

УДК 629.7.076.6, 629.7.022

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ДВИЖЕНИЕ ГРУППЫ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА НИЗКИХ ОКОЛОКРУГОВЫХ ОРБИТАХ

Попов Д. А., Шулепов А. И.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Целью работы является создание программного обеспечения, реализующего решение задачи размещения малых космических аппаратов (МКА) на платформе (адаптере) выведения, отделения и моделирование орбитального движения при различных схемах отделения.

На положение центра масс платформы (в нашем случае адаптер с установленными МКА) накладываются следующие ограничения [1,2]:

- 1) в процессе орбитального полёта для обеспечения устойчивости и управления движением платформы;
- 2) в процессе отделения МКА от платформы для выведения на требуемые рабочие орбиты.

Учитывая ограничения, задача сформулирована в следующем виде: необходимо выбрать параметры платформы-адаптера и компоновки МКА из условия обеспечения центровки, отсутствия соударений в процессе их отделения и при движении (автономном полёте).

В качестве математической модели описания платформы и МКА выбраны поверхности не выше второго порядка. Задача выбора порядка размещения и отделения МКА решается по следующему алгоритму.

Функция цели размещения МКА по заданному центру масс представлена в виде

$$\Phi^*(X_{0i}) = m_k \min_{u_k \in G_k} \left| (u_k - u_0) - C_k \frac{F_{k-1}(u_{k-1})}{m_k} \right| \quad (1)$$

при ограничениях, характеризующих условие существования размещения на платформе, а именно, связь МКА с платформой (размещение на поверхности адаптера), непересечение МКА друг с другом и платформой и размещение МКА на расстоянии R друг от друга:

$$f(u) = 0, \quad \varphi(u) \geq 0, \quad \varphi(u) + R = 0; \quad (2)$$

$$F_{k-1}(u_{k-1}) = - \sum_{i=1}^{k-1} m_i (u_i - u_0)$$

Здесь – отклонение вектора статического момента на шаге k , m – масса k -го МКА, u – вектор параметров размещения МКА.

Для решения задачи размещения МКА выберем геометрическую форму платформы в виде кольца конечной толщины и образуем множество допустимых решений P . Целевой функцией в данной задаче являются координаты центра масс платформы. При размещении МКА координаты центра масс компоновки должны стремиться к некоторому допустимому заданному значению (практика показывает, что в задачах размещения в силу их нелинейности, многокритериальности и многосвязности области решения речь идёт о некотором допустимом решении).

Случайным образом выбираются координаты точек, которым присваиваются координаты центров масс МКА. Затем сортируется полученный массив по порядку размещения, удовлетворяя требованиям (2) в соответствии с целевой функцией (1). Выбранная последовательность размещения МКА будет соответствовать обратному порядку их отделения на орбите.

Для описания орбитального движения принята модель в оскулирующих элементах [3]. В качестве возмущающих факторов приняты нецентральность земного поля притяжения [4] и аэродинамические силы.

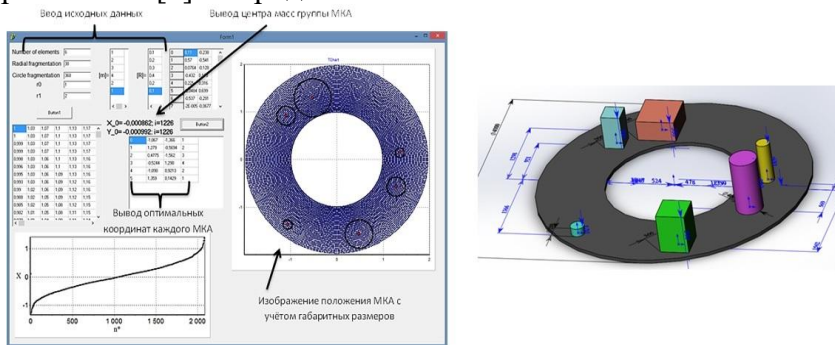


Рис.1. Подпрограмма компоновки

На рисунке 1 изображена подпрограмма, реализующая компоновку МКА и построение твердотельной модели в пакете SolidWorks.

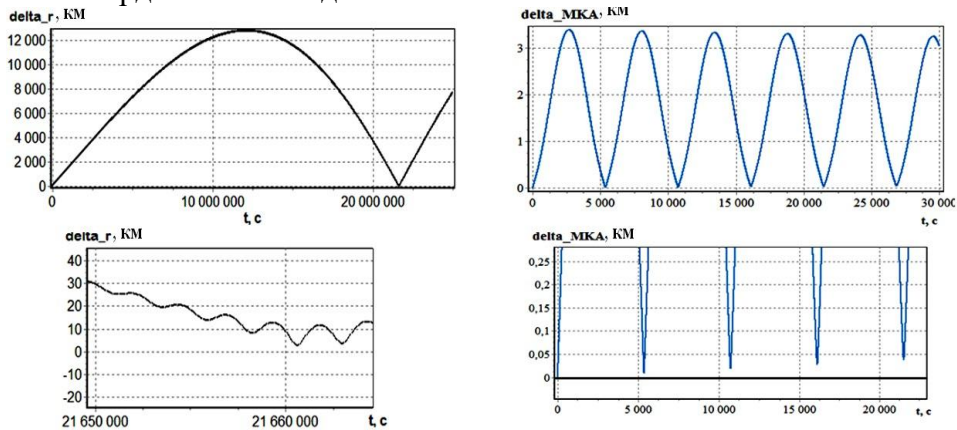


Рис. 2. Расчёт подпрограммы моделирования движения МКА

На рисунке 2 представлены результаты расчёты для разных случаев отделения – отделением одного МКА по касательной к траектории и отделением двух МКА в диаметрально противоположных направлениях под углом 30 градусов к касательной.

Анализируя приведённые случаи расчёта, можно сделать вывод, что в случае отделения двух аппаратов велика вероятность их столкновения через один виток (расстояние между ними будет меньше 10 метров; на последующих витках минимум увеличивается). В случае отделения одного аппарата от платформы минимальное расстояние (более 2 км) между ними будет через 250 суток

Библиографический список

1. Гаврилов, В. Н. Автоматизированная компоновка приборных отсеков летательных аппаратов [Текст] / В.Н. Гаврилов// М.: Машиностроение. – 1988. - С. 137.
2. Козлов, Д. И. Конструирование автоматических космических аппаратов [Текст]/ Д. И. Козлов, Г. П. Аншаков, В. Ф. Агарков и др.; Под ред. Д.И. Козлова// М.: Машиностроение. - 1996. – 448 с.: ил.
3. Нариманов, Г. С. Основы теории полёта космических аппаратов [Текст]/ Г. С. Нариманов. Под ред. д-ра физ.-мат. наук Г.С. Нариманова и д-ра техн. наук М.К. Тихонравова// М.: Машиностроение. - 1972. – 608 с.: ил.
4. ПЗ-90.11 «Параметры Земли 1990 года» [Справочный документ]/ Военно-топографическое управление генерального штаба вооруженных сил российской федерации. // М.: 2014. – 52 с.: ил.