

УДК 629.78:531.55

Оценка временных и энергетических затрат, необходимых для захоронения космического средства, находящегося на средней резонансной околоземной орбите

Иванов Сергей Геннадьевич^(*)

isgsial@mail.ru

Гришко Дмитрий Александрович

dim.gr@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа содержит анализ возможности использования гравитационного резонанса для увода космического объекта из региона функционирования навигационных спутников. Рассматривается задача формирования резонансной орбиты, а также различные варианты поддержания резонанса до момента достижения перицентром орбиты плотных слоев атмосферы. Получены результаты численных экспериментов в виде оценок временных и энергетических затрат, необходимых для осуществления такой стратегии захоронения.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, возмущения от третьих тел, гравитационный резонанс, маневры коррекции, орбита захоронения

Введение. Гравитационный резонанс, наблюдаемый при моделировании движения некоторых среднеорбитальных объектов, может быть причиной деградации их исходной околокруговой орбиты [1]. Рассматриваемое резонансное состояние является неустойчивым, поэтому рост эксцентриситета деградирующей орбиты со временем прекращается. Если же орбита объекта находится в этом состоянии достаточно долго, то ее перицентр приближается к региону низких околоземных орбит (НОО), что позволяет допустить возможность применения стратегии захоронения, предусматривающей вход объекта в плотные слои атмосферы.

Материалы и методы; результаты. В работе рассматривается динамика изменения параметров орбиты объекта, находящегося в начальный момент времени выше системы GPS на высоте 27 570 км. На нескольких примерах показано, что резонансная орбита неуправляемого объекта может вытягиваться до достижения значения эксцентриситета близкого к 0,7, но перицентр орбиты не достигнет плотных слоев атмосферы. Кроме того, такая естественная деградация занимает 150–200 лет.

Ускорить этот процесс можно, если поддерживать параметры орбиты таким образом, чтобы величина de/dt была максимальной [2]. Разработанный для этой задачи алгоритм поддержания резонансного режима основан на коррекции аргумента перицентра в тех случаях, когда значение de/dt отдалается от своего максимума. ДВУ не корректируется, так как изменение АП требует меньших энергетических затрат [3]. В докладе также исследуется случай, при котором изначально формируется орбита захоронения с ненулевым эксцентриситетом, чтобы увеличить темп деградации орбиты.

Закключение. Применимость описанной стратегии увода среднеорбитального объекта в плотные слои атмосферы определяется соотношением между требуемыми временными и энергетическими затратами. Показано, что при удачном выборе начальных параметров ОЗ, орбита космического средства может заметно деградировать, но на это потребуется 150–200 лет пассивного полета. С другой стороны, можно свести объект в атмосферу за 20–30 лет, но, полученные (на текущий момент), затраты характеристической скорости составляют около 1500 км/с [4]. Дальнейшим направлением исследования является поиск способов уменьшения энергетических затрат при использовании резонанса орбиты.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00419, <https://rscf.ru/project/23-29-00419/>.

Список источников

- [1] Domínguez-González R., Sánchez-Ortiz N., Francesco C. et al. Disposal strategies analysis for MEO orbits. *Proceedings of the International Astronautical congress*, 2013, paper ID IAC-13,A6,2,5,x19061.
- [2] Chao C.-C. *Applied Orbit Perturbation and Maintenance*. The Aerospace Press, El Segundo, California, 2005, 297 p.
- [3] Иванов С.Г., Гришко Д.А., Баранов А.А. Изменение долготы восходящего узла средних орбит с постоянной большой полуосью и различным эксцентриситетом. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2024, № 9. URL: <https://engjournalbmstu.ru/catalog/mech/tmmd/2383.html> (дата обращения 15.11.2024).
- [4] Иванов С.Г., Гришко Д.А., Баранов А.А. Коррекция аргумента перигея средней эллиптической орбиты с постоянной большой полуосью и различным эксцентриситетом. *Труды МАИ*, 2024, №4. URL: <https://trudymai.ru/published.php/published.php?ID=183447> (дата обращения 15.11.2024).