

УДК 629.78

МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ КА И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «НАВИГАТОР» НА КА «ФОТОН-М» №2

Крамлих А.В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Белоконов И.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева

Рассматривается решение задачи определения ориентации КА «Фотон-М» №2, используя совместно информацию от магнитометров о напряженности магнитного поля Земли (МПЗ) и параметрах движения центра масс (ПДЦМ) полученных от навигационного приемника. Идея решения задачи определения ориентации КА заключается в следующем. Для известных в каждый момент времени ПДЦМ, в орбитальной системе координат (ОСК) по выбранной модели МПЗ находится расчетный вектор напряженности МПЗ. В тоже время в связанной с КА системе координат (ССК) при помощи магнитометров измеряется напряженность МПЗ. Зная значения векторов напряженности МПЗ в двух системах координат и используя метод векторного согласования, можно определить матрицу перехода от ОСК к ССК:

$$M_{ССК}^{ОСК} = [a_{ij}]_{i,j=1,3} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta \cdot \cos \psi & \sin \vartheta & -\cos \vartheta \cdot \sin \psi \\ \sin \psi \cdot \sin \gamma - & \cos \vartheta \cdot \cos \gamma & \cos \psi \cdot \sin \gamma + \\ -\sin \vartheta \cdot \cos \psi \cdot \cos \gamma & & + \sin \vartheta \cdot \sin \psi \cdot \cos \gamma \\ \sin \psi \cdot \cos \gamma + & -\cos \vartheta \cdot \sin \gamma & \cos \psi \cdot \cos \gamma - \\ + \sin \vartheta \cdot \cos \psi \cdot \sin \gamma & & - \sin \vartheta \cdot \sin \psi \cdot \sin \gamma \end{bmatrix}$$

ϑ – угол тангажа, ψ – угол рыскания, γ – крена.

После определения матрицы $M_{ССК}^{ОСК}$ необходимо определить углы ориентации. Для определения углов ориентации применяется теория кватернионов.

Связь элементов кватернионов с элементами матрицы описывается соотношениями:

$$\lambda_0 = \pm \frac{\sqrt{1 + a_{11} + a_{22} + a_{33}}}{2}, \quad \lambda_1 = \pm \frac{a_{23} - a_{32}}{4\lambda_0}, \quad \lambda_2 = \pm \frac{a_{31} - a_{13}}{4\lambda_0}, \quad \lambda_3 = \pm \frac{a_{12} - a_{21}}{4\lambda_0}, \quad (1)$$

связь элементов кватерниона с углами ориентации описывается соотношениями:

$$\begin{cases} v_0 = \cos \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}, & v_1 = \cos \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \\ v_2 = \cos \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2} + \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2}, & v_3 = \cos \frac{\psi}{2} \sin \frac{\vartheta}{2} \cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\psi}{2} \cos \frac{\vartheta}{2} \sin \frac{\gamma}{2}. \end{cases} \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2) можно определить углы ориентации. Угловые скорости находятся по формулам численного дифференцирования с использованием известных кинематических соотношений.

Использование разработанного алгоритма и программного обеспечения планируется провести в рамках эксперимента «Навигатор» на борту МКП «Фотон-М» №2 в мае-июне этого года.