

**Моделирование перелета к околоземному астероиду с учетом
некомпланарности орбит**

Научный руководитель – Старинова Ольга Леонардовна

Уливанов Сергей Юрьевич

Студент (бакалавр)

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Институт ракетно-космической техники, Самара, Россия

E-mail: sersei557gta@mail.ru

В Солнечной системе существует довольно много астероидов, особенно выделяется вид "потенциально опасных" для Земли объектов. Рассматривать и моделировать движение таких объектов очень важно, ведь тогда можно спрогнозировать заблаговременно его траекторию относительно Земли, дату возможного столкновения астероида с Землёй и точку падения, и принять меры для его отклонения. С другой стороны, можно использовать такие потенциально опасные объекты как потенциальный источник полезных ископаемых, ведь лететь до них не далеко, следовательно, будет затрачиваться малое количество топлива для перелёта с Земли на астероид.

В данной работе рассматривается моделирование движения потенциально опасного околоземного объекта (астероида 469219 Камоалева), Земли и космического аппарата (КА) в Солнечной системе. Для моделирования выбранных объектов необходимо знать их начальные координаты и скорости движения. Для Земли и Камоалева эти данные можно получить в ресурсе "Horizons System". После чего, используя дифференциальные уравнение движения, моделируются движение Земли и Камоалева по их орбитам, а также траектории КА.

Для КА выбирается дата старта и дата прилёта на объект и рассматривается задача Эйлера-Ламберта, после чего строится переходная орбита от Земли до выбранного объекта, с учётом некомпланарности их орбит. Некомпланарность необходимо учитывать, ведь для изменения наклона орбиты также затрачивается топливо, поэтому важно выбирать такую точку прилёта на Камоалеву, при которой она будет приблизительно лежать в плоскости эклиптики, чтобы можно было затратить как можно меньшее количество топлива на изменение наклона переходной орбиты. Элементы переходной орбиты определяются по алгоритму Эйлера –Ламберта с применением формул линейной алгебры.

Далее моделируется и отображается перелёт космического аппарата по переходной орбите. В ходе моделирования орбит применяются численные методы решения дифференциальных уравнений.

Рассчитываются импульсы изменения скорости, которые необходимо совершить КА для осуществления перелёта. Также рассчитывается топливо, которое будет затрачено для реализации данных импульсов.

Источники и литература

- 1) Белоконов, В. М. Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории : конспект лекций. - Текст : электронный / В. М. Белоконов ; М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР, Куйбышев. авиац. ин-т им. С. П. Королева. - Куйбышев, 1989. - 1 файл (1,76 Мб)
- 2) Введение в теорию полета искусственных спутников Земли [Текст] / П. Е. Эльясберг. - Изд. 4-е. - Москва : ЛЕНАНД, 2014. - 540 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-9710-1747-9

- 3) Тыртышников, Е. Е. Матричный анализ и линейная алгебра. Учебное пособие / Е. Е. Тыртышников. – Москва : Физматлит, 2007. – 480 с. – ISBN 978-5-9221-0778-5. – EDN RBBFAZ.
- 4) Сближение в космосе [Текст] / В. Г. Балахонцев, В. А. Иванов, В. И. Шабанов. - Москва : Воениздат, 1973. - 240 с. : ил.; 21 см.
- 5) Баллистика и навигация космических аппаратов [Текст] : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Ракетостроение и космонавтика" / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 522
- 6) Баллистика и наведение летательных аппаратов [Текст] / Ю. Г. Сихарулидзе. - Москва : Бином. Лаб. знаний, 2011. - 407 с
- 7) On-line solar system data and ephemeris computation service [URL] <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/>

Иллюстрации

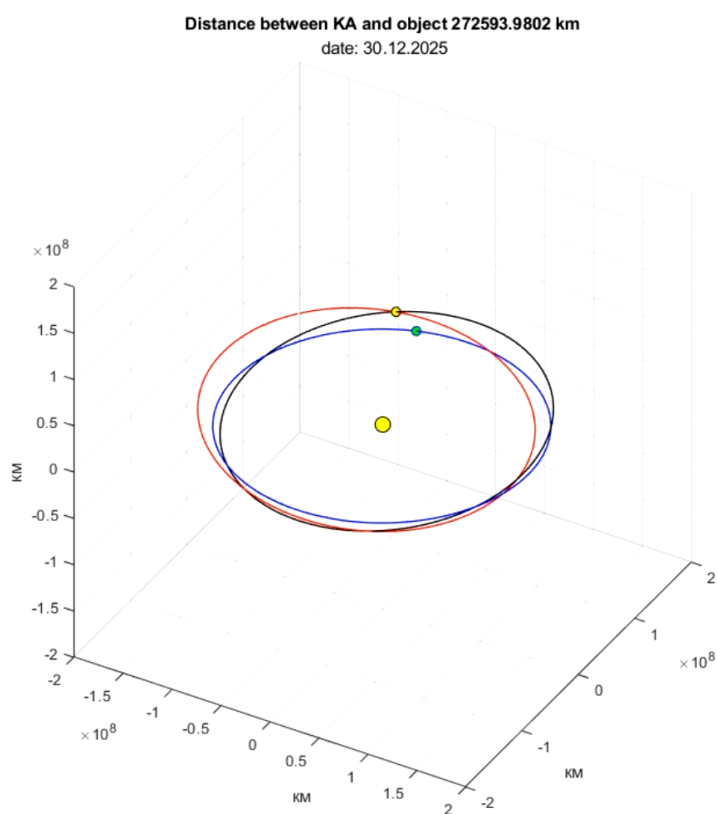


Рис. : Моделирование перелёта по некомплонарной орбите. (орбита Земли - синий эллипс, орбита Камоалевы - красный эллипс, орбита КА - чёрный эллипс)

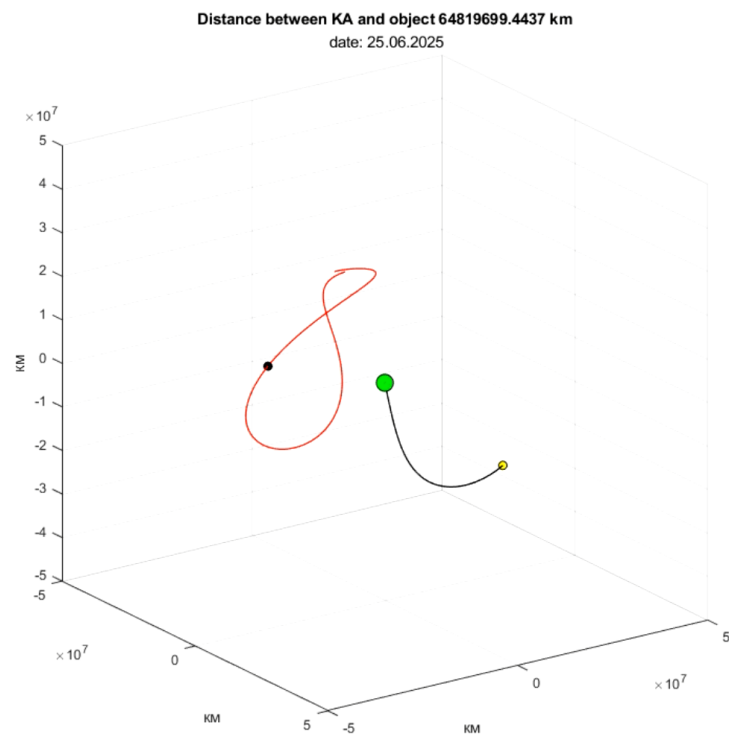


Рис. : Траектория движения КА по некомплонарной орбите в Геоцентрической СК

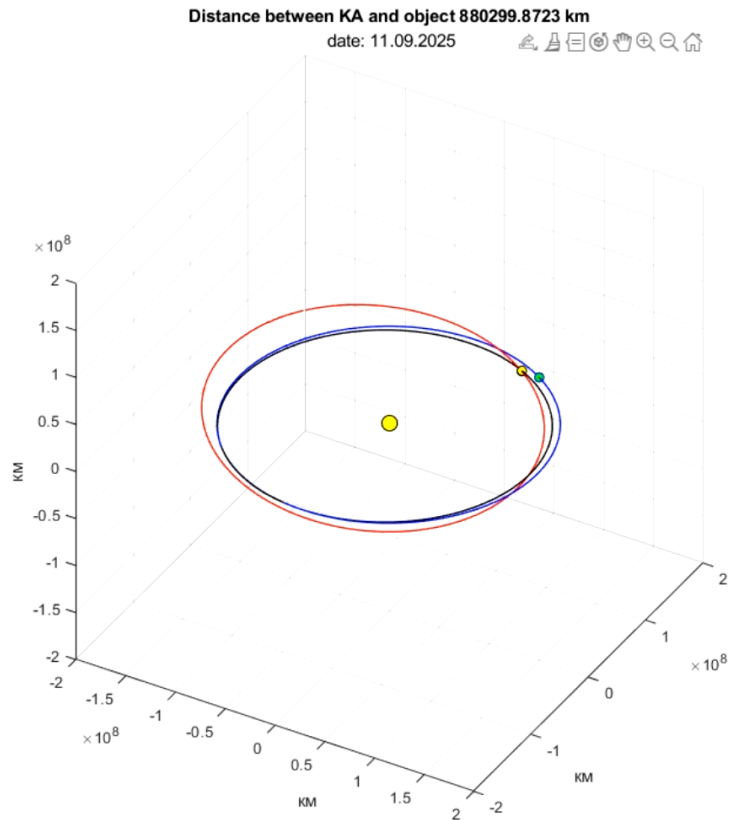


Рис. : Перелёт по наивыгоднейшей орбите, гелиоцентрическая СК

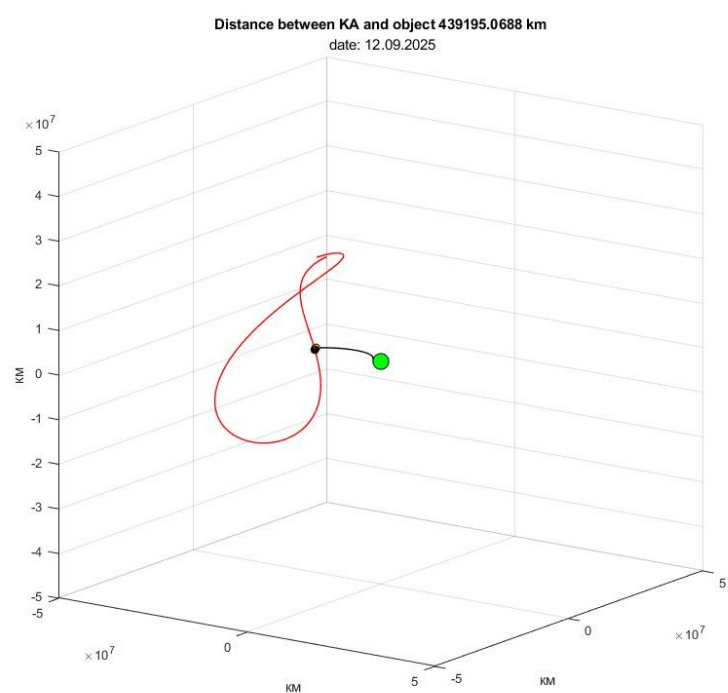


Рис. : Перелёт по наивыгоднейшей орбите, геоцентрическая СК