

УДК 621.9.077

І.І. Павленко, д.т.н., проф.
 Кіровоградський державний технічний університет

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛООБРОБНІ ВЕРСТАТИ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ

В статті розглянуті питання встановлення загальної послідовності та конкретних особливостей розрахунку точності встановлення деталей на металообробні верстати промисловими роботами.

Ринкові умови виробництва вимагають використання гнучких автоматизованих систем, які включають в себе обладнання з програмним керуванням, промислові роботи як гнучкі засоби автоматизації та комп'ютеризовані інформаційно-керуючі системи. Ефективність такого виробництва пов'язана з обґрунтованим вирішенням майже всіх питань створення та використання зазначених систем. Актуальною їх складовою є забезпечення необхідної точності функціонування роботизованих комплексів (гнучких виробничих модулів), що значною мірою залежить від точності промислових роботів.

Точність роботів є змінною величиною залежно від просторового положення ланок, маси транспортованих деталей, зусиль створюваних приводами й ін. Тому точність можна визначати як конкретну похибку роботи при конкретних вихідних умовах, або як середню величину за всіма, чи за рядом інших умов. В більшості випадків оцінку точності робота доцільно визначати за максимальною похибкою, яка може виникати при найбільш навантажених та несприятливих умовах його роботи. Важливою особливістю розрахунку точності роботів є необхідність врахування багаторазового повторення роботом виконуваного ним циклу, що відмічений вище, та інші параметри, а в результаті похибки мають змінні значення.

Загальна величина похибки позиціонування роботи (ω_p) є результатом впливу багатьох складових похибок (ω_i):

$$\omega_p = f(\omega_i).$$

Оскільки елементарні похибки в основному є випадковими величинами, то їх складання повинно виконуватись векторно:

$$\omega_p = \sum_{i=1}^n \omega_i.$$

За причинами виникнення всі складові похибки можна розділити на три основні частини:

$$\omega = \omega_k + \omega_n + \omega_m,$$

де ω_k , ω_n , ω_m – похибки, що створюються системою керування, приводами і механічною системою відповідно (рис. 1).

З урахуванням всіх елементарних похибок це рівняння можна записати:

$$\omega_p = \sum_{i=1}^n \omega_k + \sum_{i=1}^n \omega_n + \sum_{i=1}^n \omega_m.$$

Ця умова прийнятна для оцінки точності самого робота. Якщо необхідно визначити можливість робота виконувати відповідну операцію, то в цьому рівнянні необхідно додатково врахувати точність елементів технологічного середовища (ω_{TC}), в якому буде працювати робот. Тоді точність “роботооперація” буде:

$$\omega_{p-o} = \omega_k + \omega_n + \omega_m + \omega_{TC}.$$

Оскільки робот являє собою високорухому стержневу систему, то його точність необхідно визначити як за величиною лінійних похибок ($\Delta\omega$), так і кутових ($\gamma\omega$). Відповідно лінійні та кутові похибки позиціонування робота становлять:

$$\Delta\omega_p = \sum_{i=1}^n \Delta\omega_i;$$

$$\gamma\omega_p = \sum_{i=1}^n \gamma\omega_i.$$

Кожна з цих похибок може визначитись в проекціях на осі координат, в яких планується дослідження цього питання. Таким чином:

– лінійні відхилення:

$$\Delta \omega_{p_x} = \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{x_i}; \quad \Delta \omega_{p_y} = \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{y_i}; \quad \Delta \omega_{p_z} = \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{z_i};$$

– кутові відхилення:

$$\gamma \omega_{p_x} = \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{x_i}; \quad \gamma \omega_{p_y} = \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{y_i}; \quad \gamma \omega_{p_z} = \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{z_i}.$$

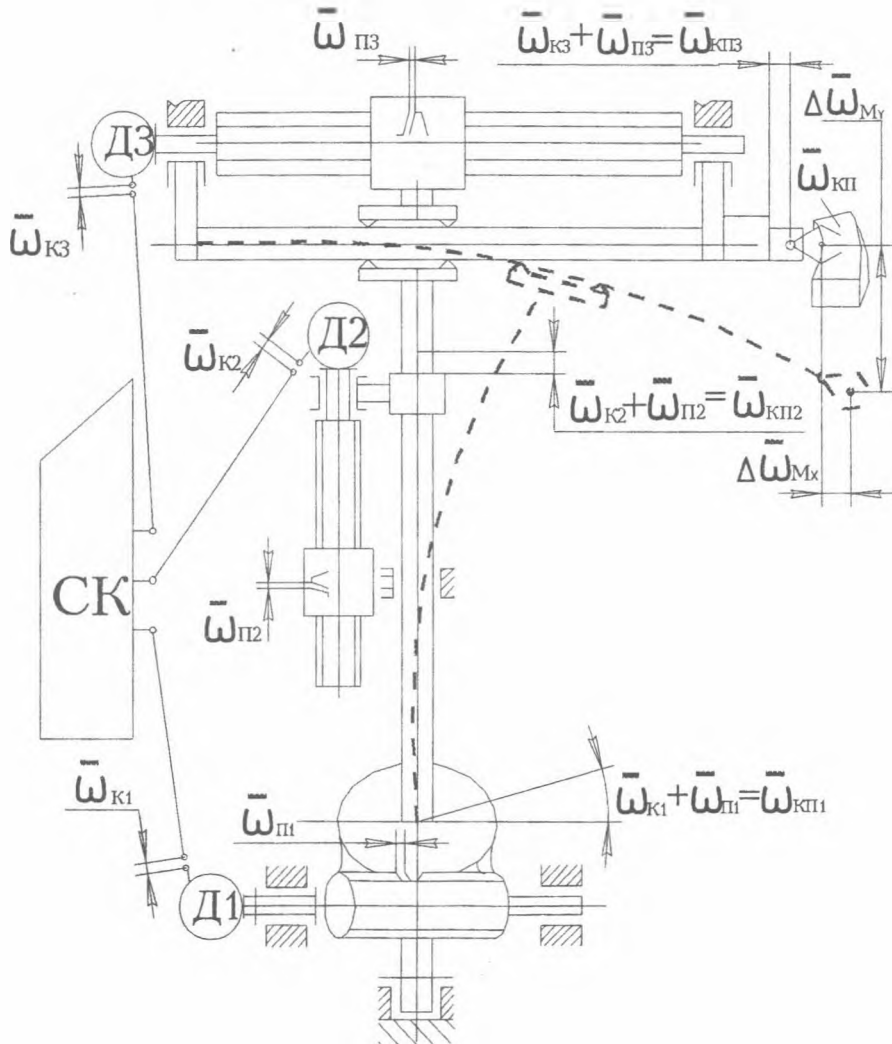


Рис. 1. Розрахункова схема робота на точність

Кожна з цих величин, в свою чергу, може бути розділена на складові частини. Так, наприклад, похибка по осі x :

$$\Delta \omega_{p_x} = \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{k_x i} + \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{п_x} + \sum_{i=1}^n \Delta \omega_{m_x};$$

$$\gamma \omega_{p_x} = \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{k_x i} + \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{п_x} + \sum_{i=1}^n \gamma \omega_{m_x}.$$

Похибки систем керування доцільно додавати до похибок приводів і подавати їх як загальну похибку руху (похибки системи керування та приводів $\omega_{кп}$):

$$\omega_k + \omega_{п} = \omega_{кп}.$$

Такі похибки мають місце на кожній сходинці рухомості робота і вони визначають величину відхилень рухомих ланок у напрямку здійснюваних ними рухів. Тому область реального

розташування розрахункової точки робочого органу буде визначатись міні-зоною, яка за формою подібна до робочої зони робота, що формується рухами руки робота (рис. 1). До цих похибок рухів необхідно додати похибки, які вносяться ступенями рухомості основи, кисті та іншими специфічними рухами, якщо вони є в даному роботі.

На ці похибки рухів накладаються похибки, що вносяться механічною системою. Тоді точність робота можна розглядати як складову двох частин:

$$\omega_p = \omega_{кп} + \omega_M .$$

З врахуванням похибок технологічного середовища точність "роботооперація" буде:

$$\omega_{p-o} = \omega_{кп} + \omega_M + \omega_{ТС}$$

Похибки механічної частини складаються з похибок (неточностей) її виготовлення (ω_{MT}), включаючи наявність зазорів в з'єднаннях (опорах) ланок; деформацій системи ($\omega_{МД}$); зношування ланок конструкції ($\omega_{ЗМ}$) та ін.

Тоді

$$\omega_M = \sum_{i=1}^n \omega_{MT_i} + \sum_{i=1}^n \omega_{MD_i} + \sum_{i=1}^n \omega_{MZ_i} .$$

Подальший аналіз точності робота та точності завантаження ним деталей на технологічне обладнання необхідно виконувати з врахуванням особливостей програмування його рухів. Якщо для робота характерне визначення величини переміщення безпосередньо інформацією системи керування, то загальна похибка робота буде залежати від всіх вищенаведених складових. Такі умови характерні для роботів з контурними системами керування, що має місце в універсальних роботах. В багатьох випадках ці роботи мають в приводах та інформаційно-керуючих контурах елементи зворотного зв'язку, що дозволяє виключити або зменшити деякі похибки.

В більшості роботів використовуються більш спрощені системи циклового керування, на прикладі яких розглянуто подальший процес оцінки їх точності.

Налагодження потрібних переміщень в цих роботах здійснюється регулювання упорів по кожною координатою рухів. Це дозволяє виключити багато похибок як рухів $\omega_{кп}$, так і механічної системи ω_M .

Таким чином, підсумкова точність положення робочого органу визначається як сумаю решти похибок рухів, які не компенсовані налагодженням ($\omega_{кпн} = \omega_{РН}$), так і некомпенсованих налагодженням похибок механічної системи ($\omega_{МН}$):

$$\omega_p = \omega_{РН} + \omega_{МН} .$$

До похибок $\omega_{РН}$ належать ті, які визначають похибки положень ланок в напрямку рухів, що здійснюються ними. Для таких роботів це будуть похибки налагодження упорів $\omega_{УН}$, похибки визвані деформацією упорів і ланок, що їх підтримують, а також контактними деформаціями в стиках упорів $\omega_{УД}$, похибки зношування упорів $\omega_{УЗ}$ та ін. Додаючи подібні похибки на інших ступенях рухомості одержуємо загальну величину похибок рухів.

Похибки налагодження упорів $\omega_{УН}$ являють собою випадкові значення, величини яких змінюються за законом нормального розподілу. Цьому ж закону підпорядковані й некомпенсовані похибки рухів, які викликані деформаціями упорів $\omega_{УД}$, що визначаються змінністю сил, які розвиваються приводами, й зовнішніми навантаженнями на механічну систему робота та ін. Тоді сумарне значення цих похибок буде:

$$\begin{aligned} P_{УН} X + P_{УД} X &= \frac{1}{\sigma_{УН} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X_i - m_{УН}}{2\sigma_{УН}^2}} + \frac{1}{\sigma_{УД}^2 + \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X_i - m_{УД}}{2\sigma_{УД}^2}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{\sigma_{УН}^2 + \sigma_{УД}^2} \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X_i - m_{УН} + m_{УД}}{2(\sigma_{УН}^2 + \sigma_{УД}^2)}} \end{aligned}$$

де $P(x)$ – густина ймовірності;

X_i – змінна випадкова величина;

m – середнє арифметичне відхилення (центр групування);

σ – середнє квадратичне відхилення.

Таким чином, сума цих похибок також дає випадкову величину з математичним очікуванням (середнє арифметичне відхилення):

$$m = m_{ун} + m_{уд}$$

і середнє квадратичне відхилення (дисперсію):

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ун}^2 + \sigma_{уд}^2} .$$

З урахуванням реальних умов визначаються похибки зношування та ін. Все це дозволяє оцінити вплив різних похибок на точність робота.

При визначенні елементарних похибок необхідно враховувати, що деякі, з них прямо передаються на положення робочого органу, а деякі з урахуванням передавальних відношень. Це, як правило, характерно для кутових похибок.

Розкриваючи подібним чином точність елементів технологічного обладнання, з яким працює робот, маємо можливість якісно визначити вплив всіх складових похибок та підсумкову оцінку точності завантаження роботом деталей на металообробні верстати, і відповідним чином обгрунтовано розв'язувати поставлену задачу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Павленко І.І. Оцінка точності механічної системи промислового робота // Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин. – Кіровоград: КДТУ, – 1999. – Вип. 28. – С. 90–94

ПАВЛЕНКО Іван Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування Кіровоградського державного технічного університету.

Наукові інтереси:

– промислові роботи та гнучке автоматизоване виробництво.

Подано 13.08.2003