



ФАНО России
Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша
Российской академии наук»
(ИПМ им. М.В. Келдыша РАН)

125047, Москва, Миусская пл., 4 Тел. 8 (499) 972-37-14 Факс 8 (499) 972-07-37

http://keldysh.ru E-mail office@keldysh.ru

ОКПО 02699381 ОГРН 1037739115787 ИНН/КПП 7710063939/771001001

07.11.2017 № 11103- 9422/946

На № _____

Проректору по научной работе
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет)»
д.т.н., профессору
Ю.А. Равиковичу

125993, Москва, Волоколамское ш., д.4

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на диссертацию Розина Петра Евгеньевича на тему «Динамическое проектирование системы управления движением и навигации малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с аппаратурой кадровой съёмки», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение: отзыв ведущей организации на 7 листах в двух экземплярах

И.о. директора
д.ф.-м.н.


М.Б. Марков

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 2
"15" 11 2017

«УТВЕРЖДАЮ»

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

д.ф.-м.н.

М.Б. Марков

«07» ноября 2017 г.

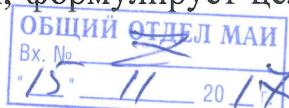
Отзыв ведущей организации

на диссертацию Розина Петра Евгеньевича на тему «Динамическое проектирование системы управления движением и навигации малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с аппаратурой кадровой съёмки», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Современные геоинформационные технологии требуют проведения космической съёмки земной поверхности. Съёмку обеспечивают спутники дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые находятся на солнечно-синхронных орбитах с высотами 600–800 км. Современные технологии позволяют выполнять ДЗЗ малыми космическими аппаратами (МКА) массой до 150 кг, на которые устанавливается аппаратура кадровой съёмки с высоким разрешением. Получение снимков предъявляет высокие требования к разработке систем управления движением и навигации (СУДН) МКА ДЗЗ. Всё это указывает на актуальность темы диссертационной работы.

Диссертационная работа имеет следующую структуру. Она состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованных источников.

Во введении автор обосновывает актуальность выбранной темы диссертации, определяет объект и предмет исследования, формулирует цели



и задачи работы, приводит основные положения диссертации, выносимые на защиту, указывает на практическую значимость работы.

В первой главе проведён анализ приборного состава, логики функционирования и алгоритмов СУДН МКА ДЗЗ с аппаратурой кадровой съёмки. Проведён анализ условий их функционирования на солнечно-синхронных орбитах, получены оценки для возмущающих моментов с целью разработки алгоритмов и логики функционирования СУДН. Определяется и обосновывается выбор исполнительных органов СУДН, алгоритмов и логики функционирования СУДН. Логика функционирования СУДН подразумевает решение двух подзадач:

- стабилизация движения спутника около центра масс;
- баллистико-навигационное обеспечение полёта МКА.

В этой же главе автором предложен ряд алгоритмов:

- приведение КА в заданную ориентацию с заданным значением вектора угловой скорости в конце разворота;
- обработка данных двух звёздных датчиков с минимизацией квадрата ошибки;
- определение ориентации осей гирокопического измерителя вектора угловой скорости относительно звёздного датчика;
- разгрузка кинетического момента двигателей-маховиков.

Во второй главе представлены математические модели измерительных приборов и исполнительных органов СУДН МКА: датчика угловых скоростей, магнитометра, звёздного датчика, двигателей-маховиков, магнитных исполнительных органов. При этом основное внимание уделено моделированию случайных возмущений, присутствующих в измерениях.

Третья глава посвящена методам построения цифрового моделирующего комплекса (ЦМК) для отработки СУДН. Разработана архитектура, определён состав задач, используемых моделей, логики функционирования и принципа взаимодействия ЦМК с СУДН. В этой главе

рассмотрены модели орбитального движения КА. При этом учтено влияние нецентральности гравитационного поля Земли, воздействие Солнца и Луны, влияние атмосферы. Представлены результаты совместной отработки СУДН космического аппарата «Аурига» с применением разработанного бортового программного обеспечения и ЦМК для демпфирования остаточных угловых скоростей и для трёхосной ориентации КА. Проведён анализ полученных точностных характеристик.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Главным достоинством работы является её большая практическая направленность. Автор соединил в своём исследовании ряд совершенно разнородных задач, необходимых для успешного решения комплексной проблемы проектирования малого космического аппарата специального назначения. При этом он воспользовался целым арсеналом методов и алгоритмов из самых разных разделов математики, физики и информатики.

Необходимо отметить большой объём моделирования, результаты которого представлены в диссертационной работе. Обработка представленных результатов и их интерпретация представляет несомненный, и не только практический, интерес. Рационально оформлена регулярная процедура выбора минимального инструментария – оснастки МКА ДЗЗ, обеспечивающая требуемую точность СУДН.

В диссертационной работе выявлен ряд неочевидных квазистационарных динамических особенностей полученных точностных характеристик СУДН. За счёт совместной обработки измерений двух звёздных датчиков сокращено время, необходимое для привязки по времени восходящего узла орбиты. В диссертационной работе разработан инструментарий, на основе которого получены условия, обеспечивающие стабильное улучшение точностных характеристик.

Результаты диссертации должны найти применение в задачах проектирования современных МКА ДЗЗ с кадровой развёрткой высокого разрешения порядка нескольких метров.

К диссертационной работе имеются замечания.

1. Название диссертации содержит термин «динамическое проектирование», который требует ссылки на источник этого понятия, например, «Динамическое проектирование систем управления автоматических манёвренных летательных аппаратов» под ред. Е.А. Федосова (М., Машиностроение, 1996).
2. В тексте диссертации слабо представлен обзор имеющихся публикаций по вопросам, которые являются предметом диссертационного исследования. Например, в подразделе 1.7 автор излагает алгоритм приведения КА в ориентацию с заданным значением вектора угловой скорости в конце разворота. Задача о развороте (переориентации) изучалась во многих работах, назовём только монографии: Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Применение кватернионов в задачах ориентации твёрдого тела. – М.: Наука, 1973; Челноков Ю.Н. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твёрдого тела и их приложения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006; Челноков Ю.Н. Кватернионные модели и методы динамики, навигации и управления движением. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. Но в диссертации нет ни одной ссылки по этой тематике.
3. Ссылки на публикации нет даже там, где они обязательно должны присутствовать. Например, на с. 95 автор пишет: «При численном интегрировании дифференциальных уравнений возмущённого движения необходимо использовать наиболее эффективный алгоритм вычисления возмущающих ускорений по формуле (3.4). Один из таких алгоритмов предложен Каннингхемом (Cunningham)». Разумеется, вместо (Cunningham) должно быть (Cunningham). Но при этом автор должен был сослаться на статью: Cunningham L.E. On the Computation of the Spherical Harmonic Terms Needed During the Numerical Integration the Orbital Motion of an Artificial Satellite // Celest. Mech, 1970, v. 2, P. 207-216.
4. В диссертации при выборе той или иной модели автор не приводит мотивировки выбора. Например, на с. 97 автор сообщает, что использует

отечественной литературе она называется также моделью Хариса-Прейстера). Но сравнения с другими моделями не проводится. Не даётся также ссылки на какой-либо источник, где такое сравнение проведено.

5. На рис. 1.3 (с. 39) приведена блок-схема алгоритма. Она содержит блок «Решение» в виде ромба, в котором содержится текст «Требуется разгрузка?». Этот блок содержит только один выход, а их должно быть два: «Да» и «Нет».

Имеется также ряд редакционных замечаний.

1. В тексте диссертации на с. 88 присутствует текст, выделенный красным цветом, который повторяет текст на с. 25.
2. Нумерация формул в диссертации непоследовательна. Большинство формул не пронумерованы. В первой главе на с. 41 имеется формула (1.7.1) (в подразделе 1.6). Ссылки на эту формулу нет. Следом на с. 56 появляется формула (1.1). Во второй главе формулы не пронумерованы. В третьей главе вслед с формулой (3.4) (с. 95) следует формула с тем же номером (с. 99), после этого на с. 101 появляется формула (3.6).
3. В обозначениях векторов нет единообразия. Например, на с. 61 один и тот же вектор сначала обозначен L , а двумя строками ниже – \bar{L} . В обозначении кватернионов также присутствует разнообразие. На с. 39 Λ (прописная буква греческого алфавита) – кватернион ориентации КА по информации звёздного датчика, на с. 53 q_{cb} (строчная буква латинского алфавита) – кватернион перехода от инерциальной системы отсчёта.
4. Текст диссертации плохо отредактирован. Приведём примеры.

На с. 44-45 имеется предложение: «Всего в полётном задании может храниться до десяти полётных заданий».

На с. 128 содержится текст: «при условиях обеспечения условий».

На с. 132 имеются фразы: «Проведён анализ необходимого и достаточно количества алгоритмов ...», «Предложены режим демпфирования ...».

5. Оформление списка использованных источников не соответствует ГОСТ 7.1-2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и

5. Оформление списка использованных источников не соответствует ГОСТ 7.1-2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и ГОСТ 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Например, в библиографическом описании с порядковым номером 8 не указано издательство, для 15, 29, 30, 31, 32, 34, 35 не указано количество страниц, в описании 5 неправильно использован разделитель //.

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы, и их следует рассматривать как рекомендации по совершенствованию дальнейшей научной деятельности автора. Часть замечаний, по-видимому, вызвана комплексным характером задачи, решаемой автором.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Замечания к автореферату частично повторяют замечания к диссертации.

Материал, изложенный в диссертации, соответствует специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов». Представленный выше анализ диссертации позволяет сделать **заключение** о том, что диссертация П.Е. Розина «Динамическое проектирование системы управления движением и навигации малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с аппаратурой кадровой съёмки» является научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача создания высокоэффективного инструментария и методик для динамического проектирования системы управления движением и навигации малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с аппаратурой кадровой съёмки высокого разрешения. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесёнными Постановлением

Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании семинара сектора «Механика и управление движением космических аппаратов» (протокол № 103 от 01 ноября 2017 г.).

Заведующий сектором «Механика и управление движением космических аппаратов», д.ф.-м.н.

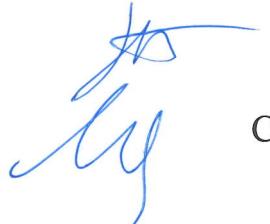
г.н.с., д.ф.-м.н.

в.н.с., к.ф.-м.н.

с.н.с., к.т.н., доцент

 А.Г. Тучин

 А.В. Грушевский

 Д.А. Тучин

 С.М. Лавренов