

## АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ – АНТЕЙ»



Акционерное общество  
«Корпорация космических систем специального назначения «Комета»  
(АО «Корпорация «Комета»)

Велозаводская ул., д. 5, Москва, 115068. Тел./факс: (495) 674-08-46, e-mail: info@corpkometa.ru;  
http://corpkometa.ru; ОГРН 1127746365670, ИНН/КПП 7723836671/772301001

## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора,  
заместитель генерального конструктора

АО «Корпорация «Комета»

доктор технических наук

Д.Ц. Литовченко



2026г

## Отзыв

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

Диссертационная работа Крамлиха А.В. посвящена исследованию методов управления угловым движением малоразмерных космических аппаратов (КА) и разработке алгоритмического обеспечения системы управления, позволяющего повысить ее отказоустойчивость.

Система управления угловым движением КА космического аппарата включает большое количество измерительных средств, используемых для определения параметров углового движения КА, и исполнительных устройств, создающих управляющие воздействия для обеспечения угловой ориентации КА, требуемой для эффективного выполнения целевых задач.

Отказ какого-либо измерительного прибора или исполнительного устройства может привести к нарушению угловой ориентации КА и невозможности выполнения целевых задач. В современных образцах космической техники для повышения надежности применяется дублирование элементов системы управления движением КА. Однако для малоразмерных КА такие возможности ограничены их массовыми и габаритными параметрами. Поэтому разработка алгоритмических методов повышения отказоустойчивости управления угловым движением КА является актуальной научной проблемой.

Основными научными результатами проведенных исследований, обладающими научной новизной, являются:

- использование цифрового двойника в контуре управления угловым движением малоразмерного КА для автономного детектирования отказов измерительных средств;

- метод определения параметров углового движения малоразмерных КА на основе геометрической видимости навигационных космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем для различных вариантов оснащения навигационными антеннами;

- алгоритмы комплексирования разнотипных измерений для определения ориентации КА;

- алгоритм определения параметров движения малоразмерных КА относительно центра масс, адаптирующийся к возможным отказам измерительных средств;

- алгоритмы синтеза законов управления угловым движением малоразмерных КА при штатном функционировании, в случае отказа одного или двух каналов управления исполнительных устройств системы управления, а также в случае высокой степени деградации каналов управления исполнительных устройств.

Достоверность полученных научных положений обеспечивается обоснованностью принятых допущений, применением известных методов

теории управления и обработки измерительной информации, численных методов при проведении вычислительных экспериментов с математическими моделями.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в дальнейшем развитии методов управления угловым движением космических аппаратов применительно к нештатным ситуациям, возникающим при отказах измерительных средств и исполнительных устройств системы управления.

Как видно из автореферата, основные положения и результаты диссертационной работы представлены в виде докладов на научно-технических конференциях, опубликованы в достаточно большом количестве печатных работ, включая 12 работ, опубликованных в научных изданиях, входящих в перечень ВАК, а также ряд публикаций в изданиях, индексируемых международными базами данных, что свидетельствует о достаточном уровне апробации результатов проведенных исследований.

Содержание автореферата дает достаточное представление о существе проведенных исследований, обоснованности положений, выносимых на защиту, достигнутых результатах и их внедрении на практике.

По результатам рассмотрения автореферата отмечены следующие недостатки:

1) Из автореферата неясно, рассматривалась ли возможность применения разработанных методов и алгоритмов для других типов КА.

2) Приведенное во второй главе описание методики детектирования отказов измерительных средств и показанный пример применения этой методики свидетельствует о том, что методика позволяет выявлять недостоверные измерительные данные. В практике эксплуатации космических аппаратов наличие аномальных (недостоверных) измерений не обязательно свидетельствует об отказе измерительного средства. Из автореферата непонятно рассматривается ли наличие недостоверных измерений в качестве признака отказа измерителя.

3) Не приведено описание модели ошибок измерений, используемой при анализе эффективности алгоритмов определения параметров углового движения МКА на основе геометрической видимости НКА ГНСС.

4) В автореферате не приведены результаты анализа полученных по результатам моделирования оценок эффективности описанных алгоритмов определения параметров углового движения малоразмерных КА на основе геометрической видимости НКА ГНСС.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки работы, выполненной на достаточно высоком научно-техническом уровне.

В диссертационной работе представлено решение актуальной научной проблемы, имеющей важное значение для развития методов управления космическими аппаратами, обеспечивающих повышение отказоустойчивости их функционирования. Судя по автореферату, диссертация Крамлиха А.В. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Заместитель начальника отдела, к.т.н.

С.В. Круковский

Начальник лаборатории, к.т.н.

А.Р. Агишев

Подписи С.В. Круковского и А.Р. Агишева удостоверяю

Врио начальника отдела кадров



Н.И. Сухарева