

Дополнительные сведения*
о приеме к защите, поступивших отзывах,
результатах публичной защиты диссертации
И.С. Ильина
«Квазипериодические орбиты в окрестности точки либрации L2 системы
Солнце-Земля и траектории перелета к ним в российских космических
проектах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.02.01 — теоретическая механика

Дата принятия к защите: 3.03.2015
Дата защиты: 19.05.2015

* Состав дополнительных сведений определяется приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 16 апреля 2014 г. «Об утверждении Порядка размещения в информационно-телекоммуникационной сети Интернет информации, необходимой для обеспечения порядка присуждения ученых степеней» (зарегистрировано в Минюсте РФ 27.05.2014, опубликовано: 11.06.2014 в «РГ», вступает в силу 22.06.2014)

Диссертационный совет Д 002.024.01

Создан на базе ИПМ имени М. В. Келдыша РАН, приказ № 105/нк от 11.04.2012.
Адрес: 125047 Москва, Миусская площадь, д.4. Сайт: www.keldysh.ru

Председатель диссертационного совета Д 002.024.01: **Сазонов Виктор Васильевич**

доктор физико-математических наук, профессор,
место работы: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
должность: главный научный сотрудник сектора № 2 «Механика и управление движением космических аппаратов» отдела № 5 «Механика космического полета и управление движением».
Адрес: 125047 Москва, Миусская площадь, д.4
E-mail: sazonov@keldysh.ru

Сведения о соискателе, диссертации, руководителях, официальных оппонентах, ведущей организации

(размещено 06.02.2015)

Соискатель: **Ильин Иван Сергеевич**

Диссертация: «Квазипериодические орбиты в окрестности точки либрации L2 системы Солнце-Земля и траектории перелета к ним в российских космических проектах».

Диссертация в виде рукописи принята к защите 3.03.2015 г., протокол № 3.

Члены комиссии по приему диссертации к защите: Боровин Геннадий Константинович, Вашковьяк Михаил Александрович, Ивашкин Вячеслав Васильевич.

Руководитель

1. Научный руководитель – Тучин Андрей Георгиевич, доктор физ.-мат. наук, заведующий сектором федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Адрес: 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 4.

Сайт: www.keldysh.ru

Официальные оппоненты

1. Петухов Вячеслав Георгиевич

Д.т.н., специальность 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Научно-исследовательский институт прикладной механики и электродинамики
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет), начальник отдела.

Адрес: 125080 Москва, Ленинградское шоссе, д. 5, а/я 43.

Телефон: 8 495 158 4931

Адрес электронной почты : vgpetukhov@gmail.com

Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Лёб Х. В., Петухов В. Г., Попов Г. А. Гелиоцентрические траектории космического аппарата с ионными двигателями для исследования Солнца. Труды МАИ, 2011, N 42, 21 с.
2. Константинов м. с., Лёб Х. В., Петухов В. Г., Попов Г. А. Проектно-баллистический анализ пилотируемой марсианской миссии с ядерной электроракетной двигательной установкой. Труды МАИ, 2011, № 42, 21 с.
3. Петухов В.Г. Квазиоптимальное управление с обратной связью для многовиткового перелета с малой тягой между некомпланарными эллиптической и круговой орбитами. Космические исследования, 2011, том 49, N 2, с. 128-137.
4. Мартынов М.Б., Петухов В.Г. Концепция применения электроракетной двигательной установки в научных космических проектах: преимущества и особенности, примеры реализации. Вестник ФГУП «НПО им. С.д.Лавочкина», 2011, № 2, с. 3-11.
5. Петухов В.Г. Метод продолжения для оптимизации межпланетных траекторий с малой тягой. Космические исследования, т. 50, № 3, стр. 258 -270.

2. Заплетин Максим Петрович

кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры Общих проблем управления Механико-математического факультета Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова.

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ АСТЕРОИДОВ

Григорьев И.С., Заплетин М.П.

Автоматика и телемеханика. 2013. № 8. С. 65-79.

Версии: CHOOSING PROMISING SEQUENCES OF ASTEROIDS

Grigoriev I.S., Zapletin M.P.

Automation and Remote Control. 2013. T. 74. № 8. С. 1284-1296.

Ведущая организация

(обновлено 20.04.2015)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований» Российской академии наук (ИКИ РАН).

Отзыв подписан: **Натаном Андреевичем Эйсмонтом**, кандидатом технических наук. Отзыв утвержден: **Назировым Р.Р.**, доктором технических наук, заместителем директора ИКИ РАН.

Список публикаций научных сотрудников ведущей организации
Института космических исследований РАН
в области небесной механики, прикладной баллистики и
механики космического полёта за последние 5 лет

1. A. Ledkov, N. Eismont, M. Boyarskii, K. Fedyaev, R. Nazirov, *Control of the motion of near-Earth asteroids*, *Astronomy Letters*. 01/2015; 41(1-2):67-83.
DOI: 10.1134/S1063773715020036
2. David W. Dunham, Robert W. Farquhar, N.Eismont, *New Approaches for Human Deep-Space Exploration*, *Journal of the Astronautical Sciences*. 12/2014;
DOI: 10.1007/s40295-014-0025-x
3. D. W. Dunham, H. J. Reitsema, E. Lu, R. Arentz, R. Linfield, C. Chapman, R. Farquhar, A. A. Ledkov, N. A. Eismont, E. Chumachenko, *A concept for providing warning of earth impacts by small asteroids*, *Solar System Research*. 07/2013; 47(4):315-324. DOI: 10.1134/S0038094613040096
4. N. A. Eismont, M. N. Boyarskii, A. A. Ledkov, R. R. Nazirov, D. W. Dunham, B. M. Shustov, *On the possibility of the guidance of small asteroids to dangerous celestial bodies using the gravity-assist maneuver*, *Solar System Research* 07/2013; 47(4):325-333.
DOI:10.1134/S0038094613040102
4. N. A. Eismont, A. A. Ledkov, S. A. Grebenev, R. A. Sunyaev, *On the possibility of investigating the galactic center region with the integral observatory by the method of lunar and terrestrial occultations*, *Astronomy Letters* 09/2012; 38(9). DOI:10.1134/S1063773712090010
5. R. R. Nazirov, N. A. Eismont, *Gravitational Maneuvers as a Way to Direct Small Asteroids to Trajectory of a Rendezvous with Dangerous Near-Earth Objects*, *Cosmic Research* 10/2010; 48(5):479-484. DOI:10.1134/S0010952510050175
6. Данхэм Д. У., Назиров Р. Р., Фаркуар Р., Чумаченко Е. Н., Эйсмонт Н. А., Симонов А. В., *Космические миссии и планетарная защита*, М.: Физматлит, 2013.
7. Anton Ledkov, Natan Eysmont, Michael Boyarsky, David W. Dunham, Ravil Nazirov, Konstantin Fedyaev, *Small near Earth asteroids and gravity assist maneuvers as basic constituents of planetary defense against hazardous sky objects*, 13th International Conference on Space Operations 2014; 05/2014,
DOI: 10.2514/6.2014-1834
8. Anton Ledkov, *Spacecraft Transfer from Interplanetary to Low Near Planet Orbit by Use of Aerobraking in Venus Atmosphere*, *SpaceOps* 2012; 06/2012
DOI: 10.2514/6.2012-1274661
9. David W. Dunham, Natan A. Eismont, Michael Boyarski, Anton Ledkov, Ravil Nazirov, Eugene Chumachenko, Konstantin Fedyaev, *Using Small Asteroids to Deflect Larger Dangerous Asteroids*, AIAA Guidance, Navigation, and Control (GNC) Conference; 08/2013,
DOI: 10.2514/6.2013-4546

10. R. R. Nazirov, N. A. Eismont, E. N. Chumachenko, D. W. Dunham, I. V. Logashina, A. N. Fedorenko, *Control of spacecraft groupings near sun-earth collinear libration points by means of solar sails*, Russian Engineering Research 05/2013; 33(5). DOI:10.3103/S1068798X13050109
11. L. Zelenyi, O. Korablev, M. Martynov, G. A. Popov, M. Blanc, J. P. Lebreton, R. Pappalardo, K. Clark, A. Fedorova, E. L. Akim, A. A. Simonov, I. V. Lomakin, A. Sukhanov, N. Eismont, *Europa Lander Team, Europa Lander mission and the context of international cooperation*, Advances in Space Research 08/2011; 48(4-4):615-628. DOI:10.1016/j.asr.2010.11.027|10.1016/j.asr.2010.11.027
12. *Космическая баллистика от истоков к будущему*, сборник трудов юбилейного заседания Семинара ИКИ РАН по механике, управлению и информатике, посвященного 100-летию со дня рождения П. Е. Эльясберга, 2014
13. B. Ts. Bakhshiyev, A. A. Sukhanov, K. S. Fedyaev, Estimation of the Determination Accuracy of Orbit Parameters of the Apophis Asteroid from Measurement Results, Cosmic Research 10/2010; 48(5):417-423. DOI: 10.1134/S0010952510050072
14. R. R. Nazirov, N. A. Eismont, E. N. Chumachenko, D. W. Dunham, I. V. Logashina, A. N. Fedorenko, *Control of spacecraft groupings near sun-earth collinear libration points by means of solar sails*, Russian Engineering Research 05/2013; 33(5). DOI:10.3103/S1068798X13050109
15. R. R. Nazirov, B. I. Rabinovich, A. I. Mytarev, *Application of the strange attractor mode in problems of three-axis orientation of spacecraft*, Cosmic Research 10/2009; 47(5):444-447. DOI:10.1134/S0010952509050141

Отзывы на автореферат и диссертацию

(обновлено 18.05.2015)

На автореферат диссертации поступили 3 положительных отзыва:

1. Николай Владимирович Емельянов, доктор физико-математических наук, заведующий отделом небесной механики Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Университетский проспект, д. 13, <http://www.sai.msu.ru/>).
2. Александр Владимирович Симонов, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела баллистико-навигационного обеспечения межпланетных космических аппаратов и средств выведения Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» и Игорь Михайлович Морской, заместитель начальника Центра баллистико-навигационного обеспечения КС Федерального государственного

унитарного предприятия «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (г. Химки, Московская обл., Ленинградская ул., д. 24, www.laspace.ru).

3. Юрий Николаевич Пономарёв, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией Астрокосмического центра Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (г. Москва, Ленинский проспект, д. 53, <http://www.lebedev.ru/ru/>).

Результаты публичной защиты

(размещаются после проведения защиты)

На заседании присутствуют 17 членов совета, из них 12 специалистов по профилю рассматриваемой диссертации.

САЗОНОВ В.В.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ПЛАТОНОВ А.К.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ГОРБУНОВ-ПОСАДОВ М.М.	д.ф.-м.н.	05.13.11
БОРОВИН Г.К.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ВАШКОВЬЯК М.А.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ГАЛАКТИОНОВ В.А.	д.ф.-м.н.	05.13.11
ГОЛУБЕВ Ю.Ф.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ИВАШКИН В.В.	д.ф.-м.н.	01.02.01
КРЮКОВ В.А.	д.ф.-м.н.	05.13.11
КУГУШЕВ Е.И.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ЛАЦИС А.О.	д.ф.-м.н.	05.13.11
МИРЕР С.А.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ОВЧИННИКОВ М.Ю.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ПОПОВ Ю.П.	д.ф.-м.н.	05.13.11
РУТКОВСКИЙ В.Ю.	д.т.н.	01.02.01
САРЫЧЕВ В.А.	д.ф.-м.н.	01.02.01
ТУЧИН А.Г.	д.ф.-м.н.	01.02.01

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **предложен комплекс методов**, позволяющих проектировать квазипериодические орбиты с заданными геометрическими характеристиками в окрестности коллинеарной либрационной точки L_2 системы

Солнце-Земля с учётом возмущений от нецентральности поля Земли, гравитационного воздействия Солнца, Луны и планет Солнечной системы, а также давления солнечной радиации на космический аппарат. **Теоретическая значимость** исследования обусловлена тем, что предложена и апробирована численно-аналитическая методика построения одноимпульсных траекторий на квазипериодические орбиты в рамках ограниченной круговой задачи трёх тел как для прямого перелёта в окрестность коллинеарной точки либрации, так и для перелёта с гравитационным манёвром у Луны. Также соискателем предложена и апробирована численно-аналитическая методика поддержания квазипериодических орбит в окрестности либрационной точки в рамках численно-эфемеридной модели движения космического аппарата, учитывающей возмущения от нецентральности гравитационного поля Земли, гравитационное воздействие Солнца, Луны и планет Солнечной системы, а также давление солнечной радиации на космический аппарат. Предложенные соискателем методы и алгоритмы **реализованы им в программном комплексе**, который был использован для расчёта квазипериодических орбит с заданными геометрическими характеристиками, удовлетворяющих требованиям отечественных проектов «Спектр-РГ» и «Миллиметрон», что подтверждает высокую **практическую значимость** полученных результатов. Этот программный комплекс позволил соискателю впервые провести массовый расчёт траекторий для указанных миссий и определить даты старта, оптимальные с точки зрения энергетических затрат.

Достоверность результатов исследования подтверждается тестированием предложенных в работе методов и алгоритмов построения квазипериодических орбит на большом числе реализаций. Используемая в расчётах численно-эфемеридная модель Солнечной системы, разработанная в Баллистическом центре Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, апробирована в ходе работ по оперативному баллистико-навигационному обеспечению полётов космических аппаратов. Полученные в работе результаты прошли апробацию на ведущих международных научных конференциях по динамике космического полёта.

Все представленные

в диссертации научные результаты **получены автором лично**. Основные результаты работы состоят в следующем:

- Разработан метод поиска начального приближения для траектории перелёта на выбранный класс квазипериодических орбит на инвариантном многообразии коллинеарной либрационной точки L_2 , позволяющий находить наиболее экономичные одноимпульсные траектории перелёта на заданную квазипериодическую орбиту для выбранной даты старта. Этот метод опирается на вариант метода продолжения по параметру, предложенный М.Л. Лидовым, и метод Линдштедта-Пуанкаре построения периодических орбит;
- Предложен метод построения траекторий перелёта, включающих гравитационный манёвр у Луны, позволяющий совершить одноимпульсный переход на квазипериодические орбиты малой амплитуды. Метод продолжения по параметру удалось распространить на класс траекторий перелёта, включающих гравитационный манёвр.
- Разработан метод расчёта траекторий перелёта на квазипериодические орбиты в окрестности точки либрации L_2 системы Солнце-Земля с заданными геометрическими характеристиками, с учётом возмущений от нецентральности гравитационного поля Земли, гравитационного воздействия Солнца, Луны и планет Солнечной системы, а также давления солнечной радиации;
- Предложен новый метод расчёта манёвров, реализующих эффективный сценарий удержания космического аппарата на выбранном классе квазипериодических орбит в окрестности либрационной точки L_2 , позволяющий парировать уход от квазипериодических решений, вызванный неустойчивостью системы и внешними возмущениями движения КА.

Предложенные методы и алгоритмы реализованы в виде программного комплекса, с использованием которого:

- рассчитаны множества квазипериодических орбит, имеющих заданные амплитуды в плоскости эклиптики и в ортогональном направлении, отвечающие требованиям проектов «Спектр-РГ» и «Миллиметрон»;
- построены карты множеств полученных решений, позволившие установить структуру временного и энергетического распределения траекторий перехода на квазипериодические орбиты различных типов и определить оптимальные окна старта для миссий «Спектр-РГ» и «Миллиметрон».

На заседании «19» мая 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить соискателю Ильину Ивану Сергеевичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 12 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.024.01
д. ф.-м. н.

Полилова Т.А.