

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Запорізький національний технічний університет  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
Кіровоградський національний технічний університет  
Кременчуцький національний університет ім. М.В. Остроградського  
Луцький національний технічний університет  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Одеський національний політехнічний університет  
Сумський державний університет  
Тернопільський національний технічний університет ім. І.П. Пулюя  
Хмельницький національний університет  
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

### **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**XV Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції**

**«МАШИНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ ОЧИМА МОЛОДИХ:  
прогресивні ідеї – наука – виробництво»**

**04–07 листопада 2015 р.**



Житомир, ЖДТУ – 2015

## СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВІДХИЛЕНЬ ВІД КРУГЛОСТІ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ ЛАНЦЮГІВ

<sup>1</sup>Кривий П.Д., к. т. н., проф., <sup>1</sup>Дзюра В.О., к. т. н., доц.,

<sup>2</sup>Тимошенко Н.М. к. фіз.-мат. н., доц.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

Запропонований новий метод статистичного оцінювання відхилень від круглості перпендикулярних перерізів циліндричних поверхонь, а саме внутрішніх поверхонь згортних втулок приводних роликових і втулкових ланцюгів різних виробників.

В результаті апроксимації відхилень від круглості тригонометричним рядом Фур'є, знайдені середні значення і дисперсії для кожної із круглограм які подані як випадкові величини. Використано на основі теорії малої вибірки метод ітерацій, за яким знайдено вибіркові значення математичних сподівань і дисперсій. Запропоновано за статистичну оцінку відхилень від круглості приймати їх максимальне значення, що дорівнює сумі математичного сподівання і трьом середнім квадратичним відхиленням.

Ключові слова: згортка втулка; відхилення від круглості; внутрішня циліндрична поверхня; математичне сподівання; середнє квадратичне відхилення.

Відзначено, що одним із основних показників точності форми, що впливає на експлуатаційні властивості контактуючих поверхонь є відхилення від круглості, які регламентуються відповідними стандартами [1, 2]. Відхилення від круглості згідно [1] – це максимальна віддаль від реальної точки профілю до прилягаючого кола.

Проаналізовано існуючі методи оцінювання відхилень від круглості [3–7]. Встановлено, що існуючі методи оцінки подають відхилення від круглості у детерміністському вигляді.

Об'єктами експериментальних досліджень були згортні втулки для приводних роликових і втулкових ланцюгів з кроками: 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм Даугавпілського заводу привідних ланцюгів (ДЗПЛ) (Латвія), 19,07 мм Новосибірського низьковольтової апаратури (НЗНВА) (Росія) і

25,4 мм Дніпропетровського заводу ланцюгів і електродів (ДЗЛЕ) (Україна). Величина вибірки склала 10 згортних втулок у внутрішніх ланках ланцюгів. Відхилення від круглості  $\Delta_j$  на кожній із 10 круглограм певного типорозміру ланцюгів визначали у 36 рівномірно розмічених по колу положеннях і ці відхилення приймали як випадкові величини.

Запропоновано кожну із десяти круглограм розглядати як окрему реалізацію малої вибірки. Значення  $\Delta_j$  визначали у 36 положеннях круглограм і апроксимували тригонометричним рядом Фур'є і на основі цього отримували математичне сподівання  $M(\Delta_i)$  та дисперсії  $D(\Delta_i)$ , тут  $i=1,2,3,\dots,10$ , порядкові номери круглограм. За критерієм  $W$  узгодження розподілу [8] підтверджено нормальність закону розподілу.

Використавши залежності для визначення математичних сподівань  $M(\Delta_i)$  і дисперсій  $D(\Delta_i)$  отримані у роботі [2] для вибірок із 10 значень.

$$M(\Delta) = \frac{a+b}{2} P c_k + \sum C_k *$$

$$* \left\{ \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \left( e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - \frac{z_{2k}^2}{2} \right) + \Delta_k [\Phi(z_{2k}) - \Phi(-z_{1k})] \right\} \quad (1)$$

$$D(\Delta) = \frac{a^2 + ab + b^2}{3} \prod_{k=1}^{10} c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{j=1}^{10} c_k * \quad (2)$$

$$* \left\{ \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \left[ (\sigma \cdot z_{1k} + 2\Delta_k) e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - (\sigma \cdot z_{2k} + 2\Delta_k) e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} + (\sigma^2 + \Delta^2) [\Phi(z_{2k}) - \Phi(z_{1k})] \right] \right\} - M^2(r)$$

де  $a$  і  $b$  – відповідно границі інтервалів;  $\sigma_0$  – середнє квадратичне відхилення ексцентриситету.

$$c_k = \frac{1}{1 + \Phi\left(\frac{b - \Delta_k}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a - \Delta_k}{\sigma}\right)}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, 10.$$

$$z_{1k} = \frac{a - \Delta_k}{\sigma}; z_{2k} = \frac{b - \Delta_k}{\sigma}; \sigma = \frac{b - a}{6},$$

отримали вибіркові характеристики розсіювання величини  $\Delta$ , значення яких подані у таблиці.

Істотність відмінностей математичних сподівань  $M(\Delta_i)$ ,  $M(\Delta_{ii})$ ,  $M(\Delta_{iii})$ ,  $M(\Delta_{iiii})$ ,  $M(\Delta_{v})$  відхилень від круглості різних згортних втулок приводних роликів ланцюгів з кроками  $t_1, t_2, t_3, t_4$  і  $t_5$  перевіряли за критерієм Стюдента, а дисперсій  $D(\Delta_i), D(\Delta_{ii}), D(\Delta_{iii}), D(\Delta_{iiii}), D(\Delta_{v})$  за критерієм Фішера. За статистичну оцінку відхилень від круглості рекомендовано приймати максимальне значення  $\Delta_{\max}$ , що дорівнює

$$\Delta_{\max} = M(\Delta_i) + 3\sqrt{D(\Delta_i)}. \quad (3)$$

Таблиця 1

Значення характеристик розподілу відхилень від круглості та їх максимальних значень

Характеристики розсіювання	Значення характеристик розподілу відхилень від круглості та $\Delta_{\max}$ для приводних роликів ланцюгів з кроками, мм				
	9,525	12,7	15,875	19,0	25,4
Математичне сподівання $M(\Delta_i)$ , мкм	20,25	4,63	1,44	0,96	8,66
Дисперсія $D(\Delta_i)$ , мкм <sup>2</sup>	226,00	620,01	15,4	30,47	43,68
Максимальне значення $\Delta_{\max}$ , мкм	65,35	34,02	37,85	15,66	28,48

Запропоновано прийняти як еталон точність форми відхилень від круглості втулок ланцюга з кроком 19,05 мм.

Встановлено, що точність згортних втулок для приводних ланцюгів з кроками 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм за математичним сподіванням і критерієм Стюдента по відношенню до точності форми згортних втулок ланцюга з кроком 19,05 мм істотно відмінна, тобто технологічний процес

виготовлення втулок на НЗНВА значно ефективніший ніж техпроцес виготовлення втулок на ДЗПЛ.

Виявлено, за критерієм Фішера, що точність форми згортних втулок виготовлених на ДЗПЛ і ДЗЛЕ за дисперсіями істотно відрізняються від точності форми втулок виробництва НЗНВА.

Таким чином, запропонований метод статистичного оцінювання відхилень від круглості з використанням теорії малої вибірки може бути використаним не тільки для встановлення характеристик відхилення від круглості, але й для визначення напряму удосконалення існуючих технологічних процесів.

### Література

- ГОСТ 24642-81 (СТ СЭВ 301-88). Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. Основные нормы взаимозаменяемости. [Текст]. Введен 01.07.81. – М. : Госком СССР по стандартам, 1990. – 68 с.
- Petro D. Kryvyi, Volodymyr O. Dzyura, Nadiya M. Tymoshenko, Volodymyr V. Krupa Technological heredity and accuracy of the cross-section shapes of the hydro-cylinder cylindrical surfaces. Canadian Journal of Science, Education and Culture, 2014, No.2. (6), (July - December). Volume I. "Toronto Press", 2014. – 549 p.301-310.
- Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./ В.Д. Мягков, М.А. Палей. – 6 изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – 543 с.
- Жебровская-Луцик С. Методы определения формы цилиндрических деталей // Вестник машиностроения. – 1980. – № 12. – С. 41–49.
- P. Kryvyi, P. Kryvinskyi, V. Bodnar, I. Sotnyk, A. Senuk. "Theoretical and Experimental Substantiation of Angle Orientation of Rolling Bushings of Roller and Bushing Chains". Paper no. MSEC 2007-31211 International Manufacturing Science and Engineering conference. October 15-18, 2007, Atlanta, Georgia, USA, pp. 623-627.
- Сухов М.Ф. Статистическая оценка точности опорных валков станов холодной прокатки на основе гармонического анализа. / Изв. вузов: Машиностроение, 1973. – № 3. – С. 145–149.
- Ляндон Ю.Н. Функциональная взаимозаменяемость в машиностроении [Текст] / Ю.Н. Ляндон. – М.: Машиностроение, 1967.
- Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах [Текст] / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 395 с.