

*Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017.*

**УДК 621.9**

**П.Д. Кривий, канд. техн. наук, доц., В.Р. Кобельник, канд. техн. наук,  
Н.М.Тимошенко, канд. техн. наук, доц., Т.В. В'юк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ  
КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОДАЧ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНИХ  
ВЕРСТАТІВ**

**P.D. Kryvyy Ph.D., Assoc. Prof., V.R. Kobelnyk Ph.D., N.M. Tymoshenko Ph.D., Assoc.  
Prof., T.V. Viuk**

**PROBABILITY AND STATISTICAL METHOD FOR DETERMINING THE  
ACCURACY FOR KINEMATIC SCHEME OF GEAR OF FEED OF VERTICAL  
DRILL MACHINES**

Проаналізовано методи [1 – 3] визначення кінематичної точності механізмів подач токарних і вертикально-свердильних верстатів (ВСВ).

Відзначено, що при визначенні значень подач і їх характеристик за відомими методами з врахуванням, встановлених відповідно до подач, частот обертання шпинделя не враховувалась точність як рейкової шестерні, особливо накопичена кінематична похибка, так і самої рейки, що безперечно вносить певні похибки у отримувані результати і знижує достовірність результатів.

Суть запропонованого методу полягає у наступному. Встановлюють, шляхом введення в зачеплення відповідних елементів кінематичного ланцюга, задане паспортне значення подачі. Наприклад, для ВСВ моделі 2Н118 –  $S_p=0,1$  мм/об. На стіл ВСВ встановлюють сферометр з точністю поділки 0,001 мм. В зачепленнях кінематичних ланцюгів головного руху і руху подачі вибирають зазори [1, 2]. Повертають вал електродвигуна ВСВ на певний кут, так щоб шпиндель здійснив один оберт, а кінематично зв'язана з ним піноль певне переміщення  $L_1$ , величина якого за фіксується сферометром і ця величина буде подачею на один оберт  $S_1$ . здійснюють другий оберт шпинделя і визначають по шкалі сферометра сумарне переміщення за два оберти шпинделя  $L_c$  від якого віднімають попереднє  $L_1$  і визначають друге значення подачі  $S_2$ . повторюючи такі прийоми, ще вісім разів отримують вибірку обсягом із 10-и спостережень значень подач. Використовують залежності отримані методом ітерацій [2 – 4], створених на основі методу прямокутних вкладів з теорії малої вибірки [2 – 4] для визначення математичного сподівання та дисперсії

$$M(S) = \frac{a+b}{2} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n c_k \left( \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \left( e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} \right) + s_k \left[ \Phi(z_{2k}) - \Phi(z_{1k}) \right] \right),$$

$$D(S) = \frac{a^2 + a \cdot b + b^2}{3} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n c_i \left( \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \cdot \left( (\sigma \cdot z_{1k} + 2s_k) \cdot e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - \right. \right.$$

$$\left. \begin{aligned} & -\left(\sigma \cdot z_{2k} + 2s_k\right) \cdot e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} + \left(\sigma^2 + s_{pk}^2\right) \cdot \left[\Phi\left(z_{2k}\right) - \Phi\left(z_{1k}\right)\right] \\ & \end{aligned} \right) - M^2(S),$$

де  $z_{1k} = \frac{a-s_k}{\sigma}$ ,  $z_{2k} = \frac{b-s_k}{\sigma}$ ,  $[a; b]$  – проміжок зміни значень величини  $S$ ,  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення величини  $s_k$ .

Формула для обчислення сталих  $c_k$  має вигляд

$$c_k = \frac{1}{1 + \Phi\left(\frac{b-s_1}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-s_1}{\sigma}\right)}.$$

За вище наведеними залежностями визначають вибіркоче математичне сподівання  $M_l(S)$  і дисперсію  $D_l(S)$  першої серії експериментів.

Враховано, що при такій подачі ( $S_n=0,1$  мм/об) за 10 обертів шпинделя піноль переміститься на величину  $L_1 = \sum_{i=1}^{10} S_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ), що складе якусь долю довжини

ділильного кола  $L_{\text{д.к.}}$  рейкової шестерні  $L_1 = K \cdot L_k = K \cdot \pi \cdot m \cdot z$  (тут  $m$  і  $z$  – відповідного модуль і число зубів рейкової шестерні, для ВСВ 2Н118  $K=0,01 - 0,06$ ).

Запропоновано, для врахування точності рейкової шестерні і самої рейки, такі вимірювання здійснювати ще 9 разів, через певний кут повороту цієї шестерні  $\Theta = 0,2 \cdot \pi$  (рад.), тобто на ділянках рівномірно розміщених по всій довжині ходу пінолі.

В результаті отримують 10 значень математичних сподівань  $M_l(S_l)$ ,  $M_2(S_l)$ , ...,  $M_9(S_l)$ ,  $M_{10}(S_l)$  і дисперсій  $D_l(S_l)$ ,  $D_2(S_l)$ , ...,  $D_9(S_l)$ ,  $D_{10}(S_l)$ , які приймають як випадкові величини з нормальним законом розподілу і за залежностями поданими в [3, 4] визначають узагальнені значення  $M(S_l)$  і  $D(S_l)$  для даного кінематичного ланцюга.

Змінивши  $S_{1n}$  на наступну  $S_{2n}$  за паспортом ВСВ наприклад, 2Н118 подачу, тобто встановивши  $S_{2n}=0,14$  мм/об і повторивши аналогічно вище описаному, отримують значення  $M(S_2)$  і  $D(S_2)$ , які за критеріями Стюдента і Фішера перевіряють на істотність відмінності за середніми значеннями і дисперсіями суміжних статистичних рядів подач. Запропонований метод дає можливість отримати достовірні характеристики розсіювання подач, на основі якого можна виявити значні поля розсіювання і оцінити точність ВСВ за чим параметром з різними степенями їх спрацювання.

#### **Література**

1. Кобельник В. Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99 – 108.

2. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі : дис. канд. техн. наук : 05.03.01. / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

3. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів : Машинознавство. – 2013. – № 9 - 10 (195-196). – С. 76-83.

4. Статистичне оцінювання міцності пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / [П. Кривий, Н. Тимошенко, В. Коломієць, Р. Чорний] // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013. – № 2 (70). – С. 121-129.