Отзыв официального оппонента

Шишлакова Владислава Фёдоровича на диссертацию Митина Фёдора Васильевича на тему «Управление системой создания и поддержания формы крупногабаритной трансформируемой конструкции космического базирования» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях)

Актуальность темы диссертационной работы.

Современный этап развития радиотехнических систем различного назначения связан с разработкой и применением крупногабаритных раскрывающихся антенн-рефлекторов, устанавливаемых на космических аппаратах. При этом возникают новые задачи управления. Так как антенны доставляются на космические орбиты в сложенном состоянии, то необходимо правильно реализовать процесс раскрытия и обеспечить функционирование проектируемой механической системы. Несмотря на значительные успехи в области проектирования раскрывающихся крупногабаритных трансформируемых конструкций космического базирования, важной остается задача их плавного и надежного раскрытия. Особенную актуальность в данном аспекте приобретает задача автоматического управления развёртыванием и настройкой крупногабаритного аппарата, поскольку от выполнения этого процесса зависит надёжность и работоспособность всей космической миссии.

Основным фактором, влияющим на штатную работу системы, является колебание конструкции. В современных крупногабаритных рефлекторах ввиду отсутствия силы тяжести и внешних диссипативных сил колебательный процесс может идти месяцы (в зависимости от размера конструкции). Всё это время антенна является не активной и её эксплуатация невозможна. Плавное развёртывание позволяет уменьшить возникающие колебания. Применение оптимальных алгоритмов управления делает возможным выполнить поставленную задачу при различного видах ограничениях, таких как время раскрытия, амплитуда колебаний, время затуханий.

Изложенные выше положения позволяют говорить о том, что тематика рассмотренной диссертационной работы является актуальной, а полученные в ходе исследования результаты имеют важное прикладное значение.

Структура диссертации и её основные результаты.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы и одного приложения. Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель работы, задачи исследования, перечислены положения, выносимые на защиту, пункты научной

новизны и практическая значимость. Каждая глава завершается перечнем полученных в ней результатов и промежуточных выводов.

В первой главе рассмотрено состояние, характеристики и тенденции развития крупногабаритных трансформируемых систем космического базирования. Проведен обзор алгоритмов и поставлена задача управления для выбранного крупногабаритного рефлектора.

Вторая глава посвящена разработке математических моделей процессов раскрытия и настройки рассматриваемой антенны. В данных моделях учтены такие параметры как прогибы и сжатие конструкции, диссипативные силы. В представленную систему дифференциальных уравнений входят модели упора и фиксатора. Математические модели являются универсальными и их можно применять для конструкций с различными параметрами, от изменения материала, массы, габаритов до выбора управляющего органа. Разработаны алгоритмы настройки активной части рефлектора, которые позволяют определять усилия, необходимые для оттяжки нити и задания желаемой формы.

В третьей главе показано, что использование применяемых в настоящее время алгоритмов является недостаточным для обеспечения необходимой точности и качества регулирования системы. Поэтому предложено использование принципов оптимального управления, в частности, алгоритма коррекции параметров структуры управления.

Четвёртая глава посвящена моделированию исследуемых процессов. Выявлено, что применение алгоритма коррекции параметров структуры управления позволяет решить поставленную задачу в режиме реального времени. Для всех этапов применение разработанных алгоритмов позволяет добиться необходимой точности и качества регулирования системы. Преимущество разработанных методов для настройки радиоотражающего сетеполотна показано на макетных образцах, что подтверждает сделанные теоретические предположения и результаты моделирования.

В заключении перечисляются основные научные и практические результаты диссертации. Сформулированы задачи, требующие дальнейшего исследования.

Список литературы, насчитывающий 141 наименование, в достаточной мере отражает полноту публикаций по исследуемому направлению. В приложении приведены акты внедрения основных результатов диссертации.

Научная новизна и практическая значимость исследования.

В диссертации Ф.В. Митиным представлены результаты, обладающие научной новизной, имеющие практическую значимость:

1. Разработаны математические модели этапов раскрытия крупногабаритной трансформируемой конструкции, отличающиеся от известных

тем, что стало возможным исследование параметров колебаний в процессе раскрытия.

2. Разработан алгоритм коррекции параметров структуры управления, позволяющий формировать оптимальное управление раскрытием с учётом выполнения граничных условий и минимизации колебаний на всём процессе развёртывания.

3. Предложен метод совместного раскрытия элементов конструкции, позволяющий сократить время выведения аппарата в рабочее положение, и уменьшить его габариты при транспортировке.

4. Разработан алгоритм настройки формы фронтальной сети рефлектора. Его применение дает возможность добиться поддержания заданного вида радиоотражающего сетеполотна при изменении уставок и при внешних возмущающениях.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в создании научно-обоснованных рекомендаций по выбору стратегий управления раскрытием крупногабаритного трансформируемого рефлектора космического базирования в условиях внедрения автоматизированного управления на основе теории оптимального управления.

Достоверность научных положений и выводов, содержащихся в работе.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, содержащихся в работе, обусловлена применением в диссертации методов теоретической механики, теории автоматического регулирования, теории оптимального управления; корректным и достаточно строгим использованием математического аппарата; хорошим совпадением результатов моделирования с экспериментальными данными; обсуждениями на научных конференциях; публикациями результатов работы в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК.

Прилагаются 3 акта внедрения.

Оформление работы и соответствие диссертации автореферату.

Материал диссертации изложен логично, обоснованно и грамотно. Структура, содержание, оформление текста диссертации и автореферата полностью соответствует требованиям ВАК. Автореферат в полном объёме раскрывает содержание и основные положения диссертации.

Анализ публикаций.

По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них: пять статей в рецензируемых научных журналах; две статьи в изданиях, индексируемых в

международных базах данных; четыре работы в сборниках тезисов докладов научно-технических конференций, пять отчётов по НИР.

Общие замечания.

1. В работе разработаны математические модели и алгоритмы, применение которых показано только на двух этапах развёртывания. Могут ли они быть использованы для остальных этапов ?

2. Критерий (3.7) можно принять в виде (3.3), где функции V_f и f_0 будут иметь уже другой вид, чем принятые в (3.3) для задачи раскрытия спицы рефлектора. В связи с этим возникает вопрос – почему автор отдал предпочтение формуле (3.7)?

3. В разделе 4 (Моделирование) в задачах 4.1 (Раскрытие спиц рефлектора) и 4.2 (Выдвижение спиц рефлектора) функции невязки записаны для точного обеспечения условия $x(t_f)=x_f$. Для выбранного автором интегро-терминального критерия компонентами этой функции являются разности $p_i(t_f)-\partial V_f / \partial x_i$, $i=\overline{1,4}$. Как правило, моделирование для первого случая приводит к меньшему числу итераций метода Ньютона.

4. На с.93: t_f=133 с – минимально возможное время, но автор не решает задачу максимального быстродействия, используя интегро-терминальный критерий.

5. В работе не учтены действующие на исследуемую систему возмущения и шумы датчиков, что приводит к сложным задачам обработки результатов измерений и их планирования. Как это обстоятельство учитывается на практике?

Однако данные замечания никак не умоляют общей положительной оценки рассмотренного диссертационного исследования.

Рекомендации по дальнейшему использованию и внедрению результатов работы.

Рекомендуется использовать результаты научного исследования в учебном процессе при реализации образовательных программ бакалавриата и магистратуры по направлениям 27.03.04, 27.03.04 (Управление в технических системах) по дисциплинам, связанным с оптимальным управлением.

Стоит отметить целесообразность продолжения работ по направлению усовершенствования математических моделей, с тем чтобы: рассмотреть вопросы, связанные с наличием люфта в соединениях; учесть возможность использования нескольких актюаторов одновременно; выдачи более точных рекомендаций по совместному раскрытию элементов.

Заключение.

Диссертационное исследование Митина Фёдора Васильевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики в космической отрасли при проектировании систем управления развёртываемых конструкций космического базирования.

Представленные в диссертации результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях).

Представленная к защите диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в ред. от 01.10.2018), а её автор – Митин Фёдор Васильевич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях).

Официальный оппонент,
проректор по образовательным технологиям и инновационной деятельности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ФГАОУ ВО ГУАП), доктор технических наук, профессор

Шишлаков Владислав Фёдорович

18.12.2019

Сведения об оппоненте:

Шишлаков Владислав Фёдорович, гражданин Российской федерации, доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.
Место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ФГАОУ ВО ГУАП), проректор по образовательным технологиям и инновационной деятельности, профессор кафедры управления в технических системах.
Адрес: ул. Б. Морская, д. 67, Санкт Петербург, 190000.
Телефон: 8(812) 315-38-84, e-mail: shishlakov@guap.ru