

Методики пучкового моделирования гравитационных манёвров и анализ их применения в баллистическом проектировании

Научный руководитель – Грушевский Алексей Васильевич

Тучина Елизавета Денисовна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: tucinaliza01@gmail.com

Гравитационные манёвры (ГМ) играют ключевую роль в современном проектировании межпланетных миссий. Первоначально их расчёт опирался на модель сопряженных конических сечений, однако для повышения точности всё чаще применяются более сложные модели, например, ограниченная задача трёх тел (ОЗТТ) и её расширения [1,2,4]. Проблема в том, что сходимость итерационных методов уточнения не гарантирована, что усложняет практическое применение таких подходов.

В качестве альтернативы предлагается использовать метод фазовых пучков виртуальных траекторий при моделировании ГМ. Поскольку по своей физической природе ГМ представляет собой разновидность гравитационного рассеяния, логично провести аналогию с формулой Резерфорда, описывающей рассеяние заряженных частиц в кулоновском поле [5]. Её обобщение на случай гравитационного взаимодействия позволяет эффективно формировать структурированные неоднородные фазовые пучки виртуальных траекторий, что существенно сокращает необходимое количество моделируемых виртуальных аппаратов без потери информативности результатов.

В работе представлены результаты статистического анализа высокоточного численного моделирования пролёта виртуальных фазовых пучков через сферы влияния планет, выполненных с использованием уточнённых эфемерид [3]. Полученные данные сопоставляются со статистикой, рассчитанной на основе обобщённой формулы резерфордовского рассеяния, и проводится обсуждение расхождений и областей применимости предложенного подхода.

Источники и литература

- 1) Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В. и др.. Формирование орбит космического аппарата с большим наклоном к эклиптике посредством многократных гравитационных маневров // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. No 2. С. 108-132.
- 2) Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В. и др.. Баллистическое проектирование многоцелевых полетов к Венере // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2019. No 4. С. 154-174. DOI 10.31857/S000233880003501-0
- 3) Боровин Г.К., Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В. и др. Баллистико-навигационное обеспечение полетов автоматических космических аппаратов к телам Солнечной системы // Под ред. А.Г. Тучина. М., Химки: “НПО Лавочкина”, 2018. 336 с.
- 4) Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В., Тучин А.Г. Гравитационные маневры космического аппарата в системе Юпитера // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2014. No 3. С. 149-167.
- 5) Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Корянов В.В. и др. Обобщение формулы Резерфорда для синтеза цепочек гравитационных маневров // Доклады российской академии наук. Физика. 2021, т. 501, с. 57.