

## ТРЬОХЧАСТОТНІ АНАЛІТИЧНІ ЕТАЛОННІ МОДЕЛІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА

Зягун Г.Ю., Плаксіє Ю.А.

*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
м. Харків*

Провести порівняльний аналіз фактичної точності алгоритмів визначення орієнтації одного математичного порядку на етапі проектування безплатформеної інерціальної навігаційної системи (БІНС) можна тільки за допомогою спеціальних еталонних моделей обертання, які можуть бути дискретними або неперервними. Звичайно у якості неперервних еталонних моделей використовують існуючі аналітичні розв'язки сукупності динамічних і кінематичних рівнянь обертання твердого тіла (моделі конічного руху та регулярної прецесії). В даній роботі пропонуються нові неперервні моделі обертання твердого тіла, основані на тригонометричному мультиплікативному представленні модельного кватерніона орієнтації у вигляді:

$$\begin{aligned}\lambda_0(t) &= \cos(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t); \quad \lambda_{j_1}(t) = \sin(k_1 t) \cdot \cos(k_2 t); \\ \lambda_{j_2}(t) &= \sin(k_2 t) \cdot \cos(k_3 t + \beta_3); \quad \lambda_{j_3}(t) = \sin(k_2 t) \cdot \sin(k_3 t + \beta_3),\end{aligned}\quad (1)$$

де  $k_1, k_2, k_3, \beta_3$  – постійні параметри, а індекси  $j_1, j_2, j_3$  компонент векторної частини кватерніона  $A(t)$  утворюють деяку перестановку чисел (1,2,3). На основі модельного кватерніона (1) за допомогою оберненого кінематичного рівняння отримані вирази для компонент вектора абсолютної кутової швидкості твердого тіла  $\bar{\omega}(t)$  в аналітичному вигляді, а також аналітичні вирази для квазікоординат  $\theta_{ni}^* = \theta_i(t_n) - \theta_i(t_{n-1})$ ,  $i = 1, 2, 3$ , де  $\theta_i(t)$  – компоненти вектора позірного повороту  $\bar{\theta}(t) = \int_0^t \bar{\omega}(t) dt$  на такті обчислень.

Еталонна модель обертання твердого тіла, таким чином, представляє собою сукупність виразів для квазікоординат, що моделюють сигнали на виході гіроскопів на такті обчислень, та відповідні вирази для точного кватерніона орієнтації.

Отримані дві групи однотипних моделей, що різняться парністю кількості інверсій в основній перестановці індексів  $j_1, j_2, j_3$ . Показано, що за допомогою введених трьохчастотних моделей при належному виборі параметрів можна отримати достатньо широкий набір рухів об'єкта як твердого тіла. Для відомого алгоритма визначення орієнтації в БІНС четвертого порядку на запропонованих еталонних моделях при різних значеннях параметрів  $k_1, k_2, k_3, \beta_3$  отримані оцінки похибки визначення орієнтації типу дрейфу. Показано, що на різних моделях похибки мають різний характер, причому моделі, близькі до регулярної прецесії, не дозволяють в повній мірі провести аналіз всіх похибок.