, shank 4 with heel 5, the bases of which contain grooves 6 and 7, at its other end, and an additional rectangular-shaped groove 8 located in shank 4 coaxially with heel 5.

The operation principle of the needle is as follows. When the circular knitting machine is turned on, the needles installed in the needle cylinder of the knitting mechanism (not shown in Fig. 1) start to rotate. At the same time, heel 5, interacting with the wedges of the knitting mechanism (not shown in Fig. 1), ensures the reciprocating movement of the needle in the needle cylinder groove. Hook 2 and tongue 3 of rod 1, interacting with the yarn and loops of the knitted fabric, perform the process of looping, which is required to obtain the knitted fabric. The interaction of heel 5 with the wedges causes a shock pulse, which creates impact stress waves in the body of the needle. Grooves 6, 7 and additional groove 8 make it possible to extinguish the impact stress waves arising in the body of the needle, and to reduce their spread intensity from heel 5 to hook 2 and tongue unit 3. The dimensions of grooves 6, 7 and additional groove 8 may be selected if the uniform strength of the needle elements and their efficiency are maintained:

$$c = (0,5 \dots 0,7)h; \Delta = (0,15 \dots 0,2)h; l = (0,4 \dots 0,5)b, \quad (1)$$

where c is the distance of additional groove from the end of the heel;
 h is the heel width;
 Δ is the width of grooves and additional groove;
 l is the groove length;
 b is the shank width.

As already noted above, during the experiment, item 0-388 needles and new needles made from the same lot of item 0-388 needles. Unlike the well-known needles (item 0-388) used in KO-type circular knitting machines, the suggested needle additionally contains grooves at the base of the heel and a groove located in the middle of the heel on its back side. At the same time, considering the recommendations (1), the operation parameters of the new needle were applied: the depth of grooves at the base of heel is 1.8 mm; the depth of groove in the middle of the heel is 4.5 mm; the width of all grooves is 0.5 mm.

Conditions of the experiment:

- 28 item 0-388 needles and 28 needles with grooves of the specified parameters, made from the same batch of item 0-388 needles;
- in all experiments, the mode of unit operation for accelerated needle testing remained the same and was controlled by appropriate devices;
- the accepted probability of experiment results is $\alpha = 0,95$.

The obtained research results are shown in table. 1, 2.

Table 1

Results of accelerated durability tests of knitting machine needles (item 0-388 needles)

Durability of needles, T_{1i}, c	Number of result repetitions, n_i	$n_i T_{1i}$	Error of individual measurements, ΔT_{1i}	$n_i (\Delta T_{1i})^2$
32	1	32	7.28	52.99
33	3	99	6.28	118.32
35	2	70	4.28	36.63
36	3	108	3.28	32.27
38	2	76	1.28	3.27
39	3	117	0.28	0.23
40	2	80	-0.72	1.04
41	2	82	-1.72	5.91
42	3	126	-2.72	22.19
43	2	86	-3.72	27.67
44	3	132	-4.72	66.83
46	2	92	-6.72	90.32
$n = 28$		$\Sigma 1100$		$\Sigma 457.67$

Processing of accelerated testing results for durability of item 0-388 needles (Table 1) was performed in accordance with the following method [11]:

- the average value of needle durability:

$$\bar{T}_1 = \frac{\sum n_i T_{1i}}{n} = \frac{1100}{28} = 39,28 c; \quad (2)$$

– the mean squared error of measurement results:

$$\Delta S_1 = \sqrt{\frac{\sum n_i (\Delta T_{1i})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{457,67}{28(28-1)}} = 0,78 \text{ c}; \quad (3)$$

– limits of the confidence interval:

$$\Delta T_1 = \sqrt{(t_\alpha \Delta S_1)^2 + \left(\frac{K_\alpha}{3} \gamma\right)^2} = \sqrt{(2,09 \cdot 0,78)^2 + \left(\frac{1,96}{3} \cdot 0,785\right)^2} = 1,71 \text{ c}, \quad (4)$$

where t_α is Student's coefficient; at $\alpha = 0,95$ $t_\alpha = 2,09$ [8];

$K_\alpha \equiv t_\alpha(n \rightarrow \infty) = 1,96$ [8];

γ is the error of measuring device,

$$\gamma = \frac{\beta \bar{T}_1}{100\%} = \frac{2 \cdot 39,28}{100} = 0,785 \text{ c}; \quad (5)$$

$\beta = 2\%$ [3];

– relative error of a series of measurements:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta T_1}{\bar{T}_1} \cdot 100\% = \frac{1,71}{39,28} \cdot 100\% = 4,35\%. \quad (6)$$

The final result for accelerated testing of item 0-388 needle durability is as follows:

$$T_1 = \bar{T} \pm \Delta T_1 = (39,28 \pm 1,71) \text{ c}. \quad (7)$$

Table 2

**Results of accelerated durability tests of knitting machine needles
(new needles; Utility Model Patent of Ukraine No. 69369, 2012)**

Durability of needles $T_{2i}, \text{ c}$	Number of result repetitions n_i	$n_i T_{2i}$ $N_i T_{2i}$	Error of individual measurements ΔT_{2i}	$n_i (\Delta T_{2i})^2$
121	1	121	15.18	230.43
123	2	246	13.18	347.42
125	2	250	11.18	249.98
127	2	254	9.18	168.54
130	2	260	6.18	76.38
133	3	399	3.18	30.34
135	1	135	1.18	1.39
137	2	274	-0.82	1.34
140	3	420	-3.82	43.78
141	2	282	-4.82	46.46
143	2	286	-6.82	93.02
146	3	438	-9.82	289.29
148	1	148	-11.82	139.71
150	2	300	-13.82	381.98
	$n = 28$	$\Sigma 3813$		$\Sigma 2100.06$

The processing of experiment results is performed similarly using dependencies (2)...(7):

$$\bar{T}_2 = 136,18 \text{ c}; \Delta S_2 = 2,77 \text{ c}; \Delta T_2 = 6,05 \text{ c}; \gamma = 2,723 \text{ c}; \varepsilon_2 = 4,44\%.$$

Then the final result of accelerated durability testing of new knitting machine needles is as follows:

$$T_2 = (136,18 \pm 6,05) \text{ c}.$$

The coefficient of efficiency (increased durability) of new needles in comparison with the existing needles used for KO-type circular knitting machines is as follows:

$$n = \frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1} = \frac{136,18}{39,28} = 3,47. \quad (8)$$

Conclusions. Analyzing the research results, the following conclusions can be made:

- the used methodology and unit for conducting accelerated tests of knitting machine needle durability make it possible to quickly and reliably assess the influence of needle design on its operation durability;
- the new design of needle with grooves in the base and in the middle of the heel suggested by the authors (Utility Model Patent of Ukraine No. 69369, 2012) is functional and reliable in operation;
- the new design of needle is almost 3.5 times more durable than the existing designs of the needles of pos. 0-388.

References

Література

1. Moiseienko, F. A. (1994). *Proektuvannia viazalnykh mashyn* [Design of connecting machines]. Kharkiv: Osnova. 336 p. [in Ukrainian].
2. Voloshchenko, V. P., Pipa, B. F., Shypukov, S. T. (1977). *Ekspluatatsiina nadiinist mashyn trykotazhnoho vyrobnytstva* [Operational reliability of knitting machines]. Kyiv: Tekhnika. 136 p. [in Ukrainian].
3. Pipa, B. F., Voloshchenko, V. P., Shypukov, S. T., Orlov, V. A. (1983). *Pidvyshchennia nadiinosti trykotazhnoho obladnannia* [Raising Hope Knitted Equipment]. Kyiv: Tekhnika. 112 p. [in Ukrainian].
4. Pipa, B. F. (2008). *Dynamika mekhanizmiv viazannia kruhloviazalnykh mashyn* [Dynamics of knitting mechanisms of bread machines]. Kyiv: KNUVD. 416 p. [in Ukrainian].
6. Karmalita, A. K., Marchenko, A. I. (2012). *Vplyv konstruktsii holky viazalnoi mashyny na znyzhennia dynamichnykh navantazhen u mekhanizmi viazannia* [The influence of the design of the knitting machine needle on the reduction of dynamic loads in knitting mechanisms]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu = Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, № 6, P. 53–57 [in Ukrainian].
7. Pleshko, S. A., Kovalov, Yu. A. (2016). *Vplyv konstruktsii robochykh orhaniv viazalnoi mashyny na dohovichnist yikh roboty* [The influence of designs of the working bodies of the knitting machine on the durability of]
1. Мойсеєнко Ф. А. *Проектування зв'язкових машин*. Харків: Основа, 1994. 336 с.
2. Волощенко В. П., Піпа Б. Ф., Шипуков С. Т. *Експлуатаційна надійність машин трикотажного виробництва*. Київ: Техніка, 1977. 136 с.
3. Піпа Б. Ф., Волощенко В. П., Шипуков С. Т., Орлов В. А. *Підвищення надії трикотажного обладнання*. Київ: Техніка, 1983. 112 с.
4. Піпа Б. Ф. *Динаміка механізмів в'язання хлібопрівідних машин*. Київ: КНУТД, 2008. 416 с.
6. Кармаліта А. К., Марченко А. І. *Вплив конструкції голки в'язальної машини на зниження динамічних навантажень у механізмах в'язання*. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2012. № 6. С. 53–57.
7. Плешко С. А., Ковальов Ю. А. *Вплив конструкцій робочих органів в'язальної машини на довговічність їх роботи*. *Легка промисловість*. 2016. № 1. С. 29–31.

their work]. *Lehka promyslovist = Light industry*, № 1, P. 29–31 [in Ukrainian].

8. Pleshko, S. A., Kovalov, Yu. A., Rubanka, M. M. (2022). *Pidvyshchennia efektyvnosti roboty v'iazalnykh mashyn: monohrafiia* [Increasing the efficiency of joint machines: monograph]. Kyiv: KNUTD. 288 p. [in Ukrainian].

9. Krassii, H. H. et al. (1975). *Dovidnyk trykotazhnyka* [The Knitter's Handbook]. Kyiv: Tekhnika. 320 p. [in Ukrainian].

10. Patent UA 69369 Holka v'iazalnoi mashyny [Knitting machine needle]: MPK D04B 15/04 (2006.01). № 2011 12334; zaiav. 21.10.2011; opubl. 25.04.2012, Biul. № 8. 4 p. [in Ukrainian].

11. Kassandrova, O. N., Lebediev, V. V. (1970). *Obrobka rezultativ sposterezhen* [Processing of observation results]. 104 p. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/34780>.

8. Плешко С. А., Ковальов Ю. А., Рубанка М. М. *Підвищення ефективності роботи зв'язкових машин: монографія*. Київ: КНУТД, 2022. 288 с.

9. Красій Г. Г. та ін. *Довідник трикотажника*. Київ: Техніка, 1975. 320 с.

10. Патент Україна 69369. Голка в'язальної машини. МПК D04B 15/04 (2006.01). № 2011 12334; заяв. 21.10.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. 4 с.

11. Кассандрова О. Н., Лебедев В. В. *Обработка результатов наблюдений*. М., 1970. 104 с. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/34780>.

PLESHKO SERGEY

Candidate of Sciences in Engineering (PhD),
Associate Professor, Department of Mechanical
Engineering, Kyiv National University
of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4348-2858>

Scopus Author ID: 57221107365

Researcher ID: AAP-5539-2021

E-mail: pleshko-s-a@ukr.net

KOVALOV YURIY

Candidate of Sciences in Engineering (PhD),
Associate Professor, Department of Mechanical
Engineering, Kyiv National University
of Technologies and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2321-6763>

Scopus Author ID:

Researcher ID: AAP-5469-2021

E-mail: kovalov.ya@knutd.edu.ua

ПЛЕШКО С. А., КОВАЛЬОВ Ю. А.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ
ВІД КОНСТРУКЦІЇ ГОЛКИ**

Мета. Завданням досліджень стали прискорені випробування довговічності роботи існуючих голок (поз. 0-388) круглов'язальних машин типу КО і нових, запропонованих авторами, голок (Пат. України на корисну модель № 69369, 2012 р.) та оцінка впливу конструкції голки на довговічність її роботи.

Методика. При проведенні досліджень та вирішенні завдань, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних і експериментальних досліджень. При проведенні досліджень впливу конструкції голки на довговічність її роботи були використані сучасна методика прискорених випробувань довговічності роботи голок в'язальних машин та раніше розроблена установка.

Результати. Робочі органи механізмів в'язання в'язальних машин відносяться до найбільш відповідальних елементів, що зумовлюють ефективність роботи в'язальних машин (продуктивність машин та якість трикотажного полотна). Ефективність роботи в'язальних машин (продуктивність та якість трикотажного полотна) в значній мірі залежить від досконалості робочих органів механізму в'язання, зокрема голок. При вирішенні питань підвищення ефективності роботи в'язальних машин особлива увага приділяється підвищенню довговічності роботи голок, що є однією із актуальних проблем трикотажного машинобудування. Стаття присвячена розгляду та аналізу результатів прискорених випробувань довговічності роботи голок в'язальних машин: голки поз. 0-388 та нової конструкції, яка запропонована авторами, а саме голки з пазами у основі та посередині п'ятки. В роботі досліджено вплив конструкції голки на довговічність її роботи та підтверджена доцільність використання голок нової конструкції в круглов'язальних машинах типу КО замість існуючих голок поз. 0-388. Наявність пазів та додаткового пазу дозволяє погасити ударні хвилі

напружень, що виникають при цьому в тілі голки, і зменшити інтенсивність їх розповсюдження від п'ятки до крючка і вузла кріплення язичка. Аналіз результатів досліджень привів до висновків, що використані методика та установка для проведення прискорених випробувань довговічності роботи голок в'язальних машин дають можливість оперативно та достовірно оцінити вплив конструкції голки на довговічність її роботи.

Наукова новизна. Розвиток наукових основ та інженерних методів проектування в'язальних машин.

Практична значимість. Запропонована авторами нова конструкція голки з пазами у основі та посередині п'ятки (Пат. України на корисну модель № 69369, 2012 р.) працездатна та надійна в роботі; а нова конструкція голки майже у 3,5 рази більш довговічніша, ніж існуючі конструкції голок поз. 0-388.

Ключові слова: в'язальна машина; голка в'язальної машини; конструкція голки; відмова голки; прискорені випробування довговічності роботи голок.