

## Маневрирование на орбите тросовой системы за счёт энергии качательного движения

Научный руководитель – Егорова Светлана Сергеевна

*Голубев Алексей Михайлович*

*Абитуриент*

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, Россия

*E-mail: lexg888@mail.ru*

В работе продолжается обсуждение практического применения свойств центрального гравитационного поля Земли для управления движением космических аппаратов (КА). Доказанной является возможность гравитационной стабилизации КА вытянутой формы [1]. Вытянутую форму конструкции осуществить сложно. Но если перейти к тросовым системам, то длина орбитальных связей может достигать десятков километров. Цель работы заключается в выявлении скрытых возможностей перспективных орбитальных тросовых систем для их маневрирования в космосе. В классических тросовых системах используется свойство движения центра масс по орбите с круговой скоростью, но при этом связанные тросом КА имеют скорости, отличные от круговой [2]. С круговой скоростью движется центр масс связки из двух одинаковых КА. Для связки КА построена эпюра распределения скоростей, которая доказывает, что нижний КА на тросе двигается медленнее, а верхний – быстрее (рис.1). Если бы троса не было, то наблюдалась бы обратная ситуация. Значит, тросовая система в принципе изменяет представление об управлении движением КА. Для орбитального маневрирования используется энергия относительного вращения тросовой системы при движении её центра масс по заданной орбите. Более того, оказывается, можно специально закрутить тросовую систему, чтобы увеличить запас вращательной энергии для последующего орбитального маневрирования [3]. Недостатком работ по тросовым вращающимся системам является обязательное требование предварительной раскрутки конструкции, что вызывает технические трудности.

Предлагается использовать для орбитального маневрирования энергию качательного движения, связанного с гравитационной стабилизацией вытянутых КА. Подобные исследования выполнялись в РКК «Энергия» им. С.П.Королёва, в том числе для возвращения КА с орбиты на Землю [4]. Эффект от такого предложения надо рассчитать количественно.

Пусть в начальный момент времени тросовая система ориентирована горизонтально. Определяется общая удельная (Дж/кг) потенциальная энергия системы. Доказано, что такое положение тросовой системы не будет устойчивым, она повернётся по местной вертикали [1,2]. После поворота изменится удельная потенциальная энергия. Определяем изменение удельной потенциальной энергии системы, из конечной величины вычитаем начальную. Удельная потенциальная энергия уменьшилась, значит, удельная кинетическая энергия увеличится. Определяем скорость двух КА при вертикальной связке (рис.2). Для стандартной опорной орбиты высотой 200 км и упомянутой [3] длине троса 50 км дополнительная от качательного движения скорость равна 20 м/с. При длине троса 100 км она равна 40 м/с. Такие значения скорости существенны для орбитальных манёвров. Достаточно отметить, что для возвращения космонавтов на Землю требуется торможение приблизительно 100 м/с.

Таким образом, доказано, что тросовая система на низких орбитах является альтернативой химическому топливу.

### Источники и литература

- 1) Голубев А.М. Космический аппарат изменяемой формы для гравитационной стабилизации / Материалы VI Всероссийской конференции «Умный мир руками детей 2023». Троицк-Москва, 28-29 июня 2023 г. –БАЙТИК, 2023. – С.29-33.
- 2) Авдеев Ю.Ф., Беляков А.И., Брыков А.В. и др. Полёт космических аппаратов: Примеры и задачи: Справочник / Под общ. ред. Г.С.Титова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.: ил. – ISBN 5-217-01065-7.
- 3) Екимовская А.А., Дроботов В.Б. Проектно-баллистический анализ манёвра вращающейся тросовой космической системы / 21-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». 21-25 ноября 2022 года. Москва. Тезисы. – М.: Издательство «Перо», 2022– 8,06 Мб [Электронное издание]. - <https://aik.mai.ru/files/abstracts2022.pdf> – 617 с. - С.326-327.
- 4) Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы / Земля и Вселенная. Космонавтика. – Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королёва. - №4, 1998.

### Иллюстрации

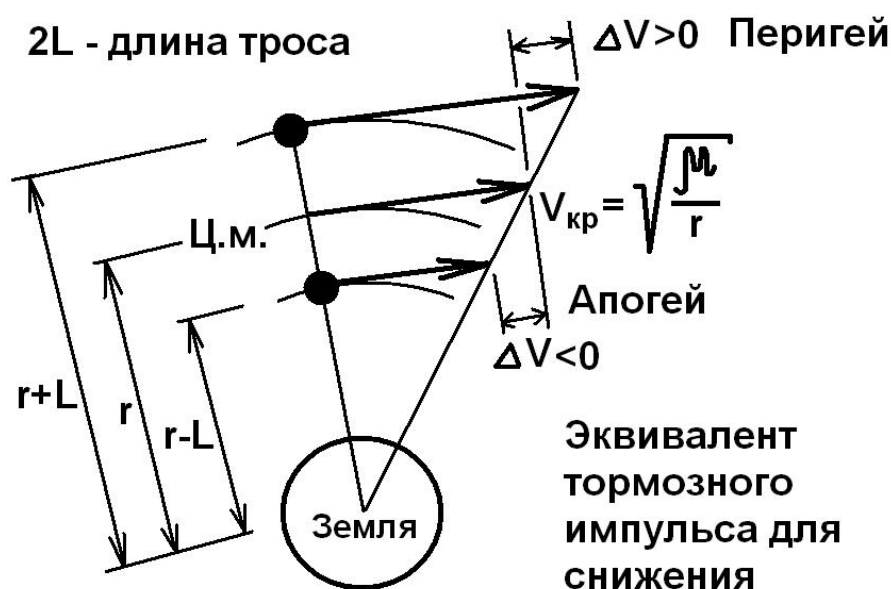


Рис. : 1. Распределение скоростей в тросовой системе на орбите

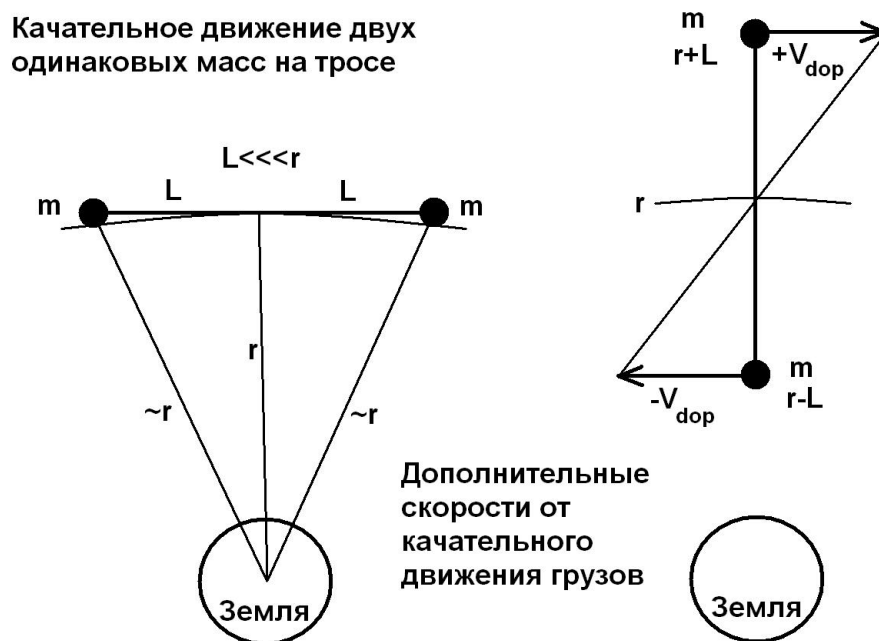


Рис. : 2. Дополнительные скорости при качании тросовой системы на орбите