

УДК 681.51, 621.3.07

**М. Паламар, Ю. Пастернак, М. Стрембіцький**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **КЕРУВАННЯ НАВЕДЕННЯМ АНТЕНИ З ОПОРНО-ПОВОРОТНИМ ПРИБРОМ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ СТЮАРТА**

**Вступ.** В системах космічного зв'язку для забезпечення точності наведення та супроводу космічних апаратів (КА) антенами з великим діаметром рефлекторів найважливішу роль відіграє опорно-поворотний пристрій (ОПП) антенної системи (АС). Особливо це актуально для супроводу низькоорбітальних КА дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) які пролітають весь небосхил за 10-15 хв. в межах видимості станції. Нами запропонована конструкція АС з ОПП на основі шестиступеневої платформи Стюарта, яка володіє рядом переваг порівняно з обертовими механізмами, такими як поєднання високої жорсткості та компактності, надійності, простоти конструкції, технологічності складання і обслуговування. Проте ускладнюється система керування такою антеною. Для слідкування за супутником промінь антени закріпленої на платформі повинен переміщатися в просторі в результаті паралельного узгодженого керування рухом 6 виконавчих пристроїв системи Нехарод.

**Опис алгоритму керування.** В роботі розглядається принцип керування антенною системою на основі шестиступеневої платформи Стюарта, як альтернативний варіант класичним ОПП. Розроблена програма розрахунку орбітального руху КА на основі кеплерівської моделі руху матеріальної точки навколо Землі з врахуванням ряду збурюючих факторів (гравітаційні аномалії Землі, вплив тертя верхніх шарів атмосфери, вплив сили тяжіння Сонця і Місяця) обчислює масив координат наведення азимут-кут місця  $\mathbf{R}[t_j, \alpha_j, \beta_j]$  для точки розміщення АС. Далі проводиться перетворення масиву  $\mathbf{R}[t_j, \alpha_j, \beta_j]$  у масиви зміни довжин та швидкостей руху кожного з 6 актуаторів у локальних координатах кожного з них. Для цього використано алгоритм афінного ізометричного перетворення, що широко використовується у комп'ютерній графіці  $f: \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^n$ .

$$f(\mathbf{x}) = \mathbf{M} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{v}$$

Де  $\mathbf{M}$  оборотна матриця і вектор повороту  $\mathbf{v} \in \mathbf{R}^n$

Поворот вектора  $\mathbf{v}$  на довільний кут зводимо до послідовності поворотів на кути  $\theta_x$  навколо осі  $X$  та  $\theta_y$  навколо осі  $Y$  так щоб вектор  $\mathbf{v}$  сумістився з координатною віссю  $Z$ . Після цього повертаємо об'єкт навколо осі  $Z$  на потрібний нам кут і виконуємо два попередніх повороти у оберненому порядку.

Загальна (комплексна) оборотна матриця перетворення утворюється внаслідок множення матриць перетворень по окремих осях:

$$\mathbf{M} = \mathbf{R}_x(-\theta_x)\mathbf{R}_y(-\theta_y)\mathbf{R}_z(\theta_z)\mathbf{R}_y(\theta_y)\mathbf{R}_x(\theta_x)$$

Після повороту верхньої платформи ми отримуємо нові координати верхніх точок актуаторів. Маючи координати нижніх точок обчислюємо видовження кожного актуатора яке необхідне для повороту платформи на заданий кут.

**Висновок.** Приведено опис алгоритму обчислення руху кожного із 6 актуаторів для орієнтації променя рефлектора антени, розміщеної на опорно-поворотній платформі Стюарта на розраховані просторові координати супутника на основі афінних ізометричних перетворень координат. Розроблено математичну модель ОПП і програму, яка використовується для керування дослідним взірцем антенної системи.