

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРОСТРАНСТВА ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЫ ОТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

В.В. Номоконова

ученица 10 класса

г.о. Самара, Самарский региональный центр для одарённых детей,

Научный руководитель:

Г.А. Чепель

г.о. Самара, Самарский университет

Диплом за 2 место, секция «Стабильный полёт»

Проблема и актуальность

В последние десятилетия мы стали свидетелями увеличения объёма космического мусора, возникающего в результате спутниковых запусков, разрушения старых спутников и других космических объектов.

Решение проблемы космического мусора является важной задачей по нескольким причинам:

- Космический мусор представляет угрозу для космических аппаратов и спутников;
- Опасность синдрома Кesslerа;
- В космическом мусоре может содержаться много ценных материалов и компонентов.

Цель моей работы: изучить методы очистки космического пространства от мусора и выявить наиболее перспективные, а также смоделировать траекторию полёта космического мусора.

Материалы и методы исследования: анализ, синтез, моделирование, обобщение, сравнение.

Теоретическая часть

Существуют два типа методов устранения космического мусора: активные и пассивные. Активные методы включают использование дополнительных двигателей малой тяги или специальных механизмов захвата на космических аппаратах. Пассивные методы, в свою очередь, основаны на использовании внешней среды для увода мусора.

Среди пассивных методов различают:

- установка механизмов, которые увеличивают площадь космического аппарата после его эксплуатации (использование силы сопротивления воздуха)
- механизм развёртывания солнечного паруса (использование силы сопротивления фотонов)
- метод установки электродинамического троса (использование силы Ампера)

Среди активных способов различают:

- Использование лазера;
- Метод уборки с помощью ионного двигателя;
- Использование силы Кулона, путём заряда уборщика и объекта разноимёнными зарядами;
- Использование сетей или манипуляторов.

Практическая часть

Чтобы лучше понимать, как происходит сгорание мусора в атмосфере Земли, я сделаю 3D-анимацию данного процесса на языке программирования Python. В качестве объекта я выбираю отработавшую и находящуюся в атмосфере верхнюю ступень ракеты.

На ракету во время сгорания её в атмосфере действуют две основные силы. Это сила гравитационного взаимодействия и сила сопротивления воздуха. Для программирования перемещения ракеты я также буду использовать второй закон Ньютона в импульсной форме.

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2} - \text{закон всемирного тяготения};$$

$$F = \frac{dp}{dt} - \text{второй закон Ньютона в импульсной форме};$$

$$F = \frac{1}{2}\rho v^2 CA - \text{формула вычисления силы сопротивления воздуха.}$$

Так как плотность воздуха меняется с изменением высоты, я напишу функцию для её вычисления, используя формулу:

$$\rho = \frac{P}{0.2869(T+273.1)} - \text{формула расчёта плотности воздуха.}$$

Чтобы найти температуру и плотность воспользуюсь данными от NASA.

После моделирования я получила разные графики, показанные на рисунках 1-2 в зависимости от изменения начальной скорости ракеты.

Результаты расчёта показывают, что если начальная скорость ракеты существенно меньше круговой, то отработавшая ракета быстро завершает свой полёт и сгорает или разрушается в плотных слоях атмосферы (траектория на рисунке 1).

Если же скорость ракеты близка к орбитальной (но всё же немного ниже), то процесс спуска занимает больше времени и отработавшая ракета совершит несколько витков перед разрушением (траектория показана на рисунке 2). Траектория спуска начинается только через 8 витков.

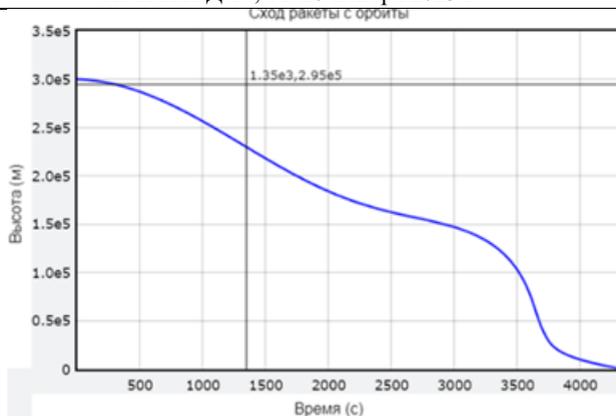


Рисунок 1 – Зависимость высоты полёта от времени для большей скорости схода с орбиты

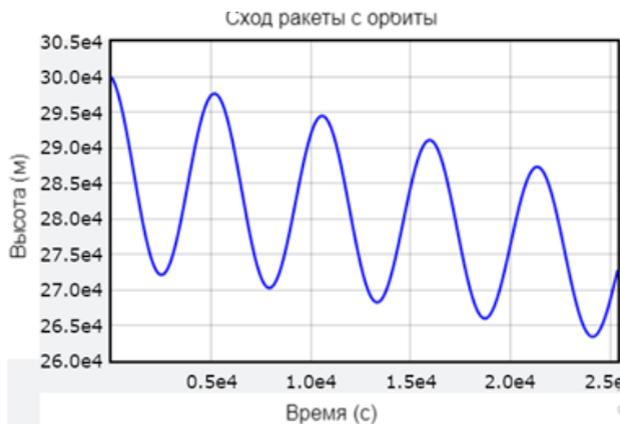


Рисунок 2 – Зависимость высоты полёта от времени для меньшей скорости схода с орбиты

Вывод

Изучив большое количество способов очистки космоса от мусора, я пришла к выводу, что нет какого-то явного лидера среди них. Каждый метод предназначен для разных условий, поэтому все они примерно одинаково важны. А также я написала модель схода верхней ступени ракеты в атмосферу Земли и изучила характер движения мусора в космическом пространстве. Это позволило мне лучше понять, как происходит этот процесс.

Список литературы:

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-borby-s-kosmicheskim-musorom/viewer>
2. <https://nauka.tass.ru/nauka/18372541>
3. https://habr.com/ru/articles/188286/?telegram_habr&utm_medium=social&utm_campaign=/ru/articles/188286/
4. https://ria.ru/20231002/musor-1900003929.html?chat_room_id=1900003929
5. <https://nplus1.ru/news/2023/10/05/fcc-echostar-7>