

УДК 677.055

ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЬОВ Ю. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВПЛИВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ КЛИНА В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДИНАМІКУ ВЗАЄМОДІЇ З ГОЛКОЮ

**Мета.** Розробка методу оцінки впливу точності робочої поверхні клина в'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають в парі голка-клин.

**Методика.** Використані сучасні методи аналітичних досліджень, що базуються на теоріях ймовірностей та математичної статистики.

**Результати.** Розроблено метод дослідження впливу точності виготовлення робочого профілю клина в'язальної машини на величину динамічних навантажень, що виникають в парі голка-клин. Реалізація запропонованого методу дозволяє підвищити точність виготовлення профілю клина в'язальної машини і, таким чином, знизити динамічні навантаження в парі голка-клин, що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи механізму в'язання і в'язальної машин в цілому. Запропонований метод оцінки впливу точності виготовлення профілю робочої поверхні клина може бути використаний при виготовленні клинів різних типів в'язальних машин та автоматів. Він може бути використаний також для підвищення точності виготовлення робочих профілів будь яких кулачкових механізмів загального призначення.

**Наукова новизна.** Розвиток наукових основ проектування в'язальних машин та автоматів, зокрема клинів в'язальних механізмів.

**Практична значимість.** Розробка інженерного методу оцінки впливу точності виготовлення профілю клина в'язальної машини на величину динамічних навантажень, що виникають в парі голка-клин.

**Ключові слова:** в'язальна машина, голка, клин, робоча поверхня клина, точність виготовлення профілю клина.

**Вступ.** Одним із основних недоліків в'язальних машин та автоматів є значні динамічні навантаження, що виникають в зоні ударної взаємодії голок з клинами [1-3]. Ударна взаємодія голок з клинами призводить до зниження надійності та довговічності роботи голок [1], що негативно впливає як на ефективність роботи в'язальних машин, так і на якість продукції, що виготовляється. При цьому значну роль у динамічній взаємодії голок з клинами відіграє точність виготовлення робочого профілю клина.

Тому проблема оцінки впливу робочої поверхні клина в'язальної машини на динаміку взаємодії з голкою є актуальною та своєчасною.

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання впливу точності виготовлення робочої поверхні клина в'язальної машини на динаміку взаємодії з голкою, завданням досліджень є розробка наукових основ методу оцінки точності виготовлення профілю клина на динамічні навантаження в парі голка-клин в'язальної машини.

**Результати дослідження.** З метою забезпечення безударної взаємодії голки з клином в'язальної машини авторами була розроблена методика синтезу раціонального профілю клина [1]. Результатом цієї методики було рівняння (поліном шостого порядку), що визначає шуканий, оптимальний стосовно прискорення голки, профіль клина. Реалізація цього профілю не може бути забезпечена абсолютно ідеально. У зв'язку з цим

виникає питання: як будуть змінюватися динамічні навантаження в системі голка-клин, якщо фактично реалізований профіль буде відрізнятися від оптимального.

Розглянемо профілі клинів, представлені на рис. 1.

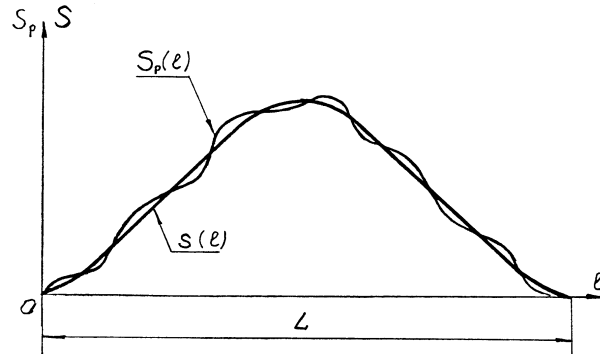


Рис. 1 Фактично реалізований  $S_p(l)$  і розрахунковий  $s(l)$  профілі клина

Тут  $S_p(l)$  – реальний (виготовлений) профіль,  $S(l)$  – ідеальний, розрахований за приведеною раніше методикою [1], профіль. Обидва профілі розглядаються в координатах:  $S$  – переміщення голки у вертикальному і  $l$  – горизонтальному напрямках. Далі  $S_p(l)$  будемо називати реальним профілем клина, а  $S(l)$  – ідеальним профілем. Різницю  $\delta(l) = S_p(l) - S(l)$  природно називати погрішністю виготовлення клину. Її графік показаний на рис. 2.

Припустимо, що виготовлено "K" клинів. Профіль (реальний) кожного з них позначимо через  $S_{pi}(l)$ , де  $i = 1, 2, \dots, k$ . Очевидно, що кожному з цих профілів відповідає один і той же ідеальний профіль. Тому погрішність виготовлення профілю клина з номером  $i$  прийме вид:

$$\delta_i(l) = S_{pi}(l) - S(l). \quad (1)$$

Графік  $\delta_i(l)$  для конкретного значення  $i = j \leq k$  будемо називати реалізацією погрішності  $k$ -ої операції виготовлення клина.

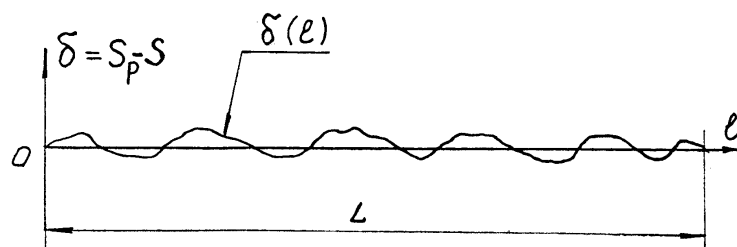


Рис. 2 Графік погрішності виготовлення клина  $\delta(l) = S_p(l) - S(l)$

Перше допущення щодо природи розглянутої тут погрішності полягає в тому, що для будь-якого фіксованого значення  $l = l_p \in [0, L]$  величини  $\delta_i(l_p)$ , де  $i = \overline{1, k}$  передбачаються випадковими. Це припущення виправдується тим, що погрішність  $\delta_i(l_p)$  залежить від безлічі факторів, що не повторюються від однієї операції виготовлення до іншої. Тому відмінність  $\delta_{j+1}(l_p)$  від  $\delta_j(l_p)$  завжди буде. У силу даного припущення

погрішність  $\delta_i(l)$ , як функція від параметра  $l$ , і номер операції буде відповідати поняттю випадкової функції [1]. При фіксованому значенні  $i = i_1$  ця функція, як функція тільки від  $l$ , називається реалізацією даної випадкової функції, а при фіксованому значенні  $l = l_p$  значення  $\delta_i(l_p)$  цієї функції, як функції від номера реалізації  $i$ , являють собою випадкові величини.

Друге припущення буде полягати в тому, що при кожному фіксованому значенні  $l = l_p \in [0, L]$  приймається, що величини  $\delta_1(l_p), \delta_2(l_p), \dots, \delta_k(l_p)$  розподілені по нормальному закону [4]. Дане припущення звичайно виконується в тому випадку, коли кожна з величин є наслідком декількох діючих одночасно невизначених факторів (практично їхнє число повинне бути не менш трьох-чотирьох). Але це і справді має місце, оскільки на значення погрішності виготовлення  $\delta_i(l_p)$  впливають такі фактори як зазори і люфти в кінематичних ланках, температура і швидкість обробки деталі, неоднорідність оброблюваного матеріалу і т.п.

Нарешті, третє припущення полягає в тому, що на інтервалі  $[0, L]$  (рис. 2) середнє відхилення профілю  $S_p(l)$  від  $S(l)$  дорівнює нулеві або точніше середня погрішність

$$\delta = \frac{1}{L} \int_0^L \delta_i(l) \delta l \quad (2)$$

дорівнює нулеві на ділянці  $[0, L]$  для будь-якої операції  $i (i = 1, 2, \dots, k)$ . Іншими словами відсутня систематична помилка виготовлення профілю.

Повертаючись до поставленої задачі, будемо припускати, що виготовлено  $K$  клинів. Вибираємо деякий крок дискретності, вимірів профілю  $\Delta$ , рівний, наприклад,  $\frac{L}{10}$ , де  $L$  розмір клина по осі абсцис (рис. 1). У точках  $q\Delta$ , де  $q = 0, 1, \dots, 10$  за допомогою профілометра вимірюємо значення  $S_p(q\Delta)$  ординат фактично виготовленого профілю клина і знаходимо погрішність:

$$\delta(q\Delta) = S_p(q\Delta) - S(q\Delta), \quad (3)$$

де, як і раніше,  $q = 0, 1, \dots, 10$ .

Зазначену операцію виконуємо з кожним із " $K$ " клинів. Отримані для кожного окремого клина реалізації (3) погрішності виготовлення клинів розташовуємо послідовно одна за одною (по осі абсцис) у будь-якому порядку. У результаті одержуємо реалізацію  $\delta(r\Delta)$  для  $r = 0, 1, \dots, 10K$ . Припускаючи, що ця реалізація відповідає реалізації стаціонарної випадкової функції, визначаємо характеристики  $m_\delta$  і  $K_\delta(r\Delta)$  цієї функції по формулах (4) і (5), де  $N = 10K$ .

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{\omega^*} [(j-1)\Delta]; \quad (4)$$

$$\tilde{K}_x(n\Delta) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{\omega^*}^{(0)}[(j-1)\Delta + n\Delta] x_{\omega^*}^{(0)}[(j-1)\Delta]. \quad (5)$$

При цьому математичне чекання (4) при відсутності систематичної погрішності виготовлення клинів повинне дорівнювати нулеві.

Типовий вид одержаної кореляційної функції (5) показаний на рис. 3. Тут кружками позначені точки, у яких по співвідношенню (5) обчислюється значення функції  $\tilde{K}_\delta(r\Delta)$ . Суцільною лінією проведена інтерпольована крива. Помітимо, що в силу симетрії функції  $\tilde{K}_\delta(r\Delta)$  для позитивних і негативних значень аргументу, на рис. 3 представлена тільки одна половина графіка цієї функції. Далі для суцільної кривої на рис. 3 варто підібрати підходяще аналітичне вираження і визначити його параметри. Для цього потрібно скористатися табл. 1. Так, у розглянутому випадку можна прийняти:

$$\frac{1}{\tilde{K}_\delta(0)} \tilde{K}_\delta(\tau) = e^{-h(\tau)} \cos \beta\tau. \quad (6)$$

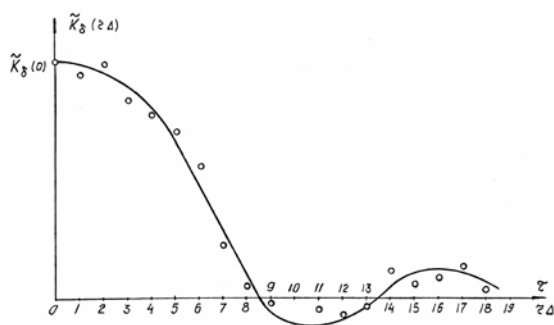


Рис. 3 Кореляційна функція погрішності виготовлення профілю клина

Таблиця 1

Щільності розподілу параметра  $\Omega$  для різних випадків кореляційної функції  $R_x(\tau)$

Кореляційна функція $R_x(\tau)$	Щільність імовірності $P(\Omega)$
$e^{-(h)\tau}, \quad h > 0$	$\frac{h}{\pi(\Omega^2 + h^2)}$
$e^{-(h)\tau} \cos \beta\tau, \quad h > 0, \quad \beta > 0$	$\frac{h}{2\pi} \left[ \frac{1}{h^2 + (\beta + \omega)^2} + \frac{1}{h^2 + (\beta - \omega)^2} \right]$
$e^{-(h)\tau} \cdot \left[ \cos \beta\tau + \frac{h}{\beta} \sin \beta\tau \right]$ $h > 0, \quad \beta^2 = k^2 - h^2, \quad k > h$	$\frac{2hk^2}{\pi} \cdot \frac{1}{(k^2 - \omega^2)^2 + (2h\omega)^2}$

Параметр  $\beta$  неважко визначити з умови рівності нулеві кореляційної функції (рис. 3) у точці  $\tau = 8,5\Delta$ . Після чого, задаючись декількома значеннями параметра  $h$  варто побудувати декілька кривих і вибрати з них найближчу до заданої. Далі по табл. 1 потрібно знайти щільність  $P(\Omega)$ , що відповідає обраному аналітичному виразу для кореляційної функції. У даному прикладі це буде щільність, записана в другому рядку табл. 1. Після чого по формулі (7) варто визначити величину дисперсії  $D_x''$  прискорення голки, обумовлену неточністю виготовлення профілю:

$$D_x'' = \sigma_x^2 \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^4 P(\Omega) d\Omega. \quad (7)$$

Як дисперсію  $\sigma_x^2$  тут варто взяти значення  $\tilde{K}_\delta(0)$ . Таким чином, шукана дисперсія буде дорівнювати:

$$D_\delta = \tilde{K}_\delta(0) \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^4 P(\Omega) d\Omega. \quad (8)$$

Використовуючи правило трьох сигм [5] і допущення про нормальний закон розподілу погрішності, можна стверджувати, що з імовірністю близької до одиниці прискорення, зумовлені неточністю виготовлення, не перевершить величини  $3\sqrt{D_\delta}$ .

Нехай  $\bar{a}$  - максимальне прискорення, що набуває голка, переміщаючись по ідеально виготовленому профілю клина. Тоді з урахуванням погрішності виготовлення, фактичне прискорення голки не перевершить величини:

$$a \leq \bar{a} + 3\sqrt{\tilde{K}_\delta(0)} \cdot z, \quad (9)$$

де позначено

$$z^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^4 P(\Omega) d\Omega.$$

Оцінка (9) безпосередньо впливає з попередніх міркувань, заснованих на правилі трьох сигм і гіпотезі нормальності. З умови (9) можна установити необхідні вимоги на точність виготовлення профілю клина, аналізуючи кореляційні функції погрішностей виготовлення запропонованим тут способом. Визначення параметра  $a$  по (9) і співставлення його з  $\bar{a}$  дозволить зробити висновок про вплив точності виготовлення профілю клина на величину динамічних навантажень у парі голка-клин, а також на величину напружень, що виникають у голці при роботі машини.

#### **Висновки.**

- розроблено метод дослідження впливу точності виготовлення профілю клина на величину динамічних навантажень у системі голка-клин;
- реалізація запропонованого методу дозволяє підвищити точність виготовлення профілю клина в'язальної машини і, таким чином, знизити динамічні навантаження в парі голка-клин, що призводить до підвищення надійності та довговічності роботи механізму в'язання і в'язальної машин в цілому.

#### **Список використаних джерел**

1. Піпа Б.Ф., Плешко С.А. Удосконалення робочих органів механізмів в'язання круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2012. – 470 с.
2. Хомяк О.Н., Піпа Б.Ф. Повышение эффективности работы вязальных машин. - М.: Легпромбытиздат, 1990. - 209 с.
3. Волощенко В.П., Піпа Б.Ф., Шипуков С.Т. Эксплуатационная надежность машин трикотажного производства. - К.: Техніка, 1977. - 136 с.
4. Пугачев В.С. Введение в теорию вероятностей,- М.: Наука, 1968. - 368 с.
5. Смирнов Н.В., Дунин - Барковский Н.В., Курс теории вероятностей и математической статистики. - М.: Наука, 1965. - 512с.

## ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КЛИНА ВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ДИНАМИКУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ИГЛОЙ

ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЕВ Ю.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода оценки влияния точности рабочей поверхности клина вязальной машины на динамические нагрузки, возникающие в паре игла-клин.

**Методика.** Используются современные методы аналитических исследований, основанные на теориях вероятностей и математической статистики.

**Результаты.** Разработан метод исследования влияния точности изготовления рабочего профиля клина вязальной машины на величину динамических нагрузок, возникающих в паре игла-клин. Реализация предложенного метода позволяет повысить точность изготовления профиля клина вязальной машины и, таким образом, снизить динамические нагрузки в паре игла-клин, способствующее повышению надежности и долговечности работы механизма вязания и вязальной машин в целом. Предложенный метод оценки влияния точности изготовления профиля рабочей поверхности клина может быть использован при изготовлении клиньев различных типов вязальных машин и автоматов. Он может быть использован также для повышения точности изготовления рабочих профилей любых кулачковых механизмов общего назначения.

**Научная новизна.** Развитие научных основ проектирования вязальных машин и автоматов, в частности клиньев вязальных механизмов.

**Практическая значимость.** Разработка инженерного метода оценки влияния точности изготовления профиля клина вязальной машины на величину динамических нагрузок, возникающих в паре игла-клин.

**Ключевые слова:** вязальная машина, игла, клин, рабочая поверхность клина, точность изготовления профиля клина.

## INFLUENCE OF THE OPERATING SURFACE OF THE WEDGE KNITTING MACHINES ON THE DYNAMICS OF THE INTERACTION WITH THE NEEDLE

PLESHKO S.A., KOVALEV Y.A.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** Development of the method of assessing the impact of the accuracy of the working surface of the wedge on the knitting machine dynamic stresses resulting in a pair of needle-wedge.

**Methodology.** To use modern methods of analytical studies based on the theory of probability and mathematical statistics.

**The Results.** A method for the manufacture of precision studies of the effect of the working profile of the wedge knitting machine by the amount of dynamic loads encountered a pair of needle-in wedge. Implementation of the proposed method improves the accuracy of manufacture of the wedge profile of the knitting machine and thus reduce the dynamic forces in a pair of needle-wedge contributes to the reliability and durability of the mechanism of knitting and knitting machines in general. The proposed method of assessing the impact of manufacturing precision profile of the working surface of the wedge can be used in the manufacture of various types of wedges knitting machines and machines. It can also be used to improve the accuracy of manufacture of any working profiles of the cam mechanisms for general use.

**Scientific novelty.** Development of scientific bases of designing knitting machines and machines, in particular knitting wedges mechanisms.

**The practical significance.** Development of the method of assessment of the impact of engineering precision manufacturing knitting machine Profile wedge on the value of the dynamic loads encountered a pair of needle-in wedge.

**Key words:** knitting machine, needle, the wedge, the working surface of the wedge, the wedge profile of precision manufacturing.