

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«РОСКОСМОС»



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ 456313, Челябинская область,
г. Миасс, ш. Тургорякское, д. 1
☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33
Телеграфный адрес: «Рубин» 624013
E-mail: src@makeyev.ru
ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168
ИНН/КПП 7415061109/741501001

От 07.09.26 № 16/934
На № 104-4084 от 21.07.26

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

«07» 09» М.С. Голунов

«07» 09» 2026г.

О Т З Ы В

Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертации **Крамлиха Андрея Васильевича**, выполненной на тему **«Методы и алгоритмы обеспечения отказоустойчивого управления угловым движением малоразмерных космических аппаратов»** и представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационная работа Крамлиха Андрея Васильевича направлена на решение научной проблемы, связанной с сохранением возможности решения целевых задач малоразмерными космическими аппаратами (МКА) в условиях частичного отказа функционирования элементов системы управления угловым движением.

Численность МКА последние несколько лет значительно увеличивается, целью их функционирования становятся более сложные задачи, что требует от них безотказной работы. Ввиду их малогабаритности возможность установки дублирующих органов управления, в том числе и угловым движением, отсутствует. При этом на низких орбитах атмосфера значительно мешает управлению и, если в системе управления что-то выходит из строя — вся

Входящий № 202-8577
Дата 24 СЕН 2026
Самарский университет

миссия ставится под угрозу. Поэтому разработка специальных методов, и в целом, архитектуры системы управления угловым движением МКА, которые позволяют повысить устойчивость к отказам МКА, обуславливает актуальность выполненной автором работы.

Предметом исследования диссертационной работы является архитектура, методическое и алгоритмическое обеспечение системы управления угловым движением МКА, позволяющие сохранить возможность решения целевых задач.

Целью исследования диссертационной работы является обеспечение отказоустойчивого управления угловым движением МКА.

При решении научно-технических задач, обеспечивающих достижение поставленной цели, автор использует методы теории движения искусственных спутников Земли, методы теории управления, методы теории обработки измерений, численные методы, математическое моделирование.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

- разработана архитектура системы управления угловым движением МКА, включающая цифровой двойник в контуре обратной связи, ранее не используемый в системах управления МКА и предназначенный для автономного детектирования отказов измерительных средств МКА, а также адаптации бортового программного обеспечения;
- разработан метод определения параметров углового движения МКА на основе геометрической видимости навигационных космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем для различного количества навигационных антенн без использования радиоинтерферометрии;
- разработаны сильносвязанные и слабосвязанные схемы и алгоритмы комплексирования разнотипных измерений наиболее часто используемых измерительных средств для определения ориентации МКА;
- разработан алгоритм определения параметров движения относительно центра масс МКА, адаптирующийся к возможным отказам измерительных средств, на основе комплекса оригинальных алгоритмов определения ориентации МКА, без использования адаптивных фильтров и нелинейных наблюдателей;

- для штатного случая функционирования исполнительных устройств и случая отказа одного или двух каналов управления исполнительных устройств получено квазиоптимальное терминальное программное управление угловым движением МКА, учитывающее внешние моменты;
- получены адаптивный и квазиадаптивный законы управления угловым движением МКА в случае высокой деградации каналов управления исполнительных устройств, позволяющие перераспределить управление на исправные органы исполнительных устройств с целью создания необходимых управляющих моментов и сохранения приемлемого качества управления.

В целом полученные результаты являются составляющими реализации нового научного направления в области обеспечения работоспособности и совершенствования класса МКА.

Практическая значимость заключается в применении предложенных методик и архитектуры отказоустойчивой системы управления угловым движением для повышения безотказного функционирования МКА без внедрения в конструкцию дополнительных органов, входящих в систему управления.

Апробация результатов, полученных в диссертационной работе проведена на значительном количестве всероссийских и международных научных конференций.

Из материалов автореферата следует, что автором обоснованы допущения, принятые при построении математических моделей, и использованы известные теоретические положения и математические методы по исследуемому вопросу, что подтверждает **обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**, сформулированных в диссертации.

Замечания к автореферату не предъявляются.

ВЫВОД

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит методологию и алгоритмы решения актуальной научно-технической проблемы обеспечения отказоустойчивости

управления угловым движением малоразмерных космических аппаратов, выполнена на высоком научном уровне, содержит новые теоретические и практические результаты и вносит значительный вклад в развитие методов решения широкого класса задач при освоении космического пространства.

Диссертационная работа полностью соответствует Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842, а ее автор Крамлих Андрей Васильевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

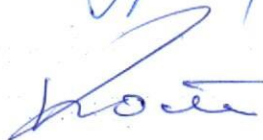
Даем согласие на включение наших персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Крамлиха Андрея Васильевича и их дальнейшую обработку.

Заместитель начальника отделения, к.т.н.



А.И. Шевцов

Ведущий научный сотрудник, д.т.н.



Г.Ф. Костин

Начальник отдела баллистики, к.т.н.



В.В. Степанов

Инженер



Б.А. Киселев

Акционерное общество «Государственный ракетный центр имени академика В.П.Макеева»

456313, г. Миасс, Челябинская область, Тургоякское шоссе, 1,

Телефон: (3513)-28-6379, (3513)-28-6216

e-mail: src@makeyev.ru