

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.12

Соискатель: Хоанг Ву Тан

Тема диссертации: Разработка алгоритмов управления движением космического аппарата системы обслуживания геостационарных спутников связи

Специальность: 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 15 апреля 2021 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Хоанг Ву Тан ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, Л.В. Вишнякова, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, К.А. Занин, Ю.С. Кан, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.Г. Петухов, В.Н. Почукаев, В.В. Родченко, Ю.В. Тюменцев, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н.



А.В. Старков
Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Анишкина


ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.12
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.04.2021 г., протокол №12

О присуждении **Хоанг Ву Тан**, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка алгоритмов управления движением космического аппарата системы обслуживания геостационарных спутников связи» по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» принята к защите «12» февраля 2021 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 212.125.12 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Хоанг Ву Тан, 1985 года рождения. В 2013 г. окончил МАИ по направлению подготовки (специальности) 161700 Баллистика и гидроаэродинамика, аспирант МАИ (с 01 сентября 2017 г. по 31 августа 2021 г.), справка сдачи кандидатских экзаменов № 41 от 08 сентября 2020 г.

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре «Системный анализ и управление» института №6 «Аэрокосмический».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Системный анализ и управление» МАИ, Федоров Александр Викторович.

Официальные оппоненты:

1. Баранов Андрей Анатольевич – гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник федерального

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

2. Кутоманов Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, заместитель начальника Центра Управления Полетами АО «ЦНИИмаш» по научно-испытательной работе

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Инженерная академия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо Маклая, д. 6, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании департамента механики и мехатроники Инженерной академии РУДН (Протокол № 2022-30/09-04/07 от 10.03.2021 г.), подписанном первым заместителем – заместителем по научной работе директора Инженерной академии, доктором технических наук С.А. Купреевым, старшим научным сотрудником, кандидатом технических наук О.Е. Самусенко и утвержденным первым проректором - проректором по научной работе РУДН, доктором медицинских наук, профессором, членом-корреспондентом РАН А.А. Костиным, указала, что диссертационная работа Хоанг Ву Тана на тему «Разработка алгоритмов управления движением космического аппарата системы обслуживания геостационарных спутников связи» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение для развития космической отрасли. Работа соответствует паспорту специальности 05.07.09 Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов. На основании текстов диссертации и автореферата можно сделать вывод о том, что работа Хоанг Ву Тана является научно-квалификационной работой, соответствует требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Хоанг Ву Тан, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, включающих 2 статьи опубликованные в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 1 работу в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных SCOPUS. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:

1. Фёдоров А.В., Хоанг Ву Тан. Программный комплекс для проектирования алгоритмов управления движением сервисного модуля на геостационарной орбите // Вестник Московского авиационного института, 2020, Т. 27, №4, с. 192-205. (10 с. авт., № 393 в перечне ВАК по состоянию на 22.12.2020 г.)

Представлен программно-математический комплекс для отработки разработанных в работе алгоритмов управления движением сервисного модуля и анализ результатов моделирования работы системы автономного управления движением сервисного модуля на рассматриваемых в работе этапах обслуживания.

2. Фёдоров А.В., Хоанг Ву Тан. Алгоритм генерации начального приближения при синтезе алгоритма фазирования космического аппарата на геостационарной орбите // Космонавтика и ракетостроение, 2020, № 5 (116), с. 52-63. (9 с. авт., №1243 в перечне ВАК по состоянию на 22.12.2020 г.)

Представлен алгоритм генерации начального приближения для устойчивого решения задачи синтеза субоптимального управления движением центра масс сервисного модуля методом последовательных приближений в сочетании с комбинированным методом оптимизации на этапе его приведения в окрестность рабочей позиции целевого модуля в стохастической постановке по интегральному критерию с учетом детерминированных возмущений от гравитационного поля Земли, гравитации Луны и Солнца и случайных ошибок управления и навигации.

Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):

1. Hoang Vu Tan, Fedorov Aleksandr Viktorovich. The synthesis algorithm of motion control of the center of mass of the service module during spacecraft servicing on the geostationary orbit // Journal of Mechanical Engineering Research & Developments (JMERD), 2020, Vol. 43, No. 3, pp. 164-173. (SCOPUS)

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Инженерная академия, ведущая организация. Отзыв положительный.

К работе имеются следующие замечания:

1. Автором недостаточно полно рассмотрено управление наклоном и долготой восходящего узла на переходной орбите сервисного модуля.

2. Количество проведенных испытаний по методу Монте-Карло достаточно для подтверждения работоспособности алгоритмов, но недостаточно для их внедрения.

3. В тексте диссертации и автореферата присутствует ряд грамматических и стилистических ошибок.

2. Баранов Андрей Анатольевич, официальный оппонент, доктор физико-математических наук. Отзыв положительный, заверен ученым секретарем ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, к.ф.-м.н. А.И. Масловым.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе не рассмотрен вопрос управления движением СМ при стыковке с ЦМ; автор ограничился управлением движением СМ вокруг ЦМ, при этом рассматривается движение в плоскости орбиты по эллипсу, хотя целесообразно было рассмотреть более информативное относительное движение по окружности, выходящей из плоскости орбиты.

2. В работе предполагается независимое управление в плоскости орбиты и отдельно изменение ориентации плоскости орбиты. Это не оптимальная схема

управления. У перспективных космических аппаратов будет возможность оптимальной одновременной коррекции всех элементов орбиты. В данной работе коррекция ориентации плоскости орбиты не рассматривается.

3. В постановке задачи предполагается, что время перелета не фиксировано, в то время как в задаче обслуживания время перелета к обслуживаемому объекту, как правило, задано.

4. На первом этапе выбора начального приближения учитываются только необходимое изменение большой полуоси и положения вдоль орбиты, хотя можно было сразу учесть и необходимое изменение вектора эксцентриситета.

3. **Кутоманов Алексей Юрьевич**, официальный оппонент, кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен и.о. главного ученого секретаря АО «ЦНИИмаш» д.т.н. В.Ю. Ключниковым.

Замечания по диссертационной работе:

1. В обзоре литературы недостаточно полно приведены результаты аналогичных работ, проводимых в Российской Федерации и за рубежом.

2. При синтезе алгоритмов управления применяется обобщенный критерий оптимальности, однако не объяснено как его составить.

3. При разработке математической модели движения центра масс СМ и ЦМ недостаточно обоснованы некоторые допущения.

4. В работе не рассмотрено влияние коррекции наклонения и долготы восходящего узла орбиты на коррекции параметров движения в плоскости орбиты.

5. В тексте диссертации и автореферата встречаются некоторые грамматические и синтаксические неточности.

4. **АО «Российские космические системы»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем начальника отделения, д.т.н. В.В. Куршиным и ведущим научным сотрудником отделения, к.т.н. С.П. Федорцовым, заверен ученым секретарем АО «Российские космические системы», к.т.н. С.А. Федотовым.

В качестве замечания можно указать, что в работе не рассмотрено влияние коррекции наклонения и долготы восходящего узла орбиты на коррекцию

параметров движения в плоскости орбиты.

5. **АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан ведущим математиком отдела №542, к.т.н. П.Е. Розиным, ведущим математиком отдела №517, к.т.н. А.В. Симоновым, математиком 2-й категории отдела №517, к.т.н. С.Е. Гордиенко, заверен заместителем генерального директора по персоналу и общим вопросам И.В. Шолоховой, утвержден заместителем генерального директора по научной работе, д.т.н., проф. С.Н. Шевченко.

В качестве замечаний необходимо отметить:

1. В качестве научной новизны работы заявлена разработка алгоритма субоптимального управления. В то же время, предметом исследования являются алгоритмы квазиоптимального управления. Из текста автореферата не ясно, в чем именно отличие между данными двумя видами оптимальности и как при исследовании квазиоптимальных алгоритмов было получено субоптимальное управление;

2. Из текста автореферата не ясна математическая модель двигательной установки КА. Какие именно случайные характеристики формирования приращения кажущейся скорости (управления), возникающие за счет ошибок ее работы, учитывались?

6. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой Системы автоматического управления, д.т.н., проф. К.А. Неусыпиным, заверен заместителем начальника управления кадров МГТУ им. Н.Э. Баумана А.Г. Матвеевым.

К недостаткам автореферата следует отметить, что на странице 11 говорится об «обобщенном критерии» оптимальности, однако не объяснено как составить этот критерий.

7. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный**

исследовательский университет имени академика С.П. Королева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заведующим кафедрой космического машиностроения, д.т.н., проф. В.В. Салминым, утвержден начальником отдела сопровождения деятельности ученых советов Самарского университета И.П. Васильевой.

Среди замечаний следует отметить следующие:

1. В ряде формул по тексту автореферата отсутствуют пояснения к обозначению некоторых величин, что затрудняет восприятие содержания работы; также в тексте автореферата имеются орфографические и синтаксические ошибки.

2. На рис. 6 приведен фазовый портрет процесса приведения СМ в окрестность рабочей позиции ЦМ, однако непонятно в каких координатах он построен - по обеим осям обозначена скорость дрейфа v , однако единицы измерения разные.

8. **АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», отзыв на автореферат. Отзыв положительный,** подписан начальником группы отдела разработки баллистического и навигационного обеспечения КА А.А. Внуковым, ученым секретарем НТС секции №1 А.Н. Кульковым, утвержден председателем секции №1 НТС предприятия, заместителем генерального конструктора по разработке космических систем, общему проектированию и управлению космическими аппаратами, к.т.н. А.В. Кузовиковым.

В качестве замечаний необходимо отметить следующие:

1. Из текста автореферата следует, что Система обслуживания геостационарных спутников будет базироваться на круговой орбите вне пояса безопасности ГСО, то есть согласно международным требованиям на высоте 250 - 300 км выше ГСО. Приведение сервисного модуля с такой орбиты в рабочую позицию целевого модуля двигателями малой тяги возможно за 10 и более суток, в течение которых может потребоваться коррекция географической широты целевого модуля. Поэтому имеющееся в автореферате допущение о том, что целевой модуль не совершает маневров во время приведения сервисного модуля и

инспекции, может привести к возникновению неучтённых ошибок взаимного положения сервисного и целевого модулей.

2. Предполагается, что бортовая автономная система навигации орбиты позволяет в любой момент определить параметры орбиты СМ. Однако без отсутствия системы локации, позволяющей оперативно определять орбиту ЦМ при требуемом сближении на десятки метров невозможно.

9. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником подразделения 0800, д.т.н., проф. Л.В. Вишняковой, ведущим научным сотрудником подразделения 0800, д.т.н. Р.Р. Шатовкиным, утвержден ученым секретарем ФГУП «ГосНИИАС», д.т.н., проф. С.М. Мужичком.

К числу недостатков могут быть отнесены следующие:

1. Требуется пояснения выбор рассматриваемых случаев моделирования работы системы управления сервисным модулем.

2. Требуется пояснения математическое выражение (4) на странице 11 автореферата.

3. Автореферат перенасыщен сокращениями, что затрудняет восприятие материала.

10. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственный центр автоматики и приборостроения имени академика Н.А. Пилюгина»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела, д.т.н., доцентом Дишелем Виктором Давидовичем, утвержден первым заместителем генерального конструктора А.И. Сапониковым.

Недостатков нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проектирования и практического использования геостационарных космических аппаратов и систем, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 05.07.09 –

«Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН) является ведущей организацией. Выбор ведущей организации обусловлен наличием в ней высококвалифицированных специалистов по теме диссертации, что подтверждается списком их работ (список публикаций по проблематике исследования прилагается к отзыву). Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с баллистикой и управлением движением космических аппаратов. Отзыв подписан первым заместителем – заместителем по научной работе директора Инженерной академии, профессором департамента механики и мехатроники, д.т.н. С.А. Купреевым, доцентом департамента механики и мехатроники, к.т.н., с.н.с. О.Е. Самусенко.

Баранов Андрей Анатольевич, официальный оппонент – автор более 80 научных работ, имеет патенты на изобретения. Ученый в области управления движением космических аппаратов (КА). Он разработал способы проектирования и построения космических систем обслуживания спутников, проводит исследования по тематике увода объектов космического мусора, разработал высокоэффективные алгоритмы управления движением КА, методики обеспечения безопасности проведения динамических операций при встрече на орбите.

Кутоманов Алексей Юрьевич, официальный оппонент – автор более 15 научных работ. Под руководством А.Ю. Кутоманова проводятся исследования в области навигации и практического управления движением космических аппаратов. Он разработан метод обеспечения безопасного спуска пилотируемого КА при возникновении нештатной ситуации на любом этапе орбитального полета.

В дискуссии приняли участие:

| Фамилия, имя, отчество | Ученая степень, шифр специальности в совете |
|-------------------------------|---|
| Константинов Михаил Сергеевич | д.т.н., проф., 05.07.09 |

| | |
|----------------------------------|-------------------------|
| Старков Александр Владимирович | д.т.н., 05.07.09 |
| Евдокименков Вениамин Николаевич | д.т.н., проф., 05.13.01 |
| Занин Кирилл Анатольевич | д.т.н., 05.13.18 |

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, заключаются:

1. В разработке эффективного алгоритма генерации начального приближения, который имеет способность создания начального приближения для обеспечения сходимости алгоритма синтеза субоптимального управления движением центра масс сервисного модуля на этапе приведения в окрестности целевого модуля;

2. В разработке алгоритмов управления движением сервисного модуля на этапах приведения в окрестности целевого модуля и удержанием относительно целевого модуля. Результаты моделирования алгоритмов управления подтвердили их работоспособность.

Новизна полученных результатов заключается в том, что в работе:

1. Разработан новый алгоритм генерации начального приближения для устойчивого решения задачи синтеза субоптимального управления движением центра масс сервисного модуля методом последовательных приближений в сочетании скомбинированным методом оптимизации на этапе его приведения в окрестность рабочей позиции целевого модуля в стохастической постановке по интегро-терминальному критерию с учетом детерминированных возмущений от гравитационного поля Земли, гравитации Луны и Солнца и случайных ошибок управления и навигации;

2. Разработан новый алгоритм удержания сервисного модуля относительно целевого модуля в процессе инспекции в стохастической постановке;

3. Создан программно-математический комплекс для отработки новых алгоритмов управления движением космических аппаратов в рамках задач обслуживания.

Теоретическая и практическая значимость проведенных исследований заключается в том, что разработанные модели, алгоритмы и программно-

моделирующий комплекс могут быть использованы при проектировании и отработке автономных систем управления динамическими операциями КА на околокруговых орбитах, в том числе геостационарной орбите. Программно-математический комплекс может использоваться для решения задачи отработки средств автономного проведения динамических операций космических аппаратов на геостационарной орбите.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается «Актом о внедрении результатов диссертационной работы Хоанг Ву Тан на тему «Разработка алгоритмов управления движением космического аппарата системы обслуживания геостационарных спутников связи» в учебном процесс МАИ», утвержденным проректором по учебной работе МАИ Д.А. Козорезом.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в учебном процессе в дисциплине «Оптимизация организационно-технических систем», в организациях, осуществляющих управления движением КА, таких как АО «Российские космические системы», АО «ЦНИИмаш», АО «НПО Лавочкина», а также при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для космических систем «Электро», «Арктика», «Сфера» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором обосновано применялись общие и специальные методы системного анализа, динамика полета, теории управления, синтеза оптимального управления статистические методы обработки данных и метод математического моделирования.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.


Изложенные в диссертационной работе результаты **являются новыми научно-обоснованными техническими решениями**, имеющими существенное значение для развития космической отрасли страны в части проектирования перспективных космических аппаратов и систем обслуживания геостационарных спутников связи.

На заседании 15 апреля 2021 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение присудить Хоанг Ву Тан ученую степень кандидататехнических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.


Председатель диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н., профессор

 V.V. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 212.125.12, д.т.н.

 A.V. Старков

«15» апреля 2021 г.

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина

