

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор ФИЦ ИУ РАН  
Академик И.А. Соколов



“ 7 ” апреля 2022 г.

### О Т З Ы В

Федерального исследовательского центра  
«Информатика и управление» Российской академии наук,  
ведущей организации по диссертации  
Доброславского Александра Владимировича  
«Исследование усредненных движений КА в ограниченной задаче  
трех тел с учетом сил светового давления»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.01 - теоретическая механика

В диссертации исследуется эволюция орбиты космического аппарата (КА) с учетом влияния светового давления от Солнца. Рассматриваются эволюция высоких орбит спутника Земли (выше орбиты Луны) в двух постановках: в рамках фото-гравитационной ограниченной плоской эллиптической задачи трех тел (Солнце-Земля-КА) и в рамках фото-гравитационной ограниченной плоской эллиптической задачи четырех тел (Солнце-Земля-Луна-КА). Рассмотрена также эволюция орбиты КА вокруг Солнца в рамках фото-гравитационной ограниченной пространственной круговой задачи трех тел (Солнце-Юпитер-КА). Используются дважды и трижды усредненные по быстрым переменным уравнения движения в оскулирующих элементах Кеплера.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении приведен достаточно полный обзор литературы по обсуждаемым в диссертации вопросам. В главе I проведена оценка времени пребывания спутника Земли в зоне полной земной тени. В главе II исследована в рамках фото-гравитационной задачи трех тел (Солнце-Земля-КА) эволюция орбиты высокого спутника Земли. Построены фазовые портреты на плоскости эксцентриситета и аргумента перицентра оскулирующей орбиты при разных значениях светового давления. Определены области либрационного и ротационного характера эволюции указанных параметров. В главе III та же задача рассматривается в рамках фото-гравитационной задачи четырех тел (Солнце-Земля-Луна-КА). В этой постановке фазовые портреты оказываются существенно сложнее. Построены также бифуркационные диаграммы Пуанкаре в плоскостях (коэффициент светового давления – аргумент перицентра) и (большая полуось – аргумент перицентра). В главе IV рассмотрена планетная внутренняя пространственная ограниченная круговая задача трех тел (Солнце-Юпитер-КА). На основе применения формулы Парсевалья и гипергеометрических

обеспечения МАИ

07 04 2022

функций показано, что дважды усредненная возмущающая функция разлагается в асимптотический ряд и допускает явное аналитическое представление. Показано, что усредненные уравнения движения интегрируемы по Лиувиллю (имеются три независимых первых интеграла в инволюции). В плоскости эксцентриситета и аргумента перицентра КА построены фазовые портреты во втором, третьем и четвертом приближениях. Выявлены бифуркационные значения большой полуоси орбиты и интеграла Лидова-Козаи для третьего и четвертого приближений возмущающей функции.

#### Замечания по структуре диссертации:

1. В главе I введена коническая модель оценки времени нахождения высокого спутника в полной земной тени. Но, именно, в случае высокого спутника наибольшее влияние оказывает частичная, а не полная тень Земли. Критика с точки зрения этой модели более адекватной цилиндрической модели не обоснована.
2. В разделах 2.2 и 2.3 главы II подробно приводятся сведения, излагаемые в учебниках по теории света и по гипергеометрическим функциям. Эти разделы следовало бы максимально сократить, оставив лишь те свойства, которые используются в диссертации.
3. Постановки задач не полны, Не указаны системы отсчета, которые принимаются за абсолютные. Не определены понятия внутренней и внешней сфер гравитационного влияния.
4. Не уделено должное внимание анализу расположения рассматриваемых орбит в физическом пространстве.
5. На странице 72 подстановка для средней долготы (4.9) применена для истинной долготы КА. Это несоответствие может быть причиной снижения точности последующих вычислений.

#### Редакционные замечания:

1. Во введении основные разделы диссертации обозначаются то как главы, то как части.
2. В Главе 4 КА, обращающийся вокруг Солнца, не следует называть спутником.
3. Страница 17: строка 4: конуса земной – конуса Земной *тени* (пропущено слово «тени»).
4. 25:5(снизу): влечет к уменьшению – приводит к уменьшению.
5. 28:5: В плоской задаче нет необходимости вводить координату  $z$ . В обоснование формулы для  $R_g$  лучше не ссылаться на монографию [56], а пояснить, что первый член соответствует гравитационному притяжению, а второй – силе инерции от поступательного движения по орбите системы отсчета, связанной с Землей.
6. 36:7: Учитывая (2.17), описывающую функцию ... (перед ссылкой следовало бы вставить слово «формулу»).
7. 37:7: среднее движение возмущающего тела  $P_1$  – здесь должно быть не  $P_1$ , а  $P$ .
8. 39:2(снизу): возмущенная – возмущающая

9. 50:4: коэффициент поверхности – коэффициент отражения поверхности  
10. 70:6: возмущенной – возмущающей  
11. 77:14: описание – описанием  
12. 90:3(снизу): С этой целью в котором удержим члены ... – несогласование членов предложения

Общая оценка диссертации:

В целом, следует отметить, что рассматриваемые в диссертации фотогравитационные постановки задачи являются актуальными и в каждой из них получены новые интересные строго научно обоснованные результаты. Научное продвижение в решении этих задач получено за счет применения аппарата гипергеометрических функций, которые ранее в этих задачах не применялись и позволили представить усредненные возмущающие функции в явной аналитической форме. Построены фазовые портреты эволюции орбит КА, выявлены стационарные параметры орбит, построены бифуркационные диаграммы Пуанкаре зависимости стационарных значений от коэффициента светового отражения и большой полуоси орбиты, выделены области либрационной и ротационной эволюции параметров, описан эффект сдвига орбит в сторону от Солнца. В пространственном случае показано, что расходящийся ряд для усредненной возмущающей функции является асимптотическим по Пуанкаре, что позволило получить хорошее аналитическое приближение для усредненной возмущающей функции и построить фазовые портреты во втором, третьем и четвертом приближениях.

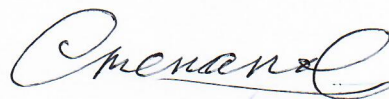
Результаты диссертации должным образом опубликованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Результаты могут быть использованы в МАИ им. Орджоникидзе, ФИЦ ИПМ им. Келдыша, ИКИ РАН, МГТУ им. Баумана, МГУ им. Ломоносова, ФИЦ ИУ РАН и в других научных центрах, ведущих исследования в области космодинамики.

Считаем, что диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01-02-01 – теоретическая механика и Александр Владимирович Доброславский заслуживает присуждения этой ученой степени.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре отдела механики ФИЦ ИУ РАН 29.03.2022.

Зав. отделом механики г.н.с.  
ФИЦ ИУ РАН д.ф.-м.н

Старший научный сотрудник  
ФИЦ ИУ РАН к.ф.-м.н.



С.Я. Степанов

И.Ф. Кожевников

Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук"  
119333, Москва, Вавилова, д.44, кор.2.  
Тел.: +7 (499) 135-62-60 Эл.почта: frccsc@frccsc.ru

О отзыве ознакомлен  
07.04.2022  
