

ОТЗЫВ

Досжана Нұрсұлтана Сағынайұлы на тему «Разработка алгоритмов управления движением спутников в группировке», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D074600 – Космическая техника и технологии».

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан по специальности «6D074600 – Космическая техника и технологии». Диссертация выполнена в рамках проектов программы грантового финансирования прикладных исследований по приоритету информационные, коммуникационные и космические технологии «Проектирование системы управления движением группировки спутников для дистанционного зондирования Земли» (2018-2020гг., АР05132939) и «Разработка системы управления для сохранения конфигурации группировки космических аппаратов с учетом неопределенностей» (2021-2023 гг., АР09260469)
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в развитие систем управления группировки спутников которые предназначены для дистанционного зондирования Земли в режиме реального времени. Результаты исследований служат научной базой для улучшения изучения динамики спутниковых группировок и теории управления, что позволяет решать широкий спектр задач от геоинформатики до астрофизики. Важность работы хорошо раскрыта и заключается в создании высокоточных алгоритмов управления, которые обеспечивают

3.	Принцип самостоятельности и	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u>; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	поддержание необходимой конфигурации группировки. Уровень самостоятельности: высокий. Основные результаты диссертационного исследования получены автором самостоятельно. Полученные научные результаты работы являются новыми, представляют научный и практический интерес для систем управления спутниками в группировке предназначенных для мониторинга поверхности Земли в режиме реального времени. Актуальность диссертации обоснована полностью. Суть работы раскрыта подробно.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u>; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u>; 2) Частично отражает; 3) Не отражает 4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Содержание диссертации отражает тему диссертации в полном объеме. Цель и задачи соответствуют теме диссертации. Цель работы: Построение математической модели движения группировки спутников малого кластера на геостационарной орбите с учетом возмущений, а также разработка алгоритмов управления движением группировки для сохранения ее конфигурации. В работе решаются следующие задачи: 1. Построение математической модели движения группировки спутников с учетом возмущений возникающих из-за несферичности Земли, а также лунно-солнечных возмущений; 2. Разработка системы управления движением группировки спутников на геостационарной орбите на основе линейных и нелинейных методов: - на основе корневого метода (RLM) и линейно-квадратичного регулятора (LQR) - на основе метода размещения полюсов в LMI областях, LQR и линейного H_2 управления

		- основанных на робастных алгоритмах управления такие как H_2 и H_∞. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны. Диссертация состоит из введения, 3 разделов и заключения. Во введении описывается современное состояние исследуемой проблемы и дается обзор работ и литературы в области развития систем управления движением группировки спутников. В первом разделе описывается создание математической модели движения спутников в группировке и алгоритмы управления конфигурацией группировки в условиях невозмущенной опорной орбиты с использованием различных методов. Во втором разделе представлена математическая модель движения спутниковой группировки и алгоритмы управления конфигурацией спутников с учетом основных возмущающих сил, разработанных на основе метода размещения полюсов в LMI областях, LQR и линейного H_2 управления. В третьем разделе представлена математическая модель движения спутниковой группировки относительно возмущенной опорной орбиты. Составлены уравнения возмущенного движения спутниковой группировки с учетом возмущений, вызванных неоднородностью гравитационного поля Земли, притяжением Луны и Солнца, а также давлением солнечного света. разработан алгоритм управления обеспечивающий достаточный уровень устойчивости группировки, основанных на робастных алгоритмах управления такие как H_2 и H_∞. В заключении приведены основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.
4.4	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Предложенные автором новые математические модели и разработанные алгоритмы достаточно аргументированы. Был проведен сравнительный анализ. В результате детального сравнительного анализа было выявлено что, решения предложенные автором являются уникальными потому что дистанционное зондирование Земли и по сей день производится с помощью низкоорбитальных спутников. Автор предлагает использовать группировку спутников, летающих на геостационарной орбите, для обеспечения зондирования большей
4.5	Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других	Предложенные автором новые математические модели и разработанные алгоритмы достаточно аргументированы. Был проведен сравнительный анализ. В результате детального сравнительного анализа было выявлено что, решения предложенные автором являются уникальными потому что дистанционное зондирование Земли и по сей день производится с помощью низкоорбитальных спутников. Автор предлагает использовать группировку спутников, летающих на геостационарной орбите, для обеспечения зондирования большей

	авторов	поверхности Земли с высоким временным и пространственным разрешением. Эта группировка иллюстрирует работу телескопа с синтезированной апертурой в виде Физо, гарантируя высокое пространственное разрешение, аналогичное разрешающей способности одиночного большого телескопа с подходящей оптической системой. Применение нескольких апертурных телескопов обеспечивает получение изображения поверхности Земли хорошего качества посредством трех или более спутников, которые действуют как их оптические компоненты
5.	Принцип научной новизны	Научные результаты и положения являются полностью новыми. Научная новизна: В данной работе было получено решение математической модели относительного движения группировки спутников апробированными аналитическими и численными методами теории дифференциальных уравнений, позволяющую исследовать динамику взаимосвязанных движений космических аппаратов при наличии возмущений характерные для высоких и геостационарных орбит. Математическая модель строилась относительно невозмущенных орбит, соответствующие моделям Хилла-Клохесс-Уилтшера и Лоудена. Учитывались возмущения типа неоднородного поля притяжения Земли, согласно модели Сэдвика-Швайгарда, притяжения Луны и Солнца, и давления Солнечных лучей. Система управления и подбор управляющих коэффициентов были построены на основе таких методов как линейно-квадратичный регулятор, метод размещения корней, линейное H_2 управление, робастные алгоритмы управления такие как H_2 и H_∞.
	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются новыми. Основные полученные результаты сводятся к следующему: 1) Получена математическая модель движения группировки спутников относительно круговой опорной орбиты с учетом внешних возмущений. 2) На основе полученной математической модели разработаны алгоритмы управления для случая невозмущенной опорной орбиты на
	5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	

		основе корневого метода (RLM) и линейно-квадратичного регулятора (LQR). 3) Построены алгоритмы управления конфигурацией спутников аппаратов с учетом основных возмущающих сил, в случае невозмущенной опорной орбиты на основе применения метода размещения полюсов в LMI областях, линейно-квадратичного регулятора (LQR) и линейного H_2 управления. 4) Разработан алгоритм управления, обеспечивающий сохранение конфигурации группировки в случае возмущенной опорной орбиты основанных на робастных алгоритмах управления такие как H_2 и H_∞. В качестве основных возмущений рассматриваются неоднородность гравитационного поля Земли, гравитаций Луны и Солнца, Солнечное давление и неопределенности разного рода.	Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными. Это подтверждается тем, что диссертация выполнена в рамках двух проектов грантового финансирования.
6.	Обоснованность основных выводов	5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах. Полученные математические модели и алгоритмы управления которые подтверждаются графиками моделирования.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано;	Научные положения выносимые на защиту: - математическая модель движения группировки спутников на геостационарной орбите, учитывающий возмущения высоких орбит (7.1 – доказано, 7.2 – нет, 7.3 – да, 7.4 – узкий, 7.5 – да); - алгоритмы управления конфигурацией группировки в случае

		3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет	невозмущенной опорной орбиты на основе корневого метода (RLM) и линейно-квадратичного регулятора (LQR) (7.1 – доказано, 7.2 – нет, 7.3 – да, 7.4 – узкий, 7.5 – да); - алгоритмы управления конфигурацией группировки спутников с учетом основных возмущающих сил, в случае невозмущенной опорной орбиты на основе применения метода размещения полюсов в LMI областях, линейно-квадратичного регулятора (LQR) и линейного H_2 управления (7.1 – доказано, 7.2 – нет, 7.3 – да, 7.4 – узкий, 7.5 – да); - алгоритм управления обеспечивающая сохранение конфигурации группировки в случае возмущенной опорной орбиты и неопределенностей разного рода, основанных на робастных алгоритмах управления такие как H_2 и H_∞ (7.1 – доказано, 7.2 – нет, 7.3 – да, 7.4 – узкий, 7.5 – да); По материалам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, из них 4 в научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных КОКШВО МНВО РК, 3 в научных журналах индексируемых базой данных Scopus, 3 в материалах международной конференции и симпозиумов, 1 в монографии.
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет	В диссертационной работе были использованы фундаментальные законы теоретической и небесной механики, апробированные аналитические и численные методы теории линейных дифференциальных и алгебраических матричных уравнений, применены известные апробированные методы теории управления, теории колебаний и устойчивости движения, теории высшей алгебры, а также численные методы высокой точности предназначенные для решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений. Выбранная в диссертационной работе методология обоснована и достаточно подробно описана.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий и программного пакета Maple.

9	Принцип практической ценности	технологий: 1) да; 2) нет		
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	Теоретические выводы доказаны, полученные математические модели и алгоритмы подтверждены в полном объеме через научные публикации в высокорейтинговых журналах.	
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу. Список литературы состоит из 100 источников.	
		8.5 Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора	Использованные источники литературы достаточны для литературного обзора	
		9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Теоретическая значимость полученных результатов диссертации заключается в создании высокоточных алгоритмов управления, которые обеспечивают поддержание необходимой конфигурации группировки. Эти алгоритмы не имеют аналогов в мире, поскольку до сих пор группировки на геостационарной орбите не размещались.	
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	В настоящее время во всем мире достаточно быстро усиливается тенденция разработки малых космических аппаратов, поэтому разработанный алгоритм управления может быть использован в различных проектах по запуску группировки на геостационарную орбиту для непрерывного мониторинга поверхности Земли в случае	

		различных чрезвычайных ситуации таких как пожары, паводки и наводнения. Этим определяется практическая значимость исследования. Поэтому диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике.
	9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики являются новыми.
10.	Качество написания и оформления Качество академического письма: 1) высокое ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Высокое

Заключение:

Присудить степень доктора философии (PhD) или доктора по профилю.

Официальный рецензент:
Председатель Правления
АО «Национальный центр комических
исследований и технологий»
Д.Т.Н., профессор



М.Р. Нургузин