



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

Федеральное государственное унитарное предприятие
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ» (ФГУП ЦНИИмаш)



ул. Пионерская, д. 4, г. Королёв,
Московская область, 141070

Тел. (495) 513-59-51
Факс (495) 512-21-00

E-mail: corp@tsniimash.ru
http://www.tsniimash.ru

ОКПО 07553682, ОГРН 1025002032791
ИНН/КПП 5018034218/501801001

13.03.2014 исх. № 803-116

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по
науке, д.т.н.



О.П. Клишев
2014 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГУП ЦНИИмаш на диссертацию
Захваткина Михаила Витальевича

на тему: «Определение и прогнозирование параметров движения космического аппарата с учетом возмущений, вызванных работой бортовых систем», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - «Теоретическая механика».

Многие современные и перспективные космические проекты, связанные с изучением и освоением космического пространства и небесных тел, предъявляют все более высокие требования к баллистико-навигационному обеспечению (БНО) космических миссий. Это в полной мере относится к отечественным перспективным лунным программам, полетам КА к Марсу, другим планетам и малым телам солнечной системы, а также к ряду проектов фундаментальной внеатмосферной астрономии с использованием КА. Так, например, уже в реализуемом в настоящее время проекте «Радиоастрон», предусматривающем использование наземно-космического радиоинтерферометра, где космическим элементом является КА «Спектр-Р», требования к точности знания положения КА на орбите для обеспечения адекватной привязки целевых измерений характеризуются величинами порядка нескольких сотен метров. Высокую

000675 *✳️

точность навигации КА необходимо будет обеспечивать и в запланированных астрофизических проектах «Спектр-РГ», «Спектр-М», а также в предстоящих лунных миссиях. Возросшие требования к точности и надежности баллистико-навигационного обеспечения указанных КА и многих других перспективных космических миссий привели к необходимости совершенствования и вывода на качественно новый уровень методических и программно-математических средств БНО и организации практических работ по данному направлению.

В этой связи диссертационная работа М.В. Захваткина, посвященная разработке и применению более совершенных моделей, методов и алгоритмов для решения задач точного определения и прогнозирования параметров движения КА с учетом влияния достаточно сложных возмущений негравитационной природы, в том числе обусловленных и работой бортовых систем, представляет **актуальную тему**, тесно связанную с приоритетными направлениями Федеральной космической программы России на предстоящую перспективу. Предлагаемые в работе подходы и методы решения рассматриваемых задач имеют серьезное теоретическое обоснование и ярко выраженную практическую направленность.

Хотя заявленной целью работы являлась разработка методов, обеспечивающих повышение точности определения и прогнозирования параметров движения, вообще говоря, различных современных КА за счет учета в соответствующих расчетах их конструктивных и функциональных особенностей, основные результаты, составляющие научную новизну и практическую значимость этой работы, были получены на примере КА «Спектр-Р». Данный аппарат, как и другие крупные научные КА, проектируемые в НПО им. С.А. Лавочкина, организован на базе платформы «Навигатор».

Автором показано, что для рассматриваемых научных КА, длительное время находящихся по условиям полета вдали от Земли, одним из существенных возмущающих факторов, оказывающих заметное влияние на движение аппарата, является давление солнечного света. При этом для космических аппаратов, имеющих сложную форму и большие отражательные поверхности с разными характеристиками, упрощенный подход к моделированию силы светового давления, часто используемый в практике БНО, приводит к большим

погрешностям в учете влияния этого фактора, а, тем самым, и к существенным ошибкам в рассчитываемых параметрах движения КА. Поэтому для повышения точности описания движения КА необходимо в модели его движения применять более адекватную модель силы солнечного давления, учитывающую форму, отражательные характеристики различных частей поверхности аппарата, условия полета и ориентации КА относительно Солнца.

Другим источником негравитационных возмущений, способных оказывать заметное влияние на движение центра масс КА, организованных на платформе «Навигатор», является работа бортовых систем, обеспечивающих заданную ориентацию и стабилизацию аппарата. Поддержание заданной ориентации КА в пределах определенного интервала времени реализуется в данном случае с помощью маховичных электромеханических исполнительных органов (ЭМИО). Работа ЭМИО противодействует вращательному моменту, вызываемому внешними силами (в том числе, световым давлением), но при этом происходит накопление кинетического момента двигателями - маховиками. При достижении определенных пределов по скоростям маховиков необходимо осуществлять их разгрузку. Разгрузка накопленного кинетического момента ЭМИО осуществляется с помощью набора реактивных двигателей стабилизации, работающих по не моментной схеме, что в результате приводит к появлению некоторого приращения к скорости центра масс КА. Данные об ориентации КА в инерциальном пространстве, скоростях вращения маховиков и параметрах работы двигателей стабилизации, на основании которых могут быть получены значения импульсов разгрузки, телеметрируются.

Новизной работы М.В. Захваткина, представляющей, на наш взгляд, ценность с точки зрения практических приложений являются:

1. Параметризованная модель силы светового давления, действующей на КА произвольной формы, предусматривающая представление поверхности КА в виде суммы плоских элементов, имеющих определенные отражательные характеристики и определенную ориентацию относительно падающего на них потока солнечного света, и учет освещенности данных элементов. На основании данной модели строится также модель момента сил светового давления на КА.

2. Построенная на основе предложенного подхода конкретная модель силы и момента светового давления, действующих на КА «Спектр-РГ». Данный аппарат представлялся в этом случае в виде трех основных частей: космического радиотелескопа, центрального блока и панелей солнечных батарей.

3. Установленная для участков полета КА с постоянной ориентацией в инерциальном пространстве вдали от гравитирующих тел взаимосвязь между накоплением кинетического момента ЭМИО и моментом сил светового давления, а, тем самым, между параметрами, характеризующими работу маховиков, и параметрами используемой модели светового давления.

4. Алгоритм получения измеренного значения импульса приращения скорости, появляющегося в результате разгрузки ЭМИО, на основании использования телеметрических данных о работе двигателей стабилизации при выполнении данной разгрузки.

5. Методика и алгоритмы определения параметров движения КА и ряда вспомогательных параметров, позволяющих учитывать изменение светового давления в процессе полета и возмущения от разгрузок ЭМИО, по данным внешнетраекторных измерений разного вида и телеметрической информации об ориентации КА, скоростях вращения двигателей - маховиков и работе двигателей стабилизации при разгрузках ЭМИО.

Определенный интерес для практики БНО полетов КА рассматриваемого спектра может представлять предложенный автором подход к прогнозированию движения КА с прогнозированием изменения кинетического момента маховиков и учетом необходимости их разгрузок.

Также, в плане организации и проведения оптических измерений удаленных КА, может быть полезна, как более точная, предлагаемая автором модель расчета видимого блеска КА, разработанная на основе модели светового давления, учитывающей форму, ориентацию и отражательные характеристики аппарата.

Как можно заключить по представленным в диссертации материалам и библиографическим ссылкам, разработанные автором подходы, модели, методы и алгоритмы базируются на трудах известных и авторитетных отечественных и зарубежных ученых в области классической теоретической механики, небесной

механики и астродинамики, космической баллистики и других наук. В работе автора учитываются также результаты исследований и научно-практические достижения в области БНО полетов КА и ряда смежных дисциплин, полученные в ведущих отечественных и зарубежных организациях соответствующего профиля. Все это создает необходимую **обоснованность** основным научным положениям и практическим результатам диссертации.

Достоверность полученных в работе результатов и сделанных предложений подтверждается реализацией различных вариантов определения и прогнозирования параметров движения КА на разных временных интервалах, сравнением получаемых результатов в пересекающихся областях пространства и времени, а также достижением требуемой точности навигационной привязки научных измерений, выполненных КА «Спектр-Р».

Содержание диссертационной работы М.В. Захваткина изложено в логически связанной последовательности, включающей цели и задачи исследований, фундаментальные теоретические положения по рассматриваемым вопросам и полученные автором результаты. Структурно работа состоит из введения, четырех тематических глав и заключения, формируя завершённый труд. Библиография включает 44 наименований источников информации и ссылок, использованных в работе. По представленным материалам можно сделать вывод о большом объеме проведенных автором работ при подготовке диссертации. Это относится как к теоретическим проработкам научных положений, являющихся основой решаемых задач, так и к работам по разработке необходимых программно-математических средств и выполнению компьютерных расчетов.

Следует, однако, отметить, что диссертация М.В. Захваткина не свободна от недостатков и по ней могут быть сделаны следующие замечания.

1. В работе отсутствуют сведения об используемом аппарате прогнозирования параметров движения КА, т.е. об используемом методе решения соответствующих дифференциальных уравнений и достигаемой вычислительной точности. Также нет данных о составах и точности использованных при определении орбиты КА «Спектр-Р» измерениях и о точностях определения расширенного вектора уточняемых параметров, в том числе о точности

определения дополнительных параметров – коэффициентов светового давления и импульсов приращения скорости, возникающих при проведении разгрузок ЭМИО.

2. В таблице 1.2, где приводятся оценки возмущений от различных влияющих факторов, отсутствует оценка характеристик возмущений от воздействия атмосферы Земли, хотя часть орбиты КА «Спектр-Р» лежит в пределах 600 - 1500 км, где влияние этого фактора может быть заметно. В той же таблице в разделе «Притяжение сторонних тел» максимальное значение ускорения почему-то меньше его среднего значения.

3. На стр. 44 сказано, что в формулах (2.1) и (2.2) для расчета времени распространения радиосигнала учитывалось влияние только Земли и Луны. Интересно, оценивалась ли величина релятивистской поправки ко времени распространения радиосигнала за счет гравитационного притяжения Солнца и насколько она меньше, чтобы ею можно было пренебречь?

4. Досадно отметить, что в тексте диссертации имеется большое количество орфографических и стилистических ошибок, а также употребление автором не научной лексики.

Вместе с тем, отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе М.В. Захваткина, ее научной и практической значимости.

Автореферат диссертации в полной степени, четко и ясно отражает ее принципиальные положения, структуру и основные полученные результаты. Он написан и оформлен в строгом стиле и практически свободен от недостатков.

Основные положения и результаты диссертационной работы М.В. Захваткина были доложены автором и обсуждены на заседании НТС баллистического подразделения Центра управления полетами ФГУП ЦНИИмаш, где работе была дана в целом высокая оценка (протокол № 29 от 10.12.2013 г. НТС подсекции №4 секции №4 НТС ФГУП ЦНИИмаш). Было отмечено, что использованные автором подходы и полученные результаты, направленные на повышение точности определения и прогнозирования параметров движения научных КА удаляющихся на большие расстояния от Земли в условиях наличия нестандартных внешних воздействий, меняющихся со временем, и возмущений,

вызываемых работой бортовых систем, **имеют практическую значимость** и могут быть **рекомендованы к применению** в других организациях, занимающихся решением схожих проблем, в частности, в ЦУП ЦНИИмаш.

На основании детального анализа материалов, представленных в диссертации и коллективного обсуждения результатов выполненной работы может быть сделан вывод, что диссертация М.В. Захваткина является завершенной научно-квалификационной работой, имеющей элементы новизны, в которой представлены подходы, методы и результаты решения задачи повышения точности определения и прогнозирования параметров движения космических аппаратов, претерпевающих воздействие нестандартных возмущающих факторов негравитационной природы, вызываемых конструктивными особенностями и условиями полета КА и работой его бортовых систем, предусматривающие использование как внешнетраекторных измерений различного вида, так и данных бортовой телеметрии о работе систем ориентации и стабилизации КА. Результаты, полученные в работе, имеют важное значение для развития методологии и практического осуществления баллистико-навигационного обеспечения научных космических проектов, предъявляющих высокие требования к точности знания реального движения КА. Работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Представляемый отзыв на диссертацию Захваткина М.В. обсужден и одобрен на заседании секции НТС Центра управления полетами ФГУП ЦНИИмаш 13.03.2014 г., протокол № 3.

Начальник отделения, к.т.н., с.н.с.



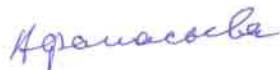
И.И. Олейников

Начальник лаборатории, к.т.н., с.н.с.



Ю.Ф. Колюка

Начальник сектора, к.т.н.



Т.И.Афанасьева