УДК 621.833:621.9.07

Данильченко Ю.М., докт. техн. наук, професор
Щоголь А.О., магістр
Петришин А.І., канд. техн. наук
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», yumd@i.ua

ОЦІНКА ПОХИБОК СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗУБЧАСТОГО ПРОФІЛЯ ЧЕРВ'ЯЧНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Оцінка точності оброблення на металорізальних верстатах зазвичай базується на моделюванні геометричних похибок та їх прогнозуванні із використанням відомих методів теоретичної механіки та теорії механізмів, насамперед методу координатних перетворень теорії багатотільних систем [1].

Одним з рідновидів реалізації цієї теорії є метод оцінки точності формоутворення за функцією формоутворення, що пов'язує переміщення ланок формоутворювальної системи з траєкторією руху точок інструменту відносно оброблюваної деталі, тобто фактично є рівнянням оброблюваної поверхні із n+m змінними, якими задаються рухи ланок і форма інструменту [2]. Отримана за методикою [2] функція формоутворення може використовуватись як для генерації множини компонувань верстатів з ідентичними формоутворювальними можливостями, так і для оцінки можливостей застосування альтернативних (неочевидних) схем формоутворення.

Проведено порівняння формоутворення прямозубого колеса черв'ячним інструментом (хоном) за класичною схемою оброблення за методом огинання на зубофрезерному верстаті (рис. 1, а) та універсальному консольно-фрезерному верстаті із установкою оброблюваного колеса на спеціальному пристосуванні, встановленому на столі верстату під кутом β до горизонталі та його обертанні інструментом за рахунок сил тертя в зачепленні (рис.1, б). Геометрична модель черв'ячного інструменту наведено на рис. 2.

З урахуванням порядку перетворення координат при послідовному переході від системи координат оброблюваного колеса до системи координат інструмента (рис. 1), математичні моделі формоутворюючої системи (ФС) верстатів будуть такими:

зубофрезерного верстата:

$$\overrightarrow{r_o} = A^6(\varphi)A^3(S)A^2(-h)A^5(\beta)A^4(\psi_1)\,\overrightarrow{r_i} \qquad (1)$$

де φ – кут повороту оброблюваного колеса; ψ_1 - кут повороту інструменту; β – кут установки інструменту, рівний куту підйому гвинтової лінії черв'яка; s – рух вертикальної подачі стола верстату; h – міжосьова відстань інструмента і оброблюваного колеса, яка встановлюється висуванням піноль фрезерного шпинделя.

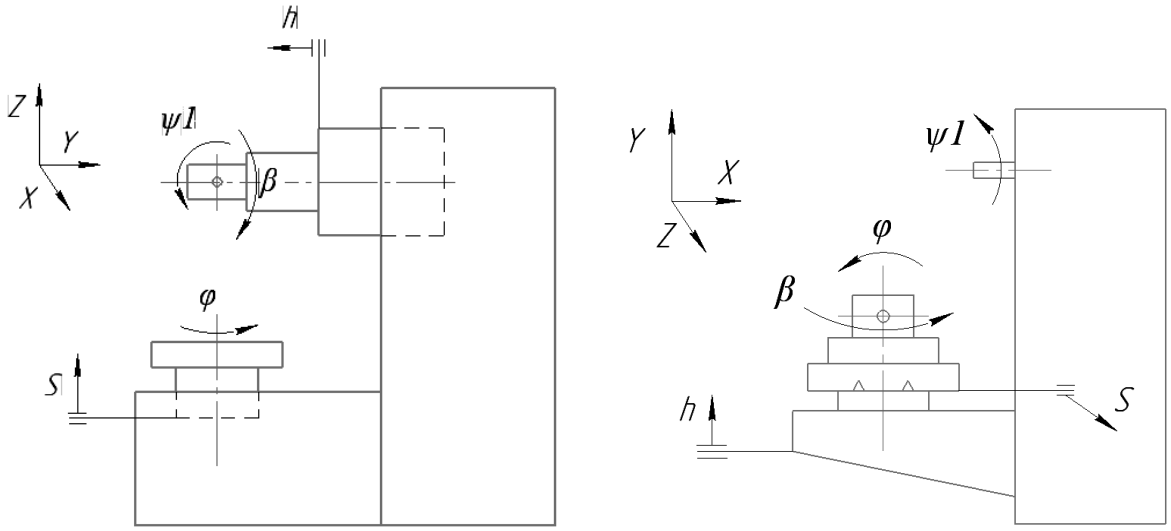
універсального консольно-фрезерного із установкою оброблюваного колеса на спеціальному пристосуванні:

$$\overrightarrow{\mathrm{r_o}} = \mathrm{A^6(\varphi)A^5(\beta)A^3(S)A^2(h)A^4(\psi_1)}\overrightarrow{\mathrm{r_1}} \qquad (2)$$

де φ – кут повороту оброблюваного колеса; ψ_1 - кут повороту інструменту; β – кут установки пристосування на столі верстату, рівний куту підйому гвинтової лінії черв'яка; s – рух поздовжньої подачі стола верстату; h – міжосьова відстань інструмента і оброблюваного колеса, яка встановлюється вертикальним рухом консолі верстату

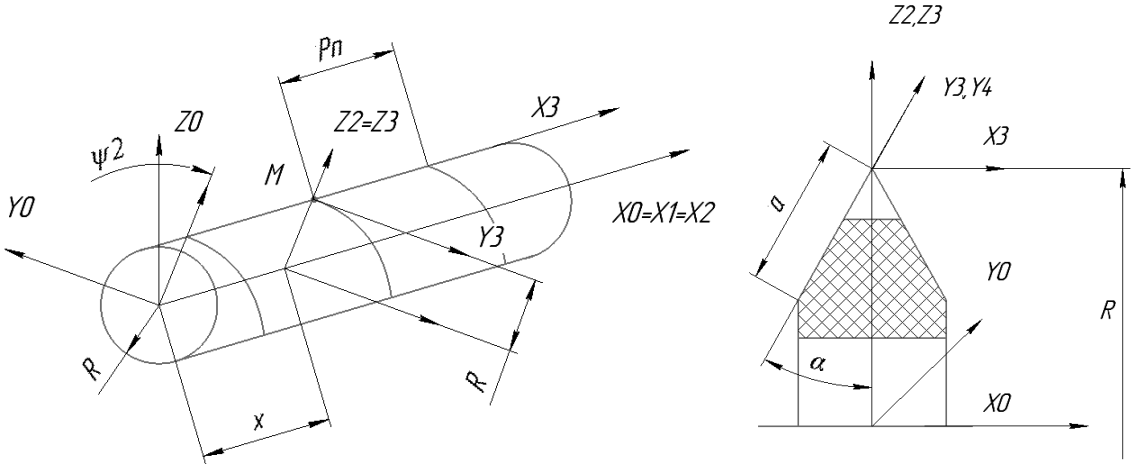
Математична модель інструменту $\overrightarrow{r_i}$ визначається порядком перетворення координат при послідовному переході від початкової системи координат інструменту до системи координат точок на його робочих поверхнях (рис. 2), [3]:

$$\overrightarrow{r_i} = A^4(\psi_2)A^1(x)A^3(R)A^5(\pm\alpha)A^3(-a)\,\overrightarrow{e^4} \qquad (3)$$



а) б)

Рис. 1 – Компонування верстатів: а) зубофрезерного; б) універсального консольно-фрезерного із установкою оброблюваного колеса на спеціальному пристосуванні



а) б)

Рис. 2 – Геометрична модель черв'ячного інструменту: а) схема черв'яка; б) профіль черв'яка

Враховуючи те, що математична модель інструменту (3) для порівнюваних схем формоутворення однакова, висновок про умови ідентичності цих схем можна зробити за математичними моделями (1) і (2) формоутворюючої системи. В даному випадку ідентичність може бути досягнута лише за умови узгодження руху *s* поздовжньої подачі стола консольно-фрезерного верстату з обертанням ψ_1 інструменту, тобто потребує безступінчастого регулювання цих рухів.

Список посилань

1. Zhou Tan, Liao Yinghua, Jiang Jie et al. A Method of Sensitivity Analysis and Precision Prediction for Geometric Errors of Five-axis Machine Tools Based on Multi-body System Theory, 2022, https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1301469/v1

2. Reshetov DN, Portman VT (1988) Accuracy of machine tools. ASME-Press, New York, p. 304.

3. Данильченко Ю.М. Формоутворення зубчастого профіля черв'ячним інструментом / Ю.М.Данильченко, А.В.Кривошея, А.О. Щоголь // КЗЯТПС – 2023: матеріали МНПК, НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – Т. 1. – С.226-227.