

## ОТЗЫВ

официального оппонента Заплетина Максима Петровича на диссертационную работу Ильина Ивана Сергеевича «Квазипериодические орбиты в окрестности точки либрации  $L_2$  системы Солнце-Земля и траектории перелёта к ним в российских космических проектах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Точка  $L_2$  интересна и, в первую очередь, для астрофизики. И связано это с тем, что космический аппарат, размещенный в окрестностях этой точки, может использовать, например, радиотелескоп, который будет экранирован от излучения со стороны Солнца. Он будет направлен противоположно от Земли и Солнца и может позволить проводить более чисто астрофизические наблюдения. Они не зашумлены Солнцем, ни какими-то отраженными излучениями со стороны Земли. И еще интересно, т.к. мы движемся вокруг Солнца, за 365 дней делаем полный оборот, то подобным радиотелескопом можно рассмотреть любое направление вселенной. В рамках Федеральной космической программы в Астрокосмическом центре Физического института Российской Академии Наук разрабатывается такой проект «Миллиметрон» с выведением на квазипериодические орбиты. В этой точке либрации ряд миссий был реализован.

Диссертационная работа И.С. Ильина состоит в разработке методов и алгоритмов баллистического проектирования квазипериодических орбит с заданными характеристиками в окрестности точки либрации  $L_2$ , траекторий орбит перехода на них с низкой околоземной орбиты. Проведено исследование влияния ошибок выведения и ошибок исполнения маневров КА на реализацию перелета. Предложен алгоритм выполнения корректирующих импульсов исправляющих ошибки выведения и ошибки исполнения маневров на этапе движения КА по квазипериодической орбите.

Эта задача представляет несомненный интерес как с научной, так и с практической точки зрения для проектно- баллистического анализа и баллистико-навигационного обеспечения космических миссий. Разработка методов и алгоритмов проектирования квазипериодических орбит с в окрестности точки либрации  $L_2$  системы Солнце-Земля и является актуальной.

Научная новизна в диссертации Ильина И.С. состоит в предложении новых методов для решения поставленных задач:

1. предложен новый метод расчёта траекторий перелёта на выбранный класс квазипериодических орбит в окрестности коллинеарной точки либрации  $L_2$  системы Солнце-

Земля, учитывающий возмущения от нецентральности поля Земли, гравитационного влияния Солнца, Луны и планет солнечной системы, давления солнечной радиации.

2. разработан новый метод построения траекторий перелёта на квазипериодическую орбиту в окрестности точки  $L_2$  системы Солнце-Земля с заданными геометрическими характеристиками использованием гравитационного манёвра у Луны
3. разработан новый метод расчёта манёвров, реализующих удержание КА на выбранной квазипериодической орбите.

Практическая значимость диссертации заключается в проектно-баллистическом анализе перспективных КА. Предложенные методы и алгоритмы реализованы в баллистико-навигационном обеспечении проектов «Спектр-РГ» и «Миллиметрон». Проведении статистического моделирования траекторий этих КА в рамках эфемеридных моделей с учетом возможных ошибок при выведении. Построены оптимальные окна старта для проектов «Спектр-РГ» и «Миллиметрон».

Проведено моделирование ошибок выведения КА на траекторию и получены оценки затрат характеристической скорости необходимые для коррекции этих ошибок.

Результаты работы изложены в 9 печатных работах в том числе в 3 изданиях рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование. Материал хорошо структурирован и изложен грамотным научным языком, чётко обозначен личный вклад автора в результаты исследований, выводы аргументированы. При этом, однако, по содержанию имеется несколько замечаний:

1. На странице 37 переменная  $r_{\pi}^*$  определена как высота перицентра, а на странице 38 как радиус перицентра.
2. На странице 38 предложен переход к барицентрической системе координат Земля – Луна, при этом на странице 37 координаты описываются как геоцентрические. При реализации алгоритма – страница 62 – используются барицентрические координаты.
3. На странице 137 в качестве оптимизируемого параметра взято время пребывания КА в окрестности  $L_2$  после проведения коррекции. Этот функционал не позволяет минимизировать затраты характеристической скорости на поддержание КА в окрестности  $L_2$ .

Указанные недостатки не снижают общей положительной характеристики диссертационной работы.

Диссертация И.С. Ильина «Квазипериодические орбиты в окрестности точки либрации  $L_2$  системы Солнце-Земля и траектории перелёта к ним в российских космических проектах» является законченным научным исследованием, имеющим теоретическую и практическую ценность.

Работа удовлетворяет требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор, Ильин Иван Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.02.01 «Теоретическая механика».

Заплетин Максим Петрович,  
кандидат физико-математических наук  
(специальность 01.02.01 «Теоретическая механика»),  
доцент кафедры «Общих проблем управления» механико-математического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1,  
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
телефон: 8 495 939-56-32  
e-mail: Zapletin\_m@mail.ru  
сайт: www.math.msu.ru



Заведующий научным отделом Механико-математического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

доцент



М.В. Козлов