

УДК 621.865.8

В.П. Ковальчук, В.О. Кравець, О.М. Кравець

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

### **Орієнтація мобільної платформи робото-технічного модуля**

В теперішній час розробки робото-технічних систем перейшли від створення дослідних і малосерійних зразків до серійного виробництва і активно впроваджуються у військовій сфері найбільш розвиненими країнами. В наш час розробка конструкцій та технологій військової робототехніки є одним з пріоритетних напрямків при виготовленні нових зразків озброєння та військової техніки і вдосконалення та модернізації існуючих.

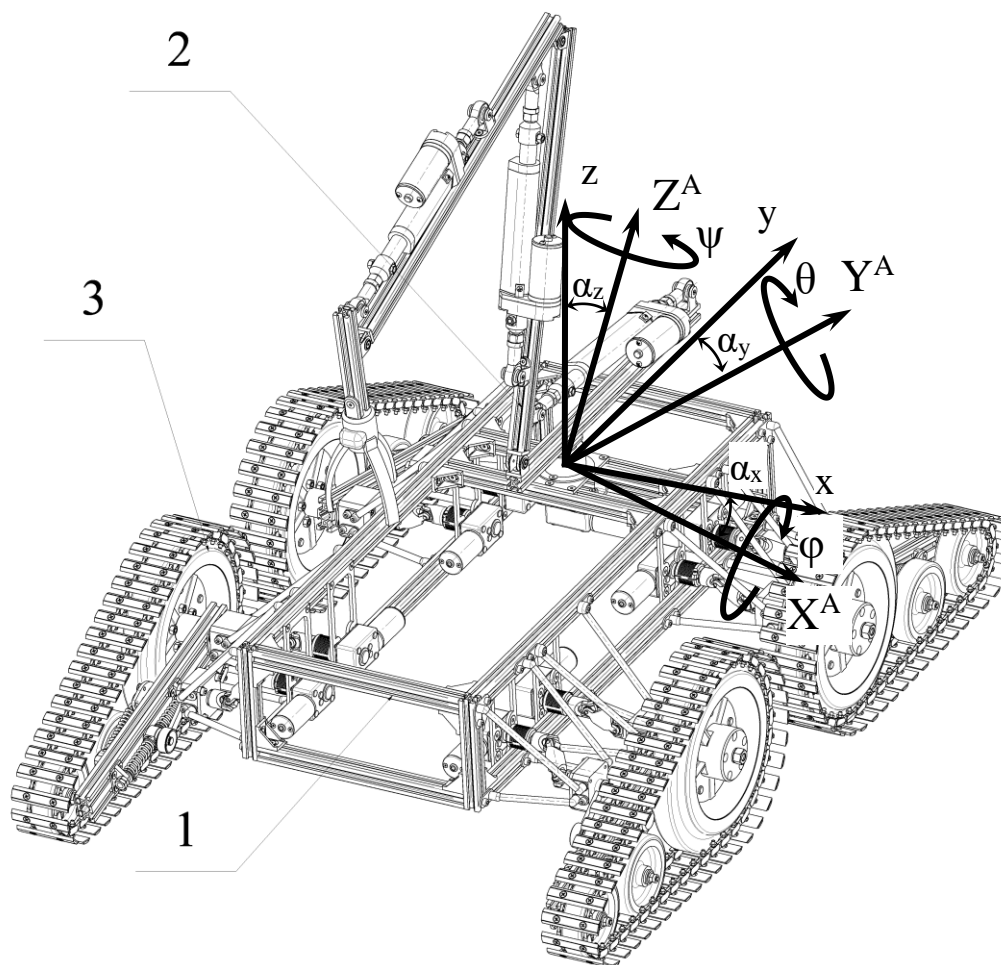
В нашій країні і за кордоном провадяться дослідження в області розробки та створення робото-технічних комплексів морського, наземного і повітряного базування. Розвиваються нові технології у військовій робототехніці в області збільшення надійності та ефективності систем управління, захищеності від шуму та несанкціонованого доступу каналів зв'язку, підвищення автономності та безпеки використання.

Призначення сучасних військових робото-технічних систем - це заміна людини в бойових умовах з метою збереження людського життя, або для виконання робіт в умовах які несумісні з можливостями людини. Функції та можливості сучасних військових роботів полягають в: розвідці сил і засобів противника, пошук снайперів, знищення технічних засобів і живої сили за допомогою бортової зброї, виявлення та відстеження цілей, нейтралізація та знешкоджування вибухових пристроїв, розмінування місцевості, хімічна, біологічна і радіаційна розвідка, радіоелектронна боротьба, доставка вантажів, (поранених та боєприпасів).

Сучасні робото-технічні системи, як правило, представляють собою мобільні електромеханічні платформи з телекеруванням, що оснащені програмно-апаратними засобами, що дозволяють автоматично виконувати ряд задач без участі оператора. Наземні роботи можуть автоматично сканувати особливості рельєфу місцевості, огинати чи долати перешкоди, виконувати орієнтацію на місцевості за допомогою використання програмно-апаратних засобів технічного зору і супутникової навігації, автоматично виконувати

переміщення по маршруту що з'єднує дві точки, виявляти та ідентифікувати цілі за заданими параметрами. Оператор у цих випадках тільки контролює дії машини. Управління оснащенням (маніпулятором чи озброєнням) здійснюється в ручному режимі.

Задачею даного дослідження є виявлення деяких особливостей керування мобільною платформою робото-технічного модуля з чотирма керованими фліперами (рис. 1).



214

Рис. 1 Системи координат пов'язані з приводами платформи робото-технічного модуля

Платформа модуля 1 зв'язана з системою координат  $xuz$  поворотної площадки на якій встановлено маніпулятор 2. Абсолютна система координат  $X^A Y^A Z^A$  пов'язана з поверхнею землі.

У загальному випадку орієнтування платформи, здійснюється комбінацією поворотів навколо абсолютної системи координат  $X^A Y^A Z^A$ . Кути, які описують обертання навколо трьох осей абсолютної системи координат (кути  $\varphi$ ,  $\theta$  і  $\psi$  на рис. 1) називають кутами Крилова [3]. Необхідно відзначити,

що в різних областях техніки кути Крилова називають по-різному [3]. В робототехніці зазвичай користуються поняттями кутів чистого обертання, прецесії і нутації [3].

Значення кутів Крилова якраз і будуть нести інформацію про шуканий складі орієнтуючих рухів. Таким чином, щоб визначити значення кутів орієнтуючих рухів необхідно вирішити задачу визначення значень кутів Крилова.

Величини кутів Крилова пропонується визначати наступним чином. Матриці  $\Phi$ ,  $\Theta$  і  $\Psi$  описують власні обертання в тривимірному евклідовому просторі щодо координатних осей  $X^A$ ,  $Y^A$  і  $Z^A$  відповідно

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\Theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\Psi = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матриця  $A$ , що описує обертання щодо трьох осей  $X^A$ ,  $Y^A$  і  $Z^A$ , визначається як добуток трьох матриць, кожна з яких описує обертання навколо однієї осі абсолютної системи координат. Індекс у символі  $A_{\Psi\Theta\Phi}$  позначає послідовність виконання поворотів.

$$\begin{aligned} A_{\Phi, \Theta, \Psi} &= \Phi \cdot \Theta \cdot \Psi, \\ A_{\Phi, \Psi, \Theta} &= \Phi \cdot \Psi \cdot \Theta, \\ A_{\Psi, \Phi, \Theta} &= \Psi \cdot \Phi \cdot \Theta, \\ A_{\Psi, \Theta, \Phi} &= \Psi \cdot \Theta \cdot \Phi, \\ A_{\Theta, \Psi, \Phi} &= \Theta \cdot \Psi \cdot \Phi, \\ A_{\Theta, \Phi, \Psi} &= \Theta \cdot \Phi \cdot \Psi. \end{aligned} \quad (4)$$

Підставивши значення з (1)-(3) в перше рівняння системи (4) отримуємо результуючу матрицю  $A$ , що задає положення осей локальної системи координат  $xyz$ , пов'язаної з мобільною платформою, відносно осей абсолютної системи координат  $X^A Y^A Z^A$  при комбінації послідовності обертальних рухів  $\Phi \ominus \Psi$ .

$$A_{\Phi, \Theta, \Psi} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \cdot \cos(\psi) & -\cos(\theta) \cdot \sin(\psi) & \sin(\theta) \\ \sin(\varphi) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\psi) + \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) \cos(\varphi) \cdot \cos(\psi) - \sin(\varphi) \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\psi) & -\sin(\varphi) \cdot \cos(\theta) & \\ \sin(\varphi) \cdot \sin(\psi) - \cos(\varphi) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\psi) \cos(\varphi) \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\psi) + \sin(\varphi) \cdot \cos(\psi) & \cos(\varphi) \cdot \cos(\theta) & \end{bmatrix}$$

Звідси значення напрямних косинусів  $\cos \alpha_x$ ,  $\cos \alpha_y$  і  $\cos \alpha_z$ , можна визначати, користуючись наступним виразом:

$$\cos \alpha_{i,j,k} = \cos \gamma_j \cdot \cos \gamma_k \mp (i-1) \cdot (j-1) \cdot (k-3) \cdot \sin \gamma_i \cdot \sin \gamma_j \cdot \sin \gamma_k$$

де  $i, j, k$  - номери координатних осей абсолютної системи координат, відносно яких здійснюються відповідно перший, другий і третій повороти,  $i = 1, 2, 3$ ;  $j = 1, 2, 3$ ;  $k = 1, 2, 3$ ;  $i \neq j \neq k$ ;  $\gamma_i, \gamma_j, \gamma_k$  — значення кутів Кривола, відповідних осей  $i, j$  та  $k$ .

Значення самих кутів  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  и  $\alpha_z$  будуть визначені як арккосинуси напрямних косинусів. 216

Наприклад для першого рівняння системи (4) отримуємо:

$$\alpha_x = \arccos(\cos \theta \cdot \cos \psi),$$

$$\alpha_y = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \psi - \sin \varphi \cdot \sin \theta \cdot \sin \psi),$$

$$\alpha_z = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \theta).$$

Порівнявши отримані значення кутів для різних комбінацій орієнтуючих рухів ми можемо визначити варіант переміщень при якому сумарний кут переміщень буде мінімальним.

#### Висновки:

Запропонований спосіб визначення складу орієнтуючих рухів і методика опису різних положень мобільної платформи робото технічного модуля може бути використана при розробці систем автоматичного керування приводами руху та повороту фліперів. За рахунок використання представленого алгоритму можна виконувати вибір оптимальних комбінацій переміщень механізмів приводів руху, що значно підвищить енергетичну ефективність приводів та

---

знизить енергетичні витрати. Це дуже важливо для автономних систем, що змушені перевозити з собою джерела живлення.

#### Список використаних джерел

1. Стенін О.А., Лапковський С.В., Стеніна М.О. Визначення складу орієнтуючих рухів деталей// Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту/ — Житомир, 2003. — № 1 (24), С. 171 — 180.

2. Автоматизированный выбор роботов по кинематическим требованиям сборочной технологии/ В.Н.Давыгора, В.А.Кирилович. — К.: Общество “Знание” Украины, 1991. — 24 с.

3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. — М.: Наука, 1974. — 831 с.