

УДК 531.26

О периодических движениях в окрестности равномерно вращающегося астероида с нерегулярным распределением масс

Буров Александр Анатольевич
Никонов Василий Иванович^(*)

jtm@yandex.ru
nikon_v@list.ru

ФИЦ ИУ РАН, Москва, Россия

Аннотация. В задаче о движении космического аппарата в гравитационном поле вращающегося астероида реализован алгоритм, позволяющий определять симметричные прямые и ретроградные орбиты, основанный на подходе М. Эно, примененным им в круговой ограниченной задаче трех тел. Для представления гравитационного потенциала астероида используются две модели: гравитирующая гантель — модель, учитывающая протяженность небесного тела, а также потенциал спутникового приближения — модель, учитывающая особенности распределения масс вплоть до членов второго порядка. Обнаруженные периодические решения сопоставляются для указанных моделей.

Ключевые слова: задача трех тел, орбитальная динамика КА, астероид с нерегулярным распределением масс, симметричные периодические орбиты, простопериодические орбиты, метод Эно

Введение. После исследований А. Пуанкаре стало общепринятым утверждение о том, что периодические движения играют ключевую роль в механике в целом и, в частности, в небесной механике. Понятно, что их роль трудно переоценить как с точки зрения общей теории динамических систем, так и с точки зрения приложений: устойчивые периодические траектории являются естественной «средой» функционирования космических аппаратов. Вместе с тем, в общем случае отыскание таких траекторий, вообще говоря, далеких от кеплеровских орбит, представляет собой трудноразрешимую аналитическую задачу. В то же время, применение методов численного анализа требует особых усилий, касающихся верификации полученных решений.

За последние 15–20 лет был достигнут существенный прогресс в описании полей притяжения небесных тел, обладающих существенно нерегулярным распределением масс, в частности, полей притяжения малых небесных тел таких как астероиды. Разработанные подходы позволяют выписывать выражения для потенциала притяжения с различной степенью точности. Поэтому возникает естественный вопрос, как точность сказывается на свойствах движения, что происходит с движениями, обнаруженными в одном приближении в случае, когда осуществляется уточнение поля притяжения. Универсальный ответ на этот вопрос, пожалуй, не существует, прежде всего в силу того, что уравнения движения не интегрируемы в конечном виде. Поэтому осуществлять верификацию естественнее всего в классе периодических движений.

Методика исследования. Хорошо известен подход, развитый М. Эно (M. Hénon) [1, 2], позволяющий выявлять периодические решения в круговой

ограниченной задаче трех тел. Подход М. Эно получил развитие в работах [2–4]. В докладе обсуждаются возможности распространения этого подхода для отыскания периодических движений в задаче о движении космического аппарата в окрестности равномерно вращающегося астероида с нерегулярным распределением масс в рамках различных представлений о приближении потенциала. Рассматриваются примеры. Помимо прочего указываются некоторые дополнительные классы периодических решений в задаче трех тел, рассмотренной в работах Эно и его последователей.

Заключение. В работе рассмотрена задача о движении космического аппарата в гравитационном поле вращающегося астероида. Предложен и реализован подход к определению симметричных прямых и ретроградных орбит КА. Рассмотрены две модели гравитационного потенциала астероида — гравитирующая гантель и потенциал спутникового приближения. Выполнен анализ обнаруженных периодических движения КА в рамках указанных моделей.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда,
грант № 25-21-20148.*

Список источников

- [1] Hénon M. Exploration numérique du problème restreint. I. Masses égales, orbites périodiques. *Annales d'Astrophysique*, 1965, vol. 28, pp. 499–511.
- [2] Брюно А.Д. *Ограниченная задача трех тел. Плоские периодические орбиты*. Москва, Наука, 1990, 295 с.
- [3] Papadakis K.E. Families of periodic orbits in the photogravitational three-body problem. *Astrophysics and Space Science*, 1996, vol. 245, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1007/BF00637799>
- [4] Papadakis K.E., Ragos O., Litzerinos C. Asymmetric periodic orbits in the photogravitational Copenhagen problem. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2009, vol. 227, no. 1, pp. 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2008.07.006>