

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.03, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15 ноября 2024 года, № 11  
о присуждении Юй Вэйцзе, гражданину Китайской Народной Республики,  
учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Формирование периодических орбит космического аппарата с солнечным парусом в окрестности точки либрации L2 системы Земля-Луна», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов принята к защите 12 сентября 2024 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.379.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34), приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 декабря 2018 г. № 365/нк с изменениями, внесенными приказами от 07.07.2021 №670/нк, от 03.06.2021 №561/нк, от 03.10.2022 №1097/нк, от 12.12.2023 №2298/нк.

Соискатель Юй Вэйцзе, 1996 года рождения, в 2020 г. с отличием освоил программу магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», по направлению подготовки 24.04.01. Ракетные комплексы и космонавтика, в 2024 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», в настоящее время обучается

в институте дополнительного профессионального образования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре динамики полёта и систем управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Старина Ольга Леонардовна, заведующий кафедрой динамики полёта и систем управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

**Официальные оппоненты:**

Родников Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры мехатроники и теоретической механики;

Поляхова Елена Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», доцент кафедры небесной механики математико-механического факультета,

- дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)» г. Москва, **в своём положительном заключении**, подписанном ведущим научным сотрудником отдела космической динамики и математической обработки информации кандидатом технических наук Эйсмонтом Натаном Андреевичем, утверждённом директором ИКИ РАН доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Петруковичем Анатолием Алексеевичем, указала, что диссертационная работа Юй Вэйцзе соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением

летательных аппаратов, а её автор - присуждения степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 4 работы; из них в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК опубликовано 2 работы. Общий объём публикаций составляет 3,99 п.л., авторский вклад 2,8 п.л. (70%). Из публикаций лично соискателю принадлежат: математические модели движения космических аппаратов (КА) в системе Земля-Луна и анализ особенностей их движения в рамках круговой ограниченной задачи трёх тел; методики и вычислительные процедуры для формирования искусственных периодических орбит КА с солнечными парусами (СП) в окрестности точки L2 системы Земля-Луна, включая резонансные орбиты, сформированные на базе естественных орбит, и цилиндрические орбиты, полученные на базе аналитических решений линеаризованных уравнений движения; зависимость характеристик резонансных орбит от углов установки СП, начального относительного положения Солнца и проектных параметров СП; методика и вычислительная процедура для поддержания орбит КА с СП, оснащённых устройством регулировки отражательной способности; методики и вычислительные процедуры выведения КА с СП с естественных периодических орбит на искусственные периодические орбиты. В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы:

1. **Yu W.**, Starinova O L. Study on Displaced Orbits Below the Moon's South Pole Near L2 Point Based on Solar Sail (Исследование цилиндрических орбит ниже южного полюса Луны вблизи точки L2 на основе солнечного паруса) // *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*. – 2023. – Т. 24, № 12. – С. 652–659. (статья 1,03 / 0,72 п.л.)

2. **Юй В.**, Старинова О. Л. Характеристики резонансных орбит солнечных парусов вблизи точки L2 в системе Земля-Луна // *Вестник Московского авиационного института*. – 2024. – Т. 31, № 2. – С. 155–163. (статья 1,16 / 0,82 п.л.)

3. **Юй В.**, Старинова О. Л. Характеристики периодических орбит солнечного паруса вблизи точки L2 в системе Земля-Луна // XIII Всероссийский Съезд по теоретической и прикладной механике: Сборник тезисов докладов. В 4-х томах. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2023. – С. 658–661. (статья 0,51 / 0,36 п.л.)

4. **Юй В.**, Старинова О. Л. Исследование цилиндрических орбит космического аппарата с солнечным парусом под южным полюсом Луны // Управление движением и навигация летательных аппаратов: сб. тр. XXVI Всерос. семинара по управлению движением и навигации летат. Аппаратов / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т) [и др.]; науч. ред.: О. Л. Старинова, В. И. Куренков, В. Г. Шахов, В. А. Фролов, В. Ф. Павлов, Н. Ф. Банникова; отв. за вып. П. В. Фадеенков. – Самара: Изд-во Самар. ун-та. – 2023. – С. 96–105. (статья 1,29 / 0,9 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов.

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Самарский федеральный исследовательский центр РАН», г. Самара, подписан заместителем директора по научной работе Самарского федерального исследовательского центра РАН, к.т.н. Соколовым В.О. Замечания: 1) Автор использовал круговую ограниченную модель трёх тел для описания движения КА вблизи точки L2 системы Земля-Луна. Но это недостаточно точно для практического применения. 2) При задании высоты подъёма цилиндрических орбит автор учитывал только ограничение, связанное с диаметром Луны, но не учитывал широту наземного центра измерений и управления, а также влияние и ограничения релятивистский эффект на высоту подъёма.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара, подписан профессором кафедры «Электропривод и промышленная автоматика», д.т.н. Кузнецовым П.К. Замечание: На рисунке 2 показана простая конструкция с управляемой отражательной способностью, но не представлена подробная трёхмерная или физическая модель, которая позволила бы лучше понять структурные и эксплуатационные характеристики КА с СП.

3. Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара, подписан главным конструктором-начальником отделения 1400, Шемятовым В.В., начальником отдела, к.т.н. Юриным В.Е., начальником сектора, к.т.н. Галкиной А.С. и утверждён первым заместителем генерального директора-генеральным конструктором, д.т.н. Ахметовым Р.Н. Замечание: Нижние индексы букв в некоторых формулах слишком малы, и отсутствуют пояснения для обозначений некоторых букв.

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный

университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, подписан доцентом кафедры «Летательные аппараты», к.т.н. Терехиным А.А. Замечания: 1) Соискатель использовал модель КА с СП, но не учёл влияние теней Земли и Луны. 2) Не совсем понятна конструкция СП, которая позволила бы управлять отражательной способностью.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, подписан доцентом кафедры «Динамика и управление полётом ракет и космических аппаратов», к.т.н. Коряновым В.В. Замечания: 1) Отсутствует анализ проектных характеристик системы управления движением СП, таких как задержки системы управления и ограничений на угловую скорость вращения поверхности СП. 2) Характеристики и преимущества резонансных орбит чётко не описаны. 3) Влияние гравитационных возмущений со стороны других небесных тел, а также от нецентральности гравитации Земли и Луны не учитывается.

6. Акционерное общество «Российские космические системы», г. Москва, подписан главным научным сотрудником-заместителем начальника экспертно-аналитического центра, заслуженным деятелем науки РФ, д.т.н. академиком РАН Бетановым В.В. Замечания: 1) В автореферате диссертации целесообразно было бы подробнее рассмотреть аспекты повышения робастности разработанных алгоритмов поддержания орбит космических аппаратов с солнечным парусом с соответствующими пояснениями. 2) Для дальнейшей деятельности соискателя по широкому применению разработанных методик и вычислительных процедур следует рекомендовать также работы доктора технических наук, профессора кафедры «Космические системы и ракетостроение» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) Константинова Михаила Сергеевича и его учеников, например, диссертацию Аунг Мью Тант «Проектирование низкоэнергетических перелетов к Луне с использованием точек либрации системы Земля-Луна».

Во всех отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Юй Вэйцзе учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Выбор Родникова Александра Владимировича в качестве официального оппонента по диссертации связан с тем, что он является крупным специалистом в области исследования динамики полёта солнечного паруса и небесной механики.

Выбор Поляховой Елены Николаевны в качестве официального оппонента по диссертации связан с тем, что она является пионером исследований движения КА под действием давления солнечного света и теории управления КА с солнечным парусом.

Выбор ведущей организации ИКИ РАН связан с широко известными достижениями её специалистов в областях: теория движения КА, управление движением КА и небесной механики.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** математические модели движения КА с солнечным парусом в системе Земля-Луна и проведён анализ особенностей его движения в рамках круговой ограниченной задачи трёх тел, характеристик естественных периодических орбит и свойств интеграла Якоби.

**разработаны** методики и вычислительные процедуры для формирования искусственных периодических орбит КА с солнечным парусом в окрестности точки L2 системы Земля-Луна, включая резонансные орбиты, сформированные на базе естественных орбит Ляпунова и гало-орбит, и цилиндрические орбиты, полученные на базе аналитических решений линеаризованных уравнений движения.

**проанализирована** зависимость характеристик сформированных искусственных периодических орбит от углов установки солнечного паруса, начального относительного положения Солнца и проектных параметров солнечного паруса.

**разработаны** методика и вычислительная процедура для поддержания периодических орбит КА с солнечным парусом в окрестности точки L2 системы Земля-Луна, оснащённых устройством регулировки отражательной способности.

**разработаны** методики и вычислительные процедуры выведения КА с солнечным парусом с естественных периодических орбит на искусственные периодические орбиты.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**разработаны** методики формирования искусственных периодических орбит КА с солнечным парусом, отличающиеся учётом относительного движения КА, Земли, Луны и Солнца.

**разработана** методика поддержания орбит КА с солнечным парусом с учётом особенностей движения системы Солнце-Земля-Луна, наклонений орбит Земли и Луны к плоскости эклиптики.

**разработаны** методики оптимизации программы управления выведением КА с солнечным парусом на искусственные периодические орбиты с критерием минимальной длительности перелёта в окрестности точки L2 системы Земля-Луна с использованием решения задачи о максимальной точности выведения на орбиту в качестве начального приближения.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработана методика формирования искусственных периодических орбит в окрестности точки L2 системы Земля-Луна пригодных для функционирования космических систем связи. В частности:

**получены** зависимости геометрических характеристик сформированных искусственных периодических орбит от углов установки солнечного паруса, начального относительного положения Солнца и проектных параметров КА с солнечным парусом.

**получены** зависимости минимальной длительности перелёта от начальных условий движения на опорных орбитах, положения целевой точки и начального положения КА.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**разработанные методы основываются** на известных классических методах (достоверность обеспечивается корректным использованием методов небесной механики, вычислительных методов, апробированных методов теории оптимального управления) и согласуется с известными результатами по исследованию движения в рамках задачи трёх тел;

**полученные результаты** не противоречат и согласуются с известными результатами по исследованию динамики полёта КА в системе Земля-Луна с учётом светового давления.

**Личный вклад соискателя:**

Все научные результаты и результаты, вынесенные на защиту, получены автором самостоятельно. Автором самостоятельно проведены теоретические исследования и вычислительные эксперименты, подтверждающие основные положения, выводы и рекомендации. Все

публикации по работе подготовлены автором самостоятельно или при его определяющем участии.

В ходе защиты диссертационной работы критических замечаний высказано не было.

Соискатель в ходе защиты ответил на все задаваемые вопросы.

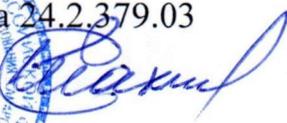
Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, работа содержит решение актуальной задачи применения солнечного паруса для формирования системы связи между Землёй и Лунной, особенно обратной стороной и полярными областями Луны.

На заседании 15 ноября 2024 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Юй Вэйцзе учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

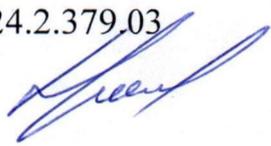
Председатель  
диссертационного совета 24.2.379.03



 Шахматов Евгений Владимирович

Учёный секретарь  
диссертационного совета 24.2.379.03

15.11.2024

 Крамлих Андрей Васильевич