

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 2022.012
на базе Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы»
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 27.05.2025, протокол № 12-3

О присуждении Оливио Адилсон Педро, гражданину Республики Ангола, ученой
степени кандидата технических наук

Диссертация «Метод расчета маневров малого космического аппарата, оснащенного двигателями малой тяги» по научной специальности 2.5.16. *Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов* в виде рукописи принята к защите 17.04.2025, протокол № 12-ПЗ, диссертационным советом ПДС 2022.012 на базе Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Дружбы Народов» (РУДН) Минобрнауки России (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6), приказ от 24.07.2023 № 415.

Соискатель – Оливио Адилсон Педро, 1992 года рождения, гражданин Республики Ангола.

В 2020 г. окончил с отличием магистратуру РУДН по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

С 1 сентября 2020 года по 21 марта 2025 года обучался в аспирантуре РУДН по направлению подготовки и профилю, соответствующим научной специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов, по которой подготовлена диссертация.

В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре механики и процессов управления инженерной академии РУДН.

Научный руководитель: Баранов Андрей Анатольевич, доктор физико-математических наук (1.1.7), профессор кафедры механики и процессов управления инженерной академии РУДН.

Официальные оппоненты по диссертации:

1. Старинова Ольга Леонардовна – гражданка России, д.т.н. (05.07.09), заведующая кафедрой динамики полёта и систем управления института ракетно-космической техники ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет).

2. Назаров Анатолий Егорович – гражданин России, д.т.н. (05.07.09), заместитель начальника отдела баллистики и навигации АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина»).

3. Кутоманов Алексей Юрьевич – гражданин России, к.т.н. (05.07.09), заместитель начальника Центра управления полетами АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»).

Официальные оппоненты дали положительные отзывы по диссертации.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации за последние 5 лет в журналах из перечня ВАК и в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах, указанных в п. 4 Рекомендации ВАК от 26.10.2022 № 2-пл/1. Общий объем публикаций – 5,9 п.л. (авторский вклад – 76%).

Наиболее значимые публикации соискателя:

1. Оливио А.П., Баранов А.А. Компланарная многовитковая встреча на около-круговой орбите с помощью двигателей малой тяги // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2022. Т. 23. № 4. С. 1-13.

2. Оливио А.П., Баранов А.А. Некомпланарная встреча на околокруговой орбите с помощью двигателя малой тяги // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2024. Т. 25. № 1. С. 7-20.

3. Оливио А.П. Компланарная встреча двух космических аппаратов на около-круговой орбите с применением двигателя малой тяги // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 4 (142). С. 1-10.

4. Olivio A.P. Optimizing the trajectory of a spacecraft using an ideally regulated engine in the vicinity of a circular orbit // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 6(144). С.1-10.

5. Olivio A.P., Petukhov V.G. Optimization of the finite-thrust trajectory in the vicinity of a circular orbit // Advances in the Astronautical Sciences. 2021. Vol. 174. № 95. P.5-15.

На автореферат диссертации поступили положительные отзывы:

1. Кардашенко Михаил Зиновьевич, гражданин России, генеральный директор АО «Астрономический научный центр».

Замечания:

– В постановке задачи отсутствует учёт возможных ошибок управления, что важно для практической реализации алгоритмов на борту.

– Не приведены рекомендации по возможному использованию разработанных подходов для решения других задач, например, при формировании спутниковых систем или при обслуживании КА.

2. Родченко Владимир Викторович, гражданин России, д.т.н. (05.07.02), профессор кафедры «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» Института № 6 «Аэрокосмический» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Замечания:

– Следует более четко структурировать изложение математических моделей и явно разграничить случаи импульсного и непрерывного управления.

– В автореферате не указано, каким образом обеспечивается сходимость краевых задач, полученных при применении метода продолжения по параметру.

– Желательно было бы уточнить, какие именно методы интегрирования и программные средства использовались для численного решения задач оптимизации траектории.

3. Зубко Владислав Александрович, гражданин России, к.т.н. (2.5.16, 1.3.1), научный сотрудник ФГБУН Институт космических исследований Российской академии наук.

Замечания:

– Недостаточно обоснован выбор критерия оптимальности – не обсуждается возможная альтернатива, например, минимизация времени или комплексных функционалов.

– Отсутствует подробный анализ устойчивости численного метода продолжения по параметру при варьировании начальных данных.

4. Голиков Алексей Роальдович, гражданин России, к.ф.-м.н. (01.01.02),

старший научный сотрудник ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук».

Замечания:

– Задача решена в простейшей постановке, не учитывающей влияние реального поля притяжения, торможение атмосферой и т.д. Приведена итерационная процедура, позволяющая учесть эти возмущения, но она не была реализована в работе.

– С помощью численно-аналитического алгоритма, описанного в последних главах, ищется только рациональное решение, т.к. уже задан линейный закон распределения величин маневров по виткам.

– В работе отсутствует сравнение результатов, полученных методом продолжения по параметру и численно-аналитическим методом, такое сравнение позволило бы выявить достоинства и недостатки каждого из методов.

5. Голубев Алексей Евгеньевич, гражданин России, к.ф.-м.н. (05.13.01), доцент, старший научный сотрудник ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук.

Замечания:

– Не рассмотрены возможные ограничения применимости линеаризованной модели при больших отклонениях от опорной орбиты.

– Желательно дать обоснование применимости теоремы о продолжении решений и дифференцируемости по параметру в формулах (14)-(15).

– Не приведена оценка чувствительности результатов к изменению начальных условий и параметров задачи.

6. Иванюхин Алексей Викторович, гражданин России, к.т.н. (05.07.09), заместитель начальника лаборатории «Механика космического полета» Научно-исследовательского института прикладной механики и электродинамики ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Замечания:

– Указано, что расчёты проводились на основе двух вариантов: модели Hill-Clohessy-Wiltshire (HCW) и линеаризованных уравнений П.Е. Эльясберга. На рис. 2 и 3 представлены примеры соответствующих решений, демонстрирующие явные отличия. Однако, отсутствует сопоставление этих моделей, объяснение целесообразности выбора их использования и сравнение полученных результатов.

– В описании 6 главы для иллюстрации разработанной методики приведен ряд примеров перелёта с тягой двигательной установки от 0.362 Н до 1000 Н. Однако, отсутствует аргументация выбора этих параметров, причины такого большого разброса и описание особенностей полученных решений.

– В тексте автореферата присутствуют опечатки, орфографические и пунктуационные ошибки. Например: «когда $\alpha.Nu=1$ », «примят следующим образом» и т.д.

7. Симонов Александр Владимирович, гражданин России, к.т.н. (05.07.09), заместитель начальника отдела баллистики и навигации; Розин Петр Евгеньевич, гражданин России, к.т.н. (05.07.09), начальник сектора отдела динамики полета КА; Гордиенко Евгений Сергеевич, гражданин России, к.т.н. (05.07.09), ведущий математик отдела баллистики и навигации АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина».

Замечания:

– В названии диссертации указывается, что разработка методов ведется для

«малого космического аппарата», оснащенного «двигателем малой тяги». Однако из текста автореферата непонятно, какие аппараты автор подразумевает, как «малые». Не ясно также, какая величина тяги применительно к этим аппаратам, считается «малой». Таким образом, возникает двусмысленность и возможна некорректная интерпретация результатов работы.

– В автореферате не представлено ссылок ни на одно современное научное исследование (за последние 5-10 лет) по теме диссертации, что способствовало бы подтверждению актуальности направления. Обзор таких работ позволил бы читателю сделать оценку актуальных мировых трендов по теме диссертационного исследования.

– Из текста автореферата не ясно, чем предложенный метод принципиально отличается от существующих аналогов. Надеемся, что в тексте диссертации данный вопрос освещен в полном объеме.

– В уравнениях (1)-(4) и в соотношениях в тексте используется большое количество обозначений, для которых не приведены пояснения (n , N , β , c и т.д.).

– В описании к уравнению (5) указано, что в нем содержатся векторные величины α и γ , однако в самом уравнении эти параметры отсутствуют.

– Помимо векторной величины реактивного ускорения γ в тексте автореферата используется и скалярная величина c с таким же обозначением, что затрудняет восприятие текста и вносит путаницу.

– В тексте автореферата присутствуют опечатки и грамматические ошибки (например, на стр. 15 под рисунком 3 написано «у Эльясбега», в то время как корректно «у Эльясберга», на стр. 8 после уравнения 13 – «вырожения» и другие).

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией и наличием публикаций, соответствующих теме оппонируемой диссертации:

1. Starinova O.L., Khabibullin R.M., Tkachenko I.S., Sergaeva E.A., Kupriyanov D.D. Operating orbit maintenance of earth remote sensing spacecraft with low-thrust propulsion // В сборнике: IEEE PROCEEDINGS OF ITNT 2024. XTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY AND NANOTECHNOLOGY. IEEE, 2024. С. 10582287.

2. Starinova O.L., Du Ch., Wu K., Liu Ya. Two trajectory configurations for the low-thrust transfer between northern and southern halo orbits in the earth-moon system // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). 2023. Т. 72. № 10. С. 4093-4105.

3. Starinova O., Du Ch., Liu Ya. Low-thrust transfer trajectory planning and tracking in the earth-moon elliptic restricted three-body problem // Nonlinear Dynamics. 2023. Т. 111. № 11. С. 10201-10216.

4. Старинова О.Л., Лобыкин А.А., Рожков М.А. Оптимизация гелиоцентрических перелётов космического аппарата с разнотипными электроракетными двигателями // Космическая техника и технологии. 2023. № 1(40). С. 94-104.

5. Назаров А.Е. Коррекции эксцентриситета геостационарной орбиты при удержании космического аппарата в заданной точке "стояния" // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2023. № 3(61). С. 19-27.

6. Назаров А.Е., Сысоев В.К., Милюков В.К. и др. Перспективы реализации российского космического комплекса для измерения гравитационного поля Земли // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2022. № 3. С. 17-24.

7. Назаров А.Е., Петров А.С. Оптимизация параметров орбит тандема космических аппаратов при проведении бистатической интерферометрической съемки для создания цифровой модели рельефа // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2022. № 7. С. 3-14.

8. Назаров А.Е. Коррекции высоты перигея и наклона для поддержания динамической устойчивости спутниковых систем непрерывного обслуживания на высокоэллиптических орбитах типа "Молния" // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2020. № 4(50). С. 40-49.

9. Кутоманов А.Ю., Ермолаев С.В., Кустодов А.Ю. и др. Автоматизированная система операционно-временного планирования и контроля решения задач баллистико-навигационного обеспечения для управления полётами многоспутниковых группировок // Космонавтика и ракетостроение. 2023. № 2(131). С. 30-40.

10. Кутоманов А.Ю., Кустодов А.Ю., Матюшин М.М. Проблема организации баллистико-навигационного обеспечения управления полётами многоспутниковых космических систем дистанционного зондирования Земли // Космонавтика и ракетостроение. 2023. № 3(132). С. 8-18.

11. Кутоманов А.Ю., Ермолаев С.В., Кустодов А.Ю., Смирнова Е.Д. Перспективные программные средства моделирования и визуализации орбитального движения для оперативного баллистико-навигационного обеспечения управления полётом космических аппаратов и космических систем // Космонавтика и ракетостроение. 2022. № 3(126). С. 5-16.

12. Kutomanov A.Yu., Matushin M.M. Use of network approaches to solve tasks of ballistic and navigation support for large-scale space systems mission control // В сборнике: AIP Conference Proceedings. 44. Сер. "XLIV Academic Space Conference: Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and Other Outstanding Russian Scientists - Pioneers of Space Exploration" 2021. С. 110007.

Диссертационный совет отмечает следующее.

В результате выполненных соискателем исследований:

- получено новое аналитическое решение задачи оптимизации траектории КА с идеально регулируемой двигательной установкой (ДУ) ограниченной мощности при ограничении на ориентацию ДУ;

- получено новое численное решение задачи оптимизации траектории КА, оснащенного двигателем с ограниченной тягой и постоянной скоростью истечения при ограничении на ориентацию ДУ;

- разработан алгоритм решения компланарной и некомпланарной задачи встречи КА при импульсной модели маневров и при использовании двигателя малой тяги.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработан метод продолжения по параметру для решения задачи оптимизации траектории КА с идеально регулируемой ДУ ограниченной мощности распространен на случай наличия ограничений на ориентацию ДУ малой тяги;

- предложен принципиально новый подход к распределению маневрирования между разрешенными для маневрирования витками, позволяющий получить оптимальное решение как в случае, когда маневр выполняется с использованием ДУ как большой, так и малой тяги.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается:

- возможностью использования полученных аналитических решений для проектно-баллистического анализа перспективных КМ, формирования алгоритмов

управления относительным движением КА, в качестве начального приближения для решения задач оптимизации траекторий КА с двигателями ограниченной тяги;

- необходимостью применения канальных систем управления для решения задач, обусловленных ограниченными возможностями системы управления, требованиями к обеспечению радиосвязи или взаимной видимости сближающихся КА, а также по другим причинам;

- сокращением значительного времени, требующегося для выполнения сложных маневров, что позволит ускорить выполнение масштабных расчетов на этапе концептуального проектирования новых КА благодаря внедрению современных вычислительных методов;

- обеспечением высокой устойчивости при решении задач и достижение требуемой точности при формировании заданных орбит. Этот аспект имеет ключевое значение для баллистического сопровождения реальных миссий КА, основывающегося на современных математических и вычислительных основах;

- на борту таких КА могут быть внедрены специализированные алгоритмы управления движением и маневрами, основанные на предложенных численно-аналитических решениях, что позволит проводить адаптивную корректировку орбиты в реальном времени, что особенно важно для долгосрочных миссий с меняющимися целями или условиями эксплуатации, таких как спутники дистанционного зондирования, навигационные системы и спутниковые группы.

Личный вклад соискателя состоит

- во включенном участии на всех этапах диссертационного исследования;
- в непосредственном участии в получении исходных данных;
- в личном участии в апробации результатов исследования;
- в обработке и интерпретации экспериментальных данных;
- в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 2.5.16. *Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов* по следующим пунктам раздела «Направления исследований»:

п.1. Разработка и совершенствование математических моделей, используемых для описания движения и управления летательным аппаратом на различных режимах полета.

п.6. Разработка алгоритмов автономного и дистанционного управления траекторией ЛА, а также однородных и разнородных группировок ЛА.

п.7. Оптимальное планирование проведения динамических операций для решения целевых задач ЛА, а также систем и комплексов ЛА, построение систем управления группировками ЛА из одного центра.

На заседании 27.05.2025 диссертационный совет принял решение присудить Оливио Адилсон Педро ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заключение диссертационного совета подготовлено экспертной комиссией совета: Константиновым Михаилом Сергеевичем, д.т.н., профессором, профессором кафедры 601 «Космические системы и ракетостроение» института № 6 «Аэрокосмический» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; Петуховым Вячеславом Георгиевичем, д.т.н., членом-корреспондентом РАН, директором научно-исследовательского института прикладной механики и электродинамики ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; Ключниковым Валерием Юрьевичем, д.т.н., с.н.с., главным ученым секретарем АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения».

Председатель диссертационного совета

Ю.Н. Разумный

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Е. Самусенко



Дата заседания: 27.05.2025