

УДК 629.78.015

Анализ возможности дистанционных исследований межзвездных объектов космическими аппаратами с пролетных траекторий

Симонов Александр Владимирович¹

simonovav@nstart.space

Косенкова Анастасия Владимировна^{1,2}

kosenkovaav@nstart.space

¹ АО «Новый старт», Россия, Москва, Россия² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, Москва, Россия

Аннотация. Описаны баллистические схемы полета к недавно обнаруженным межзвездным объектам — астероиду 1I/Оумуамуа и двум кометам: 2I/Борисов и 3I/ATLAS. Они пролетают Солнечную систему по гиперболическим траекториям и в ближайшие десятки или сотни тысяч лет в нее не вернуться. Рассмотрены особенности траекторий этих межзвездных объектов, накладывающие существенные ограничения на разработку траекторий космических аппаратов для встречи с ними: энергетические потребности схемы полета, даты запуска и длительности миссий. Проанализирована возможность исследований этих небесных тел с пролетных траекторий. Предложенные траектории включают несколько гравитационных маневров у планет земной группы и Юпитера. Приведены предварительные результаты, демонстрирующие возможность проведения дистанционных исследований межзвездных объектов с пролетных траекторий.

Ключевые слова: межпланетный перелет, траектория, космический аппарат, межзвездный объект, гравитационный маневр

Введение. Проанализирована возможность исследования межзвездных объектов, пролетающих через Солнечную систему, космическими аппаратами с пролетных траекторий. Изучение подобных тел предоставляет удобную возможность исследовать с относительно близких расстояний материал, сформированный в других звездных системах и получить представление о процессах их формирования [1]. Альтернативой такой уникальной возможности является отправка космического аппарата в другую звездную систему. На реализацию такого перелета с современным технологическим уровнем человечества потребуются десятки тысяч лет.

Методы и материалы; результаты. Три известные на сегодняшний день межзвездных объекта были найдены совсем недавно — в 2017, 2019 и 2025 гг. Судя по интенсивности их обнаружения, а также с учетом совершенствования телескопов, следует ожидать и дальнейшего обнаружения подобных небесных тел. Что делает рациональным рассмотрение этих астероидов и комет как прототипы целей будущих космических миссий.

Орбиты обнаруженных межзвездных объектов являются гиперболическими [2]. Их эксцентриситет варьируется в широком диапазоне: от 1,2 для 1I/Оумуамуа до 6,1 у 3I/ATLAS. Наклонение также принимает различные

значения: околоэклиптическое (5°) у 3I/ATLAS, 44° у 2I/Борисов и 123° у 1I/Оумуамуа.

Исходя из этих исходных данных, реализация траектории космического аппарата (КА) для встречи с межзвездными объектами при использовании схемы прямого перелета требует больших энергетических затрат [3]. Это может быть скомпенсировано введением в схему полета гравитационных маневров [4, 5]. Для изменения наклона орбиты КА и значительного увеличения его скорости для достижения орбиты объекта-цели представляется рациональным использовать гравитационный маневр у Юпитера. Для достижения этой планеты-гиганта с разумными энергетическими затратами можно использовать облеты планет Земной группы, в основном — Землю и Венеру.

Рассмотренные в работе траектории построены по маршруту с такими гравитационными маневрами. Показано, что эта схема полета позволяет реализовать встречу с целью миссии с приемлемыми энергозатратами.

Заключение. Разработка миссии к межзвездным объектам является сложной, но достижимой проектно-баллистической задачей. Реализация такого проекта станет значительным прорывом в исследовании формирования звездных систем и позволит заложить основу для будущих миссий к новым межзвездным объектам.

Список источников

- [1] Борисов Г.В., Шустов Б.М. Открытие первой межзвездной кометы и пространственная плотность межзвездных объектов в солнечной окрестности. *Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы*, 2021, т. 55, № 2, с. 144–152. <https://doi.org/10.31857/S0320930X2102002X>
- [2] Biella M., Thangavelautham J. Mission Concept for the Exploration of Interstellar Bodies. *ASCEND*, 2022, art. no. 4340.
- [3] Павлюченко В.А., Игрицкий В. А., Майорова В. И., Колчина А.М., Раднаев Б.А. Разработка автоматической межпланетной станции для исследования межзвездного объекта 1I/Оумуамуа. *XLVI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика СП Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022, т. 3, с. 306–309.
- [4] Hibberd A., Hein A.M., Eubanks M., Kennedy R. Project Lyra: A mission to 1I/Oumuamua without Solar Oberth Maneuver. *Acta Astronautica*, 2022, vol. 179, pp. 161–165.
- [5] Yaginuma A. The Feasibility of a Spacecraft Flyby with the Third Interstellar Object 3I/ATLAS from Earth or Mars. *Arxiv. Preprint*, 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.15755>