

Секция «Методы математического и компьютерного моделирования в аэрокосмической деятельности»

**Математическое моделирование процесса поддержания траектории космического аппарата в окрестности точки либрации L2 системы Солнце-Земля**

**Научный руководитель – Кутоманов Алексей Юрьевич**

***Пономарева Ирина Александровна***

*Выпускник (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет вычислительной математики и кибернетики, Москва, Россия

*E-mail: irina.alex.ponomareva@gmail.com*

Точки либрации являются уникальными областями космического пространства, в сравнении с другими типами орбит они имеют ряд преимуществ при решении многих задач исследования космоса. Точка либрации L2 системы Солнце-Земля в 1,5 млн. км от Земли противоположно Солнцу удобна для размещения научных аппаратов, изучающих строение и историю Вселенной.

Во многом успешность полета в окрестность точки либрации зависит от точности маневрирования на этапе перелета и на этапе удержания в этой ограниченной области. Сложности вызваны неустойчивостью коллинеарных точек либрации: при малейших возмущениях траектории космический аппарат быстро покидает окрестность такой точки.

В работе рассмотрены подходы к поддержанию траектории космического аппарата при полете в окрестности точки либрации. Разработанный метод расчета параметров маневров реализован в виде модуля специального программного комплекса баллистико-навигационного обеспечения полета космического аппарата «Спектр-Рентген-Гамма», запуск которого запланирован на 2019 г.

При расчете параметров маневров предлагается не придерживаться некоторой заранее выбранной номинальной траектории, а использовать принцип удержания в заданной области. Параметры маневра должны максимизировать время пребывания аппарата в заданной окрестности при наличии простых ограничений на величину корректирующего импульса и углы, однозначно определяющие его направление.

Для численного решения оптимизационной задачи выбран квазиньютоновский метод с учетом простых ограничений. В качестве первой характерной особенности разработанного метода отмечается, что итерационный процесс сходится к различным решениям при выборе различных начальных приближений. Это придает особую важность процедуре выбора начального приближения. Другой особенностью является высокая чувствительность получаемой продолжительности удержания к варьированию параметров маневра вблизи найденного решения: малые отклонения приводят к резкому уменьшению времени пребывания в заданной области. В работе приведены расчетные результаты, иллюстрирующие данные особенности.

Баллистико-навигационное обеспечение реального космического полета сопровождается неточностями различных типов - при формировании орбиты выведения аппарата, при определении траектории и при выполнении корректирующих маневров. В работе описан подход к статистическому моделированию полета с учетом всех указанных погрешностей. Результаты моделирования подтверждают, что выбранный метод оптимизации может быть использован при управлении аппаратом. Также в работе предложен метод

построения рациональной стратегии маневрирования, определяющей параметры корректирующих маневров и интервалы времени между проведением отдельных маневров.

Исследования выполнены в Центре управления полетами ФГУП ЦНИИмаш.

Разработанные методы могут использоваться для обеспечения полетов космических аппаратов в окрестностях точек либрации в различных перспективных проектах.