

Акционерное общество
«Российская корпорация ракетно-космического
приборостроения и информационных систем»



Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.russianspacesystems.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО11477389 ОГРН1097746649681 ИНН7722698789 КПП774550001

от 14.08.2026 № РКС НТС 9-33

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального
директора по науке
кандидат технических наук
Н.В. Рябогин
«14» августа 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Крамлиха Андрея Васильевича на тему
**«Методы и алгоритмы обеспечения отказоустойчивого управления
угловым движением малоразмерных космических аппаратов»** на
соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

В диссертации предлагаются новые метод и алгоритмы обеспечения
отказоустойчивого управления угловым движением малоразмерных
космических аппаратов (МКА) на основе геометрической видимости
навигационных космических аппаратов глобальных навигационных
спутниковых систем для различного количества навигационных антенн без
использования радиоинтерферометрии и позволяющий сохранить
возможность оценки ориентации и угловой скорости при отказе основных
измерительных средств.

В этой связи **актуальность диссертационной работы**, целью которой
является обеспечение отказоустойчивости управления угловым движением
малоразмерных космических аппаратов, **не вызывает сомнений**. Тема
работы представляется современной, актуальной и интересной для изучения.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в
следующем.

Разработана архитектура системы управления угловым движением
малоразмерного космического аппарата (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 КА глобальных навигационных спутниковых систем для различного количества навигационных антенн без использования радиointерферометрии.

Разработаны сильносвязанные и слабосвязанные схемы и алгоритмы комплексирования разнотипных измерений наиболее часто используемых измерительных средств для определения ориентации МКА.

Разработана 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, учитывающие 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.

Практическая значимость полученных в работе результатов заключается в сформулированных рекомендациях по применению разработанных алгоритмов, а также полученные результаты могут быть использованы для повышения отказоустойчивости системы управления угловым движением малоразмерных космических аппаратов (МКА).

Работа прошла полную апробацию в научном сообществе: результаты исследований опубликованы в 51 печатной работе, в том числе 12 работ в рецензируемых научных изданиях перечня ВАК Минобрнауки РФ (отнесенные к категории К-1 или К-2); 6 работ в рецензируемых научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI; а также 23 работы в изданиях, индексируемых международными базами Scopus и Web of Science; 10 работ в сборниках трудов и тезисов конференций. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Вместе с тем, в автореферате обнаружены **следующие недостатки**.

1. Не рассмотрен вопрос перехода от программного управления – как в случае штатного функционирования, так и при отказах каналов управления – к закону управления.

2. В тексте автореферата упоминается, что предложенная структура управления с использованием четного ряда Фурье отличается от обратных задач динамики и принципа максимума Понтрягина. Однако отсутствует количественное сравнение с другими современными методами: методом обратной динамики с учетом возмущений, SDRE-управлением, управлением с прогнозирующей моделью.

Однако, несмотря на отмеченные замечания, диссертация **Крамлиха Андрея Васильевича** представляет собой завершённый научный труд, в котором получены актуальные научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в обеспечение отказоустойчивости управления угловым движением малоразмерных космических аппаратов.

Представленная работа отвечает п.9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ №842, а её автор, **Крамлих Андрей Васильевич**, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Главный научный сотрудник-эксперт

АО «Российские космические системы»,

Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н, профессор, академик РАН

8-495-673-96-61, Email: betanov@spacecorp.ru



Владимир Вадимович Бетанов