

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор Александр Иванович Аптекарев



2017 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша  
Российской академии наук»  
Федерального агентства научных организаций

Диссертация «Баллистико-навигационные аспекты миссий малых космических аппаратов к Луне и точкам либрации» выполнена в отделе №5 «Механика космического полета и управление движением», сектор №4 «Ориентация и управление движением» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций.

В период подготовки диссертации соискатель Ширококов Максим Геннадьевич обучался в очной аспирантуре Московского физико-технического института (МФТИ, в настоящее время Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»), а также работал младшим научным сотрудником в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им.

М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций в секторе №4 «Ориентация и управление движением» отдела №5 «Механика космического полета и управление движением».

В 2013 году М.Г. Широбоков окончил МФТИ по специальности «Прикладные математика и физика».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано 31 октября 2016 года Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Овчинников Михаил Юрьевич, заведующий сектором №4 «Ориентация и управление движением» отдела №5 «Механика космического полета и управление движением» Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук» Федерального агентства научных организаций.

По итогам обсуждения представленной работы принято следующее заключение:

Диссертационная работа М.Г. Широбокова посвящена актуальной проблеме проектирования межпланетных траекторий для малых космических аппаратов (МКА). Рассмотрены три задачи: перелет к лунной точке либрации L1 с помощью резонансных сближений с Луной, перелеты с либрационных орбит вокруг точек L1 и L2 системы Земля–Луна на окологруннне орбиты, а также оценка преимущества смены номинальной орбиты вокруг точки либрации после временной нештатной задержки коррекции движения. В диссертации разработан алгоритм проектирования резонансных сближений с Луной, он позволяет строить траектории для любой цепочки резонансных последовательностей и отбирать те из них, которые осуществимы с учетом энергетических ограничений МКА. С помощью этого алгоритма впервые был проведен анализ спиральных траекторий перелета с околоземных орбит на гало-орбиты вокруг точки L1 системы Земля–Луна для различных цепочек резонансов. Благодаря методике были получены новые результаты анализа траекторий перелета на гало-орбиты

в зависимости от даты и времени старта, параметров околоземной и целевой орбиты, цепочек резонансов и т.д. Впервые построено множество стабилизируемых малой тягой орбит при сходе с гало-орбит вокруг точек L1 и L2. Результаты показали, что при сходе с достаточно крупных гало-орбит околополярные орбиты доступны как для миниаппаратов, так и для наноаппаратов. Наконец, впервые поставлена и решена задача оценки преимущества смены номинальной орбиты в случае нештатной задержки коррекции движения. Анализ проводился при различных временах задержки коррекции – до одного периода исходной орбиты. Расчеты были проведены в разных системах трех тел (Земля–Луна и Солнце–Земля), для различных точек либрации (L1 и L2) и при различных типах номинальных орбит (гало-орбиты и квазигало-орбиты). Анализ показал, что в зависимости от условий в момент сбоя коррекции смена орбиты позволяет продлить время жизни МКА на несколько месяцев и даже лет.

Все результаты работы получены М.Г. Широбоковым лично. Они имеют выраженную практическую направленность и могут быть использованы на предварительном анализе будущих межпланетных миссий с МКА.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней предъявляемым к кандидатским диссертациям. Тема диссертации раскрыта и правильно отражена в пяти опубликованных работах, все они – в журналах из перечня ВАК. Результаты представлены на отечественных и зарубежных конференциях.

Диссертация «Баллистико-навигационные аспекты миссий малых космических аппаратов к Луне и точкам либрации» Широбокова Максима Геннадьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Заключение принято на заседании семинара отдела №5 «Механика космического полета и управление движением». Присутствовало на заседании 22 чел. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол №36 от 2 февраля 2017 года.



Голубев Юрий Филиппович,  
д.ф.-м.н., профессор, заведующий отделом №5  
«Механика космического полета и управление  
движением»