

УДК 531.391.5

Обеспечение устойчивости космического аппарата с солнечным парусом в окрестности точки либрации L_2 системы «Солнце — Земля»

Степаньянц Георгий Аркадьевич

gssst@rambler.ru

Макаренкова Надежда Алексеевна^(*)

n.a.makarenkova@yandex.ru

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена возможность построения системы управления, использующей давление солнечного света, для обеспечения устойчивости космического аппарата в окрестности точки либрации L_2 системы «Солнце — Земля». Для решения данной задачи предлагается изменять отражательную способность отдельных участков поверхности солнечного паруса, что позволит создавать разность сил давления солнечного света и изменение пространственного положения космического аппарата. Результаты проведенного исследования показали возможность обеспечения асимптотической устойчивости периодического установившегося движения космического аппарата с помощью такого метода управления.

Ключевые слова: точка либрации, обеспечение устойчивости, давление солнечного света, система управления, изменение отражательной способности

Введение. Нахождение космического аппарата в точках Лагранжа системы Солнце — Земля представляет интерес для миссий, связанных с исследованием глубин космоса, с обнаружением опасных для Земли астероидов, с обеспечением связи и передачи данных другим космическим аппаратам, находящимся на более далеких орбитах [1]. Одной из актуальных задач представляется обеспечение устойчивости в окрестностях неустойчивых точек либрации без расхода рабочего тела (или с минимизацией этого расхода) [2], так как ее решение позволит увеличить длительность активного функционирования космического аппарата.

Материалы и методы; результаты. Для обеспечения устойчивого движения космического аппарата в точке либрации L_2 предлагается использование отражающей тонкой плёнки большой площади (солнечного паруса). Для создания управляющих моментов в этом случае можно использовать давление солнечного света. При изменении ориентации солнечного паруса или изменении отражательной способности его поверхности (или отдельных его частей) можно управлять величиной и направлением вектора тяги [3], обеспечивая желаемый разворот. Такой метод управления позволит сократить расход рабочего тела на борту космического аппарата. Исследование проводилось в рамках линейной модели классической ограниченной задачи трех тел. Работоспособность системы управления при этом напрямую зависит от величины области притяжения невозмущенного установившегося движения. Следует отметить, что для успешного функционирования системы

управления, основанной на использовании давления солнечного света, и возможности получения энергии с солнечных батарей, космический аппарат должен находиться на достаточном удалении от точки либрации L_2 так, чтобы постоянно быть вне тени Земли (т. е., быть смещенным относительно точки либрации на величину диаметра Земли). Возможный вариант решения данной задачи заключается в обеспечении устойчивого движения космического аппарата по круговой орбите заданных радиуса и периода в плоскости, перпендикулярной плоскости системы «Солнце — Земля». При построении закона управления использовался модифицированный метод Ляпунова, в качестве функции Ляпунова применялся индикатор инвариантного множества [4]. Получены проекции траекторий вектора состояний и проекции вектора управления при минимально допустимых ресурсах управления. Показано, что удовлетворяются условия асимптотической устойчивости заданного предельного цикла.

Заключение. Результаты проведенного исследования показали возможность обеспечения асимптотической устойчивости периодического установившегося движения космического аппарата с помощью изменения отражательной способности отдельных участков поверхности тонкой зеркальной пленки, называемой солнечным парусом.

Список источников

- [1] Поляхова Е.Н. *Космический полет с солнечным парусом*. Москва, Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011, 320 с.
- [2] Степаньянц Г.А. Прямой метод Ляпунова в задаче обеспечения устойчивости компактного минимального множества динамической системы и формирование гало-орбиты в окрестности точки Лагранжа L_2 . *Известия РАН. Теория и системы управления*, 2023, № 4, с. 3–16.
- [3] Макаренкова Н.А. Управление кинетическим моментом солнечного паруса путем изменения отражательной способности его поверхности. *Труды МАИ*, 2018, № 98, с. 1–25.
- [4] Степаньянц Г.А. Особенности постановки задачи обеспечения устойчивости движения управляемого объекта в окрестности неустойчивого состояния равновесия. *Известия РАН. Теория и системы управления*, 2019, № 3, с. 4–9.