

ПОСТРОЕНИЕ ОРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЗЗ РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

С появлением новых типов аппаратуры на КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), такой как радиолокационная аппаратура, появился новый класс задач по оптимизации размещения нескольких аппаратов в орбитальной системе КА ДЗЗ, так как данный тип КА предполагает раздвоенную полосу обзора специальной аппаратуры. В работе рассматривается орбитальная система (ОС) радиолокационного наблюдения, состоящая из двух КА и обеспечивающая построение беспропускного покрытия земной поверхности.

Существуют два параметра в системе КА, которыми можно варьировать для расположения КА друг относительно друга (рисунок 1) [1,2]:

$\Delta\Omega$ – относительное положение КА в ОС по долготе восходящего узла (угол между орбитальными плоскостями);

ΔU – относительное положение КА в ОС в плоскости орбиты.

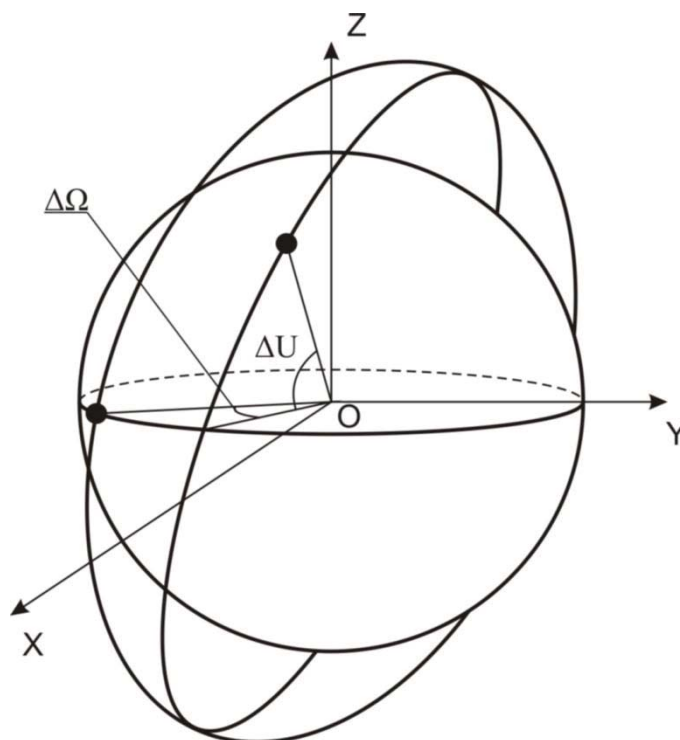


Рисунок 1 – Параметры, характеризующие относительное положение КА в орбитальной системе

Так как радиолокационные аппараты имеют раздвоенную полосу обзора, то целесообразно располагать КА №2 в орбитальной системе таким образом, чтобы закрывать существующие, не охватываемые на витке первым аппаратом, области земной поверхности (рисунок 2).

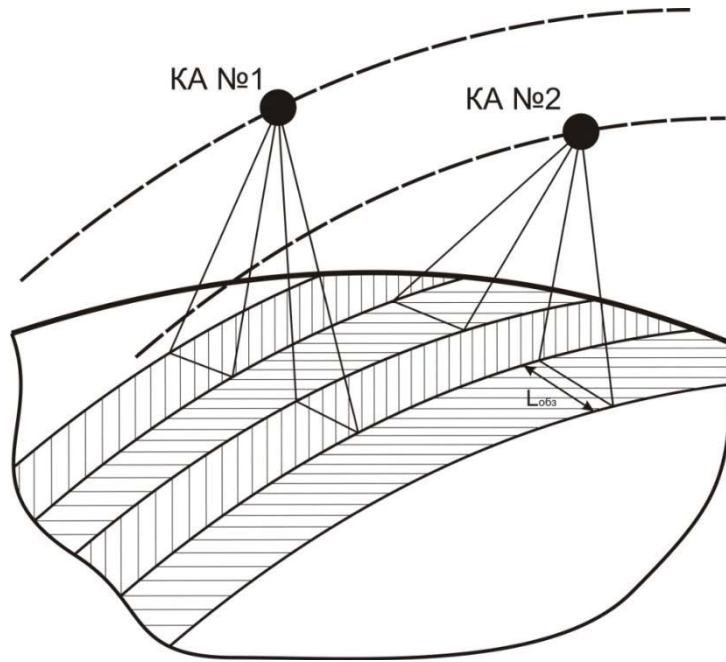


Рисунок 2 – Схема функционирования системы радиолокационного наблюдения

Ввиду особенности конструкции радиолокатора параметры орбиты данного вида спутников необходимо выбирать из класса околокруговых солнечносинхронных и около-терминаторных (на границе тени и светового пятна) орбит.

Рассмотрим определение параметров системы $\Delta\Omega$ и ΔU . Введём параметр L_k , определяющий перекрытие полос обзора ОС [3]:

$$L_k = k \cdot L_{обз}; \quad (1)$$

где k – коэффициент перекрытия, $L_{обз}$ – полоса обзора (рисунок 2).

Тогда, положив $\Delta U=0$ (рисунок 3), получим

$$S = f(L_{обз} - 2 \cdot L_k) = f(L_{обз} - 2 \cdot k \cdot L_{обз}) = f \cdot L_{обз} (1 - 2k). \quad (2)$$

Здесь $f = \frac{m}{2n} = \frac{3}{4}$, где m – количество наложений полос обзора системы, n – количество

полос обзора. В этом случае коэффициент f определяет равномерность распределения полос обзора. Тогда

$$\Delta\Omega = \frac{f \cdot L_{обз} (1 - 2k)}{R_3}, \quad (3)$$

где R_3 – радиус Земли.

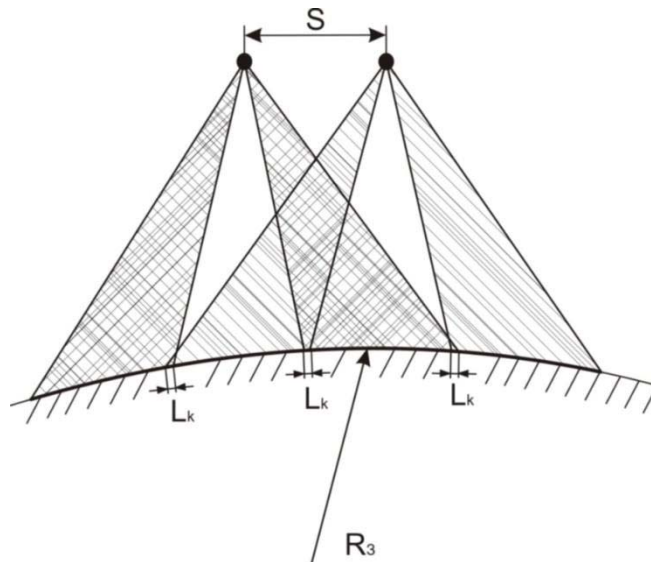


Рисунок 3 - Схема расположения КА в двух плоскостях

Рассмотрим частный случай, когда $\Delta\Omega=0$ и оба аппарата будут находиться в одной плоскости.

Пусть C - дуга, которую описывает Земля при своём вращении с угловой скоростью ω_3 за время Δt . Тогда

$$C = \omega_3 \Delta t; \quad (4)$$

В предыдущем случае по формуле (3) получен угол между двумя КА, находящимися в двух плоскостях, при котором обеспечивается равномерное покрытие земной поверхности. Другими словами, в силу того, что этот угол центральный, S является дугой между подспутниковыми точками КА №1 и №2. Тогда можно приравнять величины $\Delta\Omega$ и C и найти время Δt , за которое Земля повернётся на такой же угол:

$$\frac{f \cdot (1 - 2k) \cdot L_{обз}}{R_3} = \omega_3 \Delta t;$$

$$\Delta t = \frac{f \cdot (1 - 2k) \cdot L_{обз}}{R_3 \omega_3}. \quad (5)$$

Если необходимо, чтобы обеспечивалось равномерное покрытие земной поверхности при расположении КА №1 и №2 в одной плоскости, то ΔU будет равен углу, который получается при движении КА с результирующей угловой скоростью ω за время Δt . Так как оба аппарата движутся по одинаковым орбитам, то их угловые скорости движения $\omega_{КА}$ будут примерно равны (для номинального построения орбитальной системы). Поэтому

$$\Delta U = \omega \Delta t = \Delta t \sqrt{\omega_{КА}^2 + \omega_3^2 + 2\omega_{КА}\omega_3 \cos(i)}, \quad (6)$$

где i – наклонение орбиты.

Подставив ранее полученное выражение для Δt по формуле (5), получим формулу для вычисления ΔU (при условии обеспечения равномерности покрытия земной поверхности двумя КА):

$$\Delta U = \sqrt{\omega_{КА}^2 + \omega_3^2 + 2\omega_{КА}\omega_3 \cos(i)} \cdot \frac{f \cdot (1-2k) \cdot L_{обз}}{R_3 \omega_3}. \quad (7)$$

Таким образом, вычисленный по формуле (7) угол ΔU , обеспечивает беспропускное покрытие земной поверхности системой ДЗЗ радиолокационного наблюдения, состоящей из двух КА, расположенных в одной орбитальной плоскости.

При построении орбитальной системы ДЗЗ радиолокационного наблюдения наиболее рационально выбирать схему расположения аппаратов в одной плоскости, так как такая структура жёстко не ограничивает положения КА друг относительно друга по параметру ΔU . Допускается некоторый интервал отклонений ΔU , в котором перекрытие полосами обзора сохраняется. Для случая построения орбитальной системы радиолокационного наблюдения с расположением КА в двух орбитальных плоскостях возникают энергетические проблемы с обеспечением устойчивости полученного перекрытия.

Библиографический список

1. Баринов К.Н., Бурдаев М.Н., Мамон П.А. Динамика и принципы построения орбитальных систем космических аппаратов. Москва, "Машиностроение", 1975. 232 с.
2. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. Москва, "Наука", 1977. 360 с.
3. Бирюков А.В. Анализ вариантов построения орбитальных группировок космических аппаратов ДЗЗ. // Материалы XXXVIII академических чтений по космонавтике "Актуальные проблемы российской космонавтики", 2014 г. – С. 404-405.