УДК 621.833

Б. С. СТЕЦІВ

АНАЛІЗ ПЕРВИННИХ ПОХИБОК, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ПРОФІЛІВ КУЛАЧКІВ НА ВЕРСТАТІ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Кулачок — це деталь складної конфігурації з ділянками, що відповідають необхідним законам періодичного руху (ЗПР) веденої ланки, відхилення від якого повинно бути мінімальним. Проведемо аналіз первинних помилок, які вносяться у програмоносій при його виготовленні та механізмом подач верстата для випадку прямокутних координат. Нехай задано точку M (рис. 1) теоретичного профілю кулачка (положення центра фрези) з координатами x_i і y_i. Значення кожної з координат можна відобразити тільки цілим числом кроків, отриманих внаслідок ділення відповідної координати на крок з округленням до найближчого цілого числа, а алгебраїчна різниця між дійсною координатою і бажаною буде помилкою у значенні цієї координати

$$_\Delta x = n_x \cdot \delta_x - x_{\text{ц}};\quad _\Delta y = n_y \cdot \delta_y - y_{\text{ц}}, \tag{1}$$

де $_\Delta x$, $_\Delta y$ — похибки координат центра фрези по відповідних осях; n_x, n_y — число цілих кроків по осях; $x_{\text{ц}}$, $y_{\text{ц}}$ — координата центра фрези для ідеального випадку; δ_x, δ_y — крок по відповідних координатах.

Похибки в координатах центра фрези не наочні, тому розглянемо значення похибок в радіусах-векторах центрової кривої профілю кулачка. Зупинимося на конкретному прикладі кулачкового механізму з такими геометричними параметрами: $b_{\text{р}} = l = 250$ мм; $\gamma_\Sigma = 10°$; $r_0 = 70$ мм; $\varphi_y = \varphi_{\text{пр}} = 180°$ і $\gamma_0 = 16{,}096°$. Відповідні біжучі значення радіусів-векторів визначаємо за формулами косинусів

$$r_{ki} = \sqrt{l^2 + b_{\text{р}}^2 - 2lb_{\text{р}} \cos\left(\gamma_0 + a_{\text{к}}\gamma_\Sigma\right)}. \tag{2}$$

Далі знаходимо координати центра фрези

$$x_{\text{ц}} = r_{ki} \cdot \cos(\varphi_i + \xi_i);\quad y_{\text{ц}} - r_{\text{к}i} \cdot \sin(\varphi_i + \xi_i), \tag{3}$$

де φ_i — кут повороту кулачка $\varphi_i = k\varphi_y$; ξ_i — кутова поправка, що враховує рух коромисла по дузі [2].

Визначаємо число повних кроків у кожній з координат, округляємо і виражаємо значення цих координат цілим числом кроків. Шукаємо радіус-вектор, що відповідає даному положенню ріжучого інструменту, і знаходимо похибку у його значенні

$$_\Delta r_{\text{к}} = r_{ki} - r_{ni} = r_{ki} - \sqrt{(n_x \cdot \delta_x)^2 + (n_y \cdot \delta_y)^2}, \tag{4}$$

де r_{ni} — радіус-вектор виготовленого кулачка.

Відповідно до зміни координат центра фрези змінюється і кутова координата радіуса-вектора кулачка, що призводить до спотворення ідеального ЗПР, тобто отримаємо похибку в русі веденої ланки. Визначимо цю координату

$$\psi_{ni} = \arcsin \frac{n_y \cdot b_y}{r_{ni}} . \quad (5)$$

Взявши до уваги рух центра ролика і рекомендації К. В. Тіра [2], можемо записати

$$\psi_{ni} = n \cdot \varphi_y + \mathrm{ars\,tg}\left(\frac{b_p \sin \gamma_{in}}{l - b_p \cos \gamma_{in}}\right) - \mathrm{arc\,tg}\left(\frac{b_p \sin \gamma_{on}}{l - b_p \cos \gamma_{on}}\right), \quad (6)$$

де $n = \frac{t_{ni}}{T_y}$ — відносний час для випадку КМ з кулачком, виготовленим на верстаті з ЧПК;

$$\gamma_{in} = \arccos\left(\frac{l^2 + b_p^2 - r_{ni}^2}{2lb_p}\right);$$

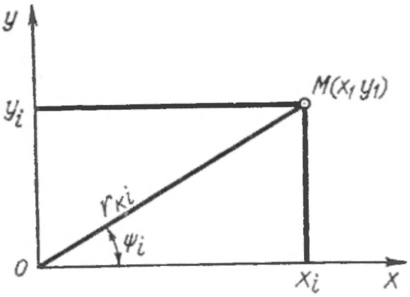

Рис. 1. Координати центра фрези в системі прямокутних (декартових) координат.

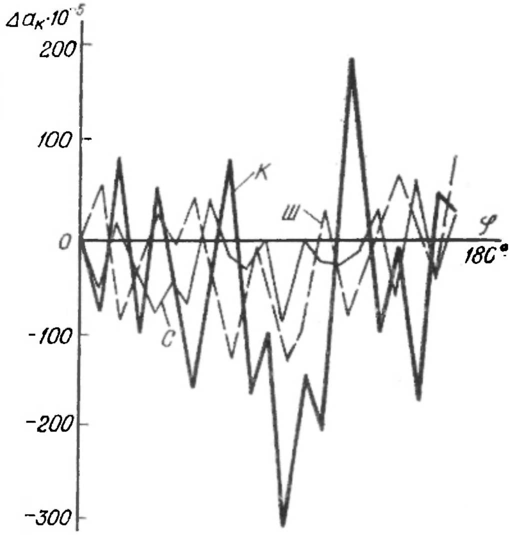

Рис. 2. Графік відхилення позиційного інваріанта переміщень залежно від ЗПР.

$$\gamma_{on} = \arccos\left(\frac{l^2 + b_p^2 - r_{no}^2}{2lb_p}\right);$$

r_{no} — початковий радіус-вектор кулачка.

Підставивши відповідні величини, визначаємо відносний час n. Шляхом підстановки цього значення у формулу (2), наприклад $a_k = \frac{1 - \cos \pi_k}{2}$ (для ЗПР косинусоїда), отримаємо позиційний інваріант подібності, який порівняємо з обчисленим за формулою

$$a_n = \frac{\gamma_{in} - \gamma_{on}}{\gamma_{\Sigma n}}, \quad (7)$$

де $\gamma_{\Sigma n} = \arccos\left(\frac{l^2 + b_p^2 - r_{kn\,max}^2}{2b_p l}\right) - \gamma_{on}$; $r_{kn\,max}$ — максимальний радіус-вектор кулачка, виготовленого на верстаті з ЧПК.

Алгебраїчна різниця $\Delta a_k = a_n - a_k$ відображає первинну похибку, яка вноситиметься у рух веденої ланки порівняно з бажаним ЗПР. Взявши першу і другу похибку від різниці, отримуємо позиційні інваріанти швидкостей і прискорень для випадку абсолютно жорсткої веденої ланки.

Розрахунки проводились для трьох ЗПР [2]: діаграма прискорень — косинусоїда, діаграма прискорень — синусоїда, поліном Шупа і $\delta_x = \delta_y = 0{,}25$ мм. Отримані результати зображені у вигляді графіка (рис. 2). Дійсні значення похибок можна отримати, помноживши ці величини на відповідний модуль

$$_\Delta\bar{\gamma} = {}_\Delta a_k \cdot \gamma_\Sigma. \tag{8}$$

Слід вказати, що замість значень γ_Σ і φ_y потрібно підставляти тільки ті значення параметрів, які закладені у попередній умові. Для наведеного випадку $\gamma_\Sigma = 10°$; $\varphi_y - 180°$; $\gamma_o = 16{,}096°$. У інших випадках необхідно робити відповідні перерахунки.

З аналізу графіка (рис. 2) можна зробити наступні висновки: найбільші відхилення позиційного інваріанта переміщень спостерігаємо посередині фазового кута; найбільші відхилення, характерні для ЗПР, — косинусоїда; всі похибки мають хаотичний характер, що пов'язане з малою дискретністю розрахунків, які проводилися.

Список літератури: 1. *Локтева С. Е.* Станки с программным управлением. — М.: Машиностроение, 1979. 2. *Тир К. В.* Механика полиграфических автоматов. — М.: Книга, 1965.

The article suggests the method of determining the primary errors, which may occur while processing the cams profiles. The method for determining the depentaence of primary errors upon the applied periodical movement law is also considered.

Стаття надійшла до редколегії 07. 12. 82