

С. О. ПАЩЕНКО, Д. В. БРЕСЛАВСЬКИЙ, докт. техн. наук

Дослідження температурного поля в околі блока гіроскопів штучного супутника землі "січ-2"

Дана робота присвячена дослідженню температурного поля блока гіроскопів штучного супутника Землі "Січ-2", який перебуває на високій орбіті з висотою 700 км. Наведено математичну постановку задачі з урахування особливостей теплообміну, що протікає у космосі: інтенсивність теплових потоків, що надходять від сонячної сторони, моделюється у вигляді крайових умов Неймана [1]:

$$\partial u / \partial n = q(t),$$

де $\partial u / \partial n$ - проекція температурного градієнта на нормаль, $q(t)$ - інтенсивність теплового потоку, а інтенсивність радіаційного (променевого) випромінювання - шляхом крайових умов Стефана-Больцмана:

$$\partial u / \partial n = Ae\delta(T_1^4 - T_2^4),$$

де A - площа поверхні, що охолоджується, e - коефіцієнт чорноти матеріалу.

Для даної задачі корпус супутника було взято зі сплаву дюралюмінію з густиною матеріалу - $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$ та коефіцієнтом чорноти - $e = 0.04$. T_1 - поточна температура тіла, T_2 - температура оточуючого середовища. Коефіцієнти теплопровідності:

$$k_x = k_y = k_z = 160 \text{ Вт/мм} \cdot \text{К}.$$

Закон руху супутника по орбіті представлено на рисунку 1.

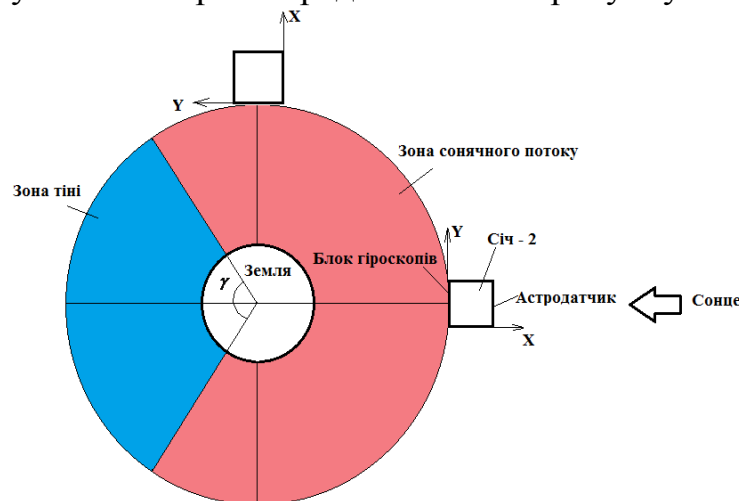


Рис. 1 – Закон руху супутника

Геометричні параметри корпусу супутника: довжина зовнішньої грані - $a = 740$ мм., внутрішньої - $b = 700$ мм. Схематично супутника наведено на рисунку 2.

Задача розв'язувалася за допомогою розробленого програмного засобу, який працює на загальних принципах скінченноелементного підходу [2].

Програма дозволяє враховувати складні нелінійні крайові умови у вигляді закону Стефана-Больцмана. Кількість елементів скінченноелементної моделі складає 8000. Розв'язання задачі проводилося в 3 етапи з різними коефіцієнтами теплоізоляції, яку було встановлено на внутрішні грані корпусу з метою відведення теплової енергії від блока гіроскопів. Інтенсивність теплового потоку на високих орбітах складає $\bar{q} = 133.6 \text{ Вт/мм}^2$ [3]. Період обертання супутника навколо Землі складає 100хв.



Рис. 2 – Штучний супутник Землі «Січ-2»

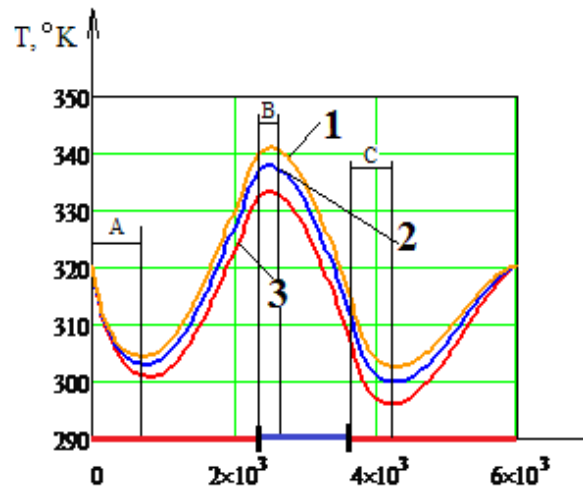


Рис. 3 – Еволюція температури

Астродатчик завжди напрямлений на земну поверхню, а корпус супутника здійснює скануючі коливання в діапазоні $\alpha = 30^\circ$ протягом 10 хв. Кут тіні Землі складає $\gamma = 100^\circ$. Час дискретизації - 10с. Схему руху наведено на рисунку 1. В ході дослідження було виявлено інерційні зони остигання і нагрівання апарату в тінювій і на сонячній стороні відповідно для всіх випадків теплоізоляції, але корпус все ж перегрівається. На рисунку 3 Крива 1 описує еволюцію температури на блоці гіроскопа з коефіцієнтом теплоізоляції $\lambda = 1$; крива 2 - $\lambda = 0.5$; крива 3 - $\lambda = 0.2$. зона А відповідає інерційному остиганню області гіроскопа після відділення супутника від ракети-носія. Зона В - це зона інерційного нагріву. С - зона інерційного нагріву, аналогічна зоні А. Для забезпечення нормального температурного функціонування, на супутник було встановлено радіаторні панелі.

Проведені чисельні дослідження продемонстрували можливості створеного програмного забезпечення для моделювання задач нестационарної теплопровідності у корпусах космічних літальних апаратів.

Список літератури:

1. Самарский А.А. Уравнения математической физики (5-е изд.)/ А. А. Самарский, А.Н.Тихонов. - М.: Наука, 1977. – 728с.
2. Морган О. Конечные элементы и аппроксимации. / О. Морган, К. Зенкевич. – М. : Мир. 1986. – 309с.
3. Санин Ф. П. Космос и технологии: Учебное пособие / Ф. П. Санин. –Д.: АРТ-ПРЕСС. 2007. – 456 с.