

Моделирование межпланетного перелёта солнечного паруса с учётом изменения его оптических параметров

Научный руководитель – Старинова Ольга Леонардовна

Рожков Мирослав Андреевич

Студент (магистр)

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Институт ракетно-космической техники, Самара, Россия

E-mail: rozhkovmiro@gmail.com

Космические аппараты с солнечным парусом требуют тщательно проработанной математической модели их движения. Однако, исследуемая модель сильно зависит от оптических параметров поверхности паруса, т.к. именно они определяют направление и значение силы тяги, создаваемой давлением электромагнитного излучения Солнца. В данной работе рассматривается математическая модель межпланетного перелёта космического аппарата с солнечным парусом, учитывающая влияние выбора материала для отражающей плёнки, температуры и деградации паруса на его оптические параметры. Ускорение космического аппарата с плоским неидеально-отражающим парусом из-за воздействия светового давления является суммой двух составляющих: направленную по нормали к поверхности паруса и параллельно поверхности паруса в плоскости, проходящей через радиус вектор. Описываемая в [2] модель ускорения солнечного паруса включает в себя следующие оптические характеристик: ρ - коэффициент отражения; ς - фактор спектрального отражения; $\varepsilon_f, \varepsilon_b$ - коэффициенты излучения лицевой и задней поверхности паруса; B_f, B_b - не Ламбертовские коэффициенты лицевой и задней поверхности паруса. Точное определение данных параметров и их изменения со временем является основной целью данной работы. Влияние изменения температуры поверхности солнечного паруса на оптические параметры описывается моделью, которая основана на законе Стефана-Больцмана [3]. В результате воздействия различных факторов космического пространства происходит деградация паруса. Если учитывать только солнечную радиацию, то изменение оптических характеристик вследствие данной деградации можно рассчитывать по параметрическим зависимостям, предложенным в [3]. Для расчёта оптических характеристик многослойной плёнки, которой является солнечный парус, используется метод матриц переноса [1]. Моделирование движения осуществлялось с помощью локально-оптимального закона управления парусом [4], а численное интегрирование методом Рунге-Кутты 4-го порядка. В результате работы была построена комплексная математическая модель описывающая межпланетный перелёт солнечного паруса и был произведен численный расчёт на примере Земля-Меркурий.

Источники и литература

- 1) Born M., Wolf E. Principles of Optics. 7th edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- 2) Dachwald B., Macdonald M., McInnes C. R., Mengali G., Quarta A.A. Impact of optical degradation on solar sail mission performance // Journal of Spacecraft and Rockets. – 2007. – V. 44. – №. 4. – P. 740-749.
- 3) Kezerashvili R.Ya. Solar sail: materials and space environmental effects // Advances in Solar Sailing. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. – P. 573-592.
- 4) Starinova O. L., Chernyakina I. V. The Mission's Design of a Solar Sail Spacecraft to the Nearest Circumsolar Space, Based on Local-optimal Control Laws // Advances in Astronautics Science and Technology. – 2018. – V. 1. – №. 1. – P. 81-85.