

УДК 621.8-1/-9

Луцай Я.Ю., Кравець О.М., Гаврушкевич А.Ю.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### Особливості призначення допусків на виготовлення деталей спеціального механізму орієнтації робочого органа мобільного робота

При створенні спеціальних механізмів орієнтації робочого органа мобільного робота важливо забезпечити високу точність позиціонування при високій жорсткості та здатності до демпфування значних динамічних (імпульсних) навантажень. Розроблений нами механізм, при дотриманні якості виготовлення, здатний забезпечити зазначені вимоги.

Виготовлення сучасного механізму пов'язано з використанням вже готових виготовлених компонентів, тобто конструкцію вже закладено існуючі похибки дійсних векторів вихідних параметрів які слід враховувати. Запропонований далі метод дозволяє на стадії конструювання дослідного зразка механізму оцінити попередні значення допусків на похибки векторів вихідних параметрів окремих компонентів та оцінити їх вплив на вихідні параметри механізму в цілому.

123

Як приклад розглянемо баланс похибок спеціального механізму орієнтації робочого органа мобільного робота представленого на рис. 1.

Механізм складається з лінійного приводу 1 який у точці F приєднаний до важеля 2 а іншим кінцем до поворотної платформи (на рис. не показана). Один кінець важеля 2 кріпиться на поворотній платформі, а до іншого кінця приєднана поворотна напрямна 6.

Поворотна напрямна 6 обмежує переміщення платформи 5 протилежний кінець якої приєднаний з можливістю обертатись до верхнього кінця шатуна 3. Нижній кінець шатуна 3 кріпиться до повзуна 4. В середній частині шатун 3 та важіль 2 з'єднані поворотним шарніром (точка С). Повзун 4 рухається по лінійній напрямній яка встановлена на поворотній платформі (на рис. не показана). При переміщенні верхнього кінця штока лінійного приводу 1 змінюється кут нахилу важеля 2 (кут  $\alpha$ ). При цьому переміщується поворотна

напрямна 6 і верхній кінець шатуна 3. За рахунок цього змінюється кут нахилу платформи (5).

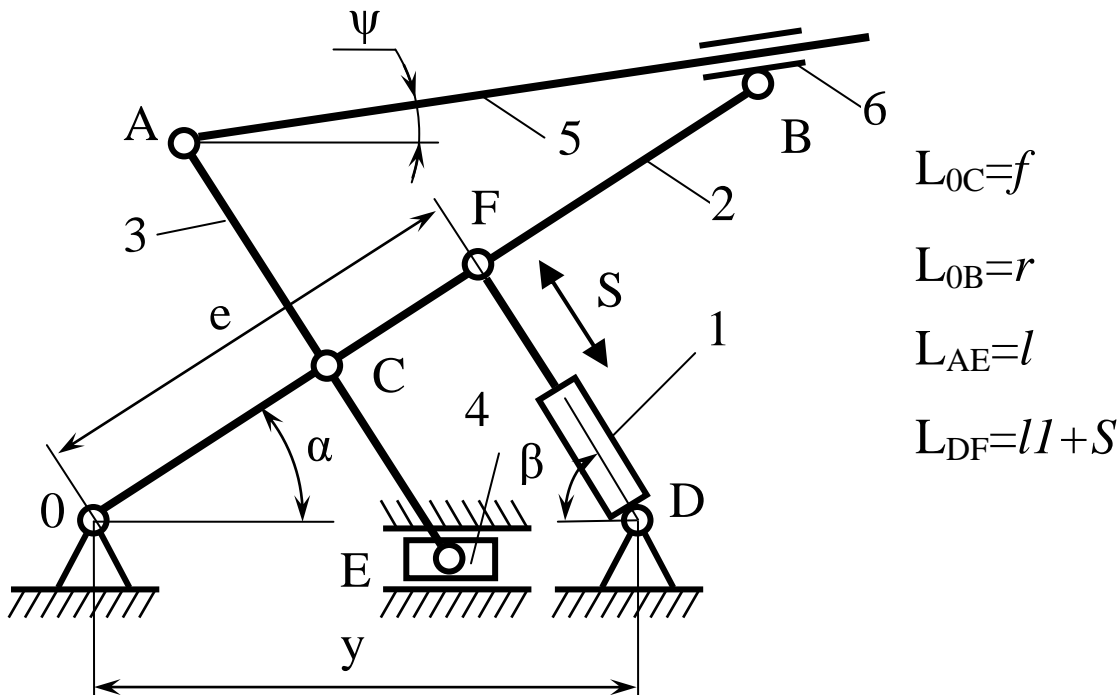


Рис. 1 Спеціальний механізм орієнтації робочого органа

124

За функціонал точності прийємо подвоєне значення практичної граничної похибки механізму. В нашому випадку

$$F = 2(|\Delta_{\psi_{\text{ср}}}| + \xi_{\psi}); \quad (1)$$

де

$\Delta_{\psi_{\text{ср}}}$  – середня похибка кутового положення вихідної ланки;

$\xi_{\psi}$  - гранична похибка кутового положення вихідної ланки.

Приймаючи математичне очікування похибок всіх ланок і кінематичних пар такими, що дорівнюють нулю, а їх взаємний вплив рівнозначним (коефіцієнт впливу дорівнює одиниці) вираз для функціонала точності отримає наступний вигляд

$$F = 2\cos(\beta)^{-1}(\Delta_e^2 \sin(\beta)^2 + \Delta_2^2 \cos(\beta)^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{23}^2 \cos(\alpha)^2 + \Delta_{35}^2 \cos(\psi)^2 + \dots + \Delta_{12}^2 \sin(\beta)^2 + \Delta_1^2 + \Delta_1^2 \sin(\beta)^2 + \Delta_y^2 \cos(\beta)^2 + \Delta_{26}^2 \cos(\alpha)^2 + \Delta_{56}^2 \cos(\psi)^2)^{0.5} \quad (2)$$

де

$\Delta_e, \Delta_2, \Delta_1$  – похибки допусків виготовлення ланок 1, 2 та (розмір e);

$\Delta_{ij}$  ( $i, j=1, 2, \dots, 6$ )- половина допуску на зазор в кінематичних парах, які утворені відповідними ланками.

Якщо відоме значення функціонала точності  $[F]$  яке забезпечує необхідний рівень якості функціонування механізму, рівняння (2) можна привести до нормалізованого вигляду

$$\begin{aligned} \Delta_e^2 a_1^{-2} + \Delta_2^2 a_2^{-2} + \Delta_2^2 a_3^{-2} + \Delta_{23}^2 a_4^{-2} + \Delta_{35}^2 a_5^{-2} + \Delta_{12}^2 a_6^{-2} \\ + \Delta_1^2 a_7^{-2} + \Delta_1^2 a_8^{-2} + \Delta_y^2 a_9^{-2} + \dots + \Delta_{26}^2 a_{10}^{-2} + \Delta_{56}^2 a_{11}^{-2} = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

де

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.5[F]ctg(\beta); & a_2 &= 0.5[F]cos(\beta)cos(\alpha); & a_3 &= 0.5[F]cos(\beta); \\ a_4 &= 0.5[F]cos(\beta)sin(\alpha); & a_5 &= 0.5[F]tg(\beta); & a_6 &= 0.5[F]sin(\beta)sin(\alpha); \\ a_7 &= 0.5[F]sin(\alpha); & a_8 &= 0.5[F]sin(\beta)sin(\psi); & a_9 &= 0.5[F]tg(\alpha); \\ a_{10} &= 0.5[F]cos(\beta)cos(\alpha); & a_{11} &= 0.5[F]tg(\alpha); \end{aligned}$$

Пошук оптимальних значень здійснюємо за допомогою методу множників Лагранжа [1,2]. Складаємо систему рівнянь

$$\Delta_i a_j^2 = \frac{1}{2\lambda} \quad (i = e, y, 1, 12, 2, 23, 26, 35, 56; j = 1, 2, \dots, 11) \quad (4)$$

З урахуванням системи (3) систему (4) можливо перетворити до вигляду

$$\sum \Delta_i = 2\lambda \sum a_j^2 \Delta_i^2 = 2\lambda.$$

Після перетворення отримаємо вирази для визначення мінімальних значень допусків на відхилення розмірів

$$\Delta_i = \frac{a_i^2}{\sqrt{\sum_{j=1}^{11} a_j^2}} \quad (i = e, y, 1, 12, 2, 23, 26, 35, 56; j = 1, 2, \dots, 11)$$

На основі представлених залежностей були виконані розрахунки які дозволили визначити допуски розмірів основних деталей та значення зазорів в кінематичних парах механізму. Запропонована методика може бути використана для нескладних механізмів на попередньому етапі. Основною її

перевагою є невисока складність. Основним її недоліком є те, що вона не дозволяє виконувати оптимізаційні розрахунки і може застосовуватись тільки на попередньому етапі і не враховує протиріччя у технологічних вимогах які виникають при призначенні допусків на похибки елементів маніпуляційних систем.

#### Висновки:

1. Найбільший вплив на кінцеву похибку механізму чинить допуск на виготовлення деталей кінематичної пари що з'єднує ланки 2 та 3 ( $\Delta_{23}$ ).
2. Найменший вплив на кінцеву точність механізму чинить допуск на похибку виготовлення напрямних по яких переміщується ланка 4.
3. Величини допусків на виготовлення деталей всіх ланок механізму цілком прийнятні з технологічної точки зору і дозволяють легко виготовити всі деталі механізму.

#### Список використаних джерел

1. SR, Ramesh & Jayaparvathy, R.. (2019). Artificial neural network model for arrival time computation in gate level circuits. *Automatika*. 60. 397-404. 10.1080/00051144.2019.1631568. 126
2. Neiroukh, Osama & Song, Xiaoyu. (2007). Improving the Process-Variation Tolerance of Digital Circuits Using Gate Sizing and Statistical Techniques.
3. Бахрушин В.Є. Математичне моделювання: Навч. посіб. – Запоріжжя: ГУ «ЗІДМУ», 2004. – 140 с.
4. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій : підручник / Ю. П. Зайченко. – К. : ВІПОЛ, 2000.