

**УДК 621.787.4**

**Петро Кривий<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Надія Тимошенко<sup>2</sup>, к. фіз.-мат. н., доц.; Андрій Сеник<sup>1</sup>, асистент, Мирослав Шарик<sup>1</sup>, ст. викладач**

<sup>1</sup> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

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

**ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ДОРНУВАННЯ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРІВ**

**Petro Kryvyy, Ph.D. Assoc.Prof.; Nadija Tymochenko Ph.D. Assoc.Prof.; Andriy Senyk,  
Myroslav Sharyk**

**PROBABILISTIC APPROACH TO THE DETERMINATION OF CYLINDRICAL  
HOLES BURNISHING FORCE**

Проаналізовано літературні джерела [2-5], присвячені проблемі дорнування циліндричних отворів, зокрема визначенню зусилля дорнування.

Відзначено, що у вищезгаданих джерелах діаметр дорна  $d_d$ , величина натягу  $N$  як різниці діаметра дорна і діаметра  $d_{вт}$  втулки та коефіцієнт тертя  $\varphi$  в існуючих залежностях для визначення зусилля  $P_d$  дорнування подані як постійні величини.

Проте діаметр втулки, який виконаний з певною точністю, має відповідне встановленому квалітету поле розсіювання, що дорівнює допуску, тому величина натягу  $N$  буде випадковою з нормальним законом розсіювання.

Окрім цього доведено [4, 5], що значення коефіцієнта тертя  $\varphi$  можуть коливатись у різних межах, а значить, його величина також буде випадковою. Грунтуючись на центральній граничній теоремі [1], прийmemo гіпотезу, що величина  $P_d$  буде випадковою з нормальним законом розподілу.

Використавши [2], зусилля  $P_d$  виразимо залежністю:

$$P_d = A \cdot N + B \cdot N \cdot f + Cf,$$

$$\text{де } A = \frac{\pi \cdot d_d \cdot P_d}{2}, \quad B = \frac{\pi \cdot d_d \cdot P_e}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad C = \pi \cdot d_d \cdot P_d \cdot b.$$

Введемо позначення:  $P_d = Q$ ;  $N = X$ ;  $f = Y$ ;  $X \cdot Y = Z$  і отримаємо:

$$Q = A \cdot X + B \cdot Z + C \cdot Y.$$

Знаючи характеристики розподілу незалежних випадкових величин  $X$  і  $Y$ , а саме: математичні сподівання, які приблизно дорівнюють середнім значенням, тобто  $M(X) \approx \bar{X}$ ,  $M(Y) \approx \bar{Y}$ , дисперсії  $D(X)$  і  $D(Y)$ , середні квадратичні відхилення  $\sigma_x = \sqrt{D(X)}$  і  $\sigma_y = \sqrt{D(Y)}$  та щільності розподілу за нормальним законом

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_X} \cdot e^{-\frac{(X_i - \bar{X})^2}{2\sigma_X^2}}, \quad f(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_Y} \cdot e^{-\frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{2\sigma_Y^2}}$$
 і використавши теореми про

чисельні характеристики [1], отримано залежності для визначення математичного сподівання величини  $Q$ , тобто  $M(Q)$ , дисперсіє  $D(Q)$  та середнього квадратичного відхилення  $\sigma(Q)$ .

$$M(Q) = A \cdot M(X) + A \cdot B \cdot C \cdot M(X) \cdot M(Y) + C \cdot M(Y),$$
$$D(Q) = A^2 D(AX) + B^2 [A^2 \cdot C^2 \cdot D(AX) \cdot D(CY) + A^2 \cdot C^2 \cdot M^2(AX) \cdot D(CY) + A^2 \cdot C^2 \cdot M(CY) \cdot D(AX)] + C^2 D(CY),$$

Максимальне значення зусилля дорнування  $P_{\text{dmax}}$  виразиться залежністю:

$$P_{\text{dmax}} = M(Q) + 3\sigma(Q).$$

Запропонований імовірнісний підхід, окрім отримання з певною імовірністю максимального зусилля дорнування дає можливість встановити вплив кожної із складових  $X, Y, Z$  на  $P_d$ , а також, використавши критерії Стьюдента і Фішера, суттєвість відмінностей між математичними сподіваннями і дисперсіями випадкових величин  $X, Y, Z$ .

#### Література:

1. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
2. Осипов Ю.К. Повышение качества прессовых соединений типа «тонкостенная свертная втулка-корпус» с использованием метода упрочнения – калибрующей обработки дорнованием. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. Специальность 05.03.01. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки. Алтайский госуд.технич. ун-т, Барнаул. – 2007. – 129 с.
3. Проскуряков Ю.Г. Эксплуатационные свойства свертных втулок, обработанных дорнованием/ Ю.Г.Проскуряков, М.А.Миканадзе// Вестник машиностроения, 1963, №7. – С.44-46.
4. Проскуряков Ю.Г. Объемное дорнование отверстий/ Ю.Г.Проскуряков и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 234 с.
5. Проскуряков Ю.Г. Дорнование цилиндрических отверстий с большими натягами. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1982. – 168 с.