МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН
доктор технических наук

Сергей Евгеньевич Власов

Отзыв ведущей организации

на диссертацию Митина Фёдора Васильевича на тему «Управление системой создания и поддержания формы крупногабаритной трансформируемой конструкции космического базирования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях)

Актуальность темы диссертационной работы.

Актуальность диссертации обусловлена необходимостью снижения амплитуды и времени затухания колебаний крупногабаритной трансформируемой конструкции космического базирования в процессе раскрытия и настройки. В диссертации решается вопрос синтеза системы управления развёртывания аппарата из сложенного транспортировочного положения в рабочее штатное при выполнении терминальных условий и минимизации колебаний конструкции за счёт применения алгоритмов оптимального управления.

В настоящее время антенны являются неотъемлемой частью современных космических аппаратов. История их создания неразрывно связана с историей развития космической и ракетной техники. Активные исследования и разработки, направленные на создание в космосе конструкций различного класса, имеющих большие размеры, ведутся как в России, так и за рубежом. Разработка раскрывающихся антенн, устанавливаемых на космические аппараты различного

назначения, является одним из важных и активно развивающихся направлений в области создания крупногабаритных космических конструкций.

Отличительной особенностью крупногабаритных космических аппаратов (крупногабаритные антенны, космические телескопы и т.п.) является наличие в их составе множества подвижных узлов. Особый интерес представляют трансформируемые антенны, профиль которых можно изменять как на стадии подготовки к работе, так и в процессе функционирования. Вследствие больших размеров перевод рефлектора из сложенного состояния в рабочее разбивается на этапы.

Митин Фёдор Васильевич в своей диссертационной работе исследует и разрабатывает системные решения по построению математической модели и синтезу алгоритмов оптимального управления, обеспечивающих требуемые характеристики и точность раскрытия и настройки крупногабаритного рефлектора. При этом для решения поставленных задач используются актуальные приложения теоретической механики, теории автоматического регулирования, теории оптимального управления, методы математического моделирования. Исходя из сказанного, тема представленной на отзыв диссертационной работы является, несомненно, актуальной.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 135 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Список литературы включает 141 источника.

Научная новизна работы определяется уже непосредственно в самом названии. Представленная диссертация является одной из первых в стране по тематике автоматического оптимального управления развёртыванием крупногабаритной трансформируемой конструкции космического базирования в режиме реального времени. В настоящее время основным способом раскрытия является использование энергии пружин или деформированных упругих элементов. Также, ввиду дороговизны оборудования и высокой ответственности при эксплуатации подобного оборудования, применяется ручное управление с отслеживанием состояния системы

через видеоинтерфейс. Учитывая уровень развития вычислительной техники, переход на автоматизированную систему выглядит логичным шагом в данном направлении. Использование алгоритмов оптимального управления позволит выполнять поставленную задачу при заданных ограничениях.

Для синтеза управления была разработана математическая модель этапов раскрытия конструкции, отличительная особенность которой заключается в исследовании параметров колебаний системы при воздействии на неё управляющих воздействий.

Разработаны алгоритмы управления развёртыванием крупногабаритного рефлектора, использование которых позволяет снизить амплитуду и время колебаний антенны по сравнению с применением ПИД-регулятора. Показано, что при использовании алгоритмов с коррекцией параметров структуры управления удаётся добиться снижения амплитуды колебаний на порядок.

В работе для сокращения времени перевода рефлектора в рабочее положение предложен способ совместного раскрытия элементов с учётом минимизации конструкции и выполнения терминальных условий.

Одним из наиболее важных элементов крупногабаритной трансформируемой конструкции с использованием вантовой системы является радиоотражающее сетеполотно. Именно от его формы зависит качество передаваемого сигнала. Важной является проблема настройки и корректировки активной части сетеполотна на всём протяжении эксплуатации спутника. В диссертации предложено два метода юстировки фронтальной части рефлектора: на основе механики гибких нитей и с использованием уравнений Лапласа для мембраны. Причём в зависимости от предполагаемой формы можно выбрать наиболее оптимальный метод.

Таким образом, все основные результаты работы обладают научной новизной, что также относится к выводам и рекомендациям данной диссертации.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

Основным результатом работы является новая модель поэтапного раскрытия крупногабаритного рефлектора космического базирования с учётом параметров различных видов колебаний, а также реализованный алгоритм управления развёртыванием конструкции в целях минимизации возникающих колебаний.

Научная значимость полученных в диссертации результатов заключается в разработке математических моделей подвижных элементов космического аппарата, методов и алгоритмов оптимального управления раскрытием.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработанные математические модели этапов раскрытия космических аппаратов позволяют более обоснованно и точно выбрать стратегии управления современных и перспективных конструкций.

2. Разработанные алгоритмы оптимального управления позволяют в режиме реального времени обеспечивать выполнение поставленных задач при небольших вычислительных трудностях.

3. Применение разработанных моделей и алгоритмов в педагогической деятельности при чтении лекций, проведении практических занятий, выполнении курсовых и дипломных работ.

Рекомендации по внедрению результатов диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию для проведения научно-исследовательских работ в области систем управления развёртыванием и настройкой рефлекторов космического базирования в отраслевых научно-исследовательских институтах НИИ КС им. А.А. Максимова, ФГБУН ИКИ РАН, ГНЦ РФ ЦНИИ РТК, при проектировании и планировании современных космических аппаратов АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва», а также ведущими компаниями в космической отрасли ПАО «РКК "Энергия" им. С. П. Королёва», АО «РКС», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева». Кроме того, основные результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при подготовке специалистов по теории автоматического управления, теории управления в отраслевых университетах МАИ, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», МГТУ им. Н.Э. Баумана, СНИУ, СибГУ.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами моделирования с использованием пакета Matlab, обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях,

публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

Апробация результатов исследования.

По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них 5 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 2 статьи в рецензируемых изданиях, входящих в международные базы данных SCOPUS и WoS, тезисы докладов в количестве 4 в материалах научных конференций, 5 отчётов по НИР.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих международных и российских конференциях: XXII международная научная конференция «Системный анализ, управление и навигация» (г. Евпатория, Крым, Россия, 2 – 9 июля 2017 г.); DAAAM International Symposium (г. Задар, Хорватия, в 2017, 2018 г.); IV Международная научно-практическая конференция: «Инновации в науке и практике» (г. Барнаул, Россия, 19 декабря 2017 г.); Общероссийская научно-техническая конференция «Восьмые Уткинские чтения» (Санкт-Петербург, Россия, 8 – 9 ноября 2018 г.)

Замечания.

1. В представленной работе все разработанные математические модели не содержат вектор возмущающих воздействий. При решении задачи оптимального управления не учтён стохастический характер возмущений, а также наличие помех датчиков и разброс случайных параметров самой системы. В ряде случаев алгоритм управления может не справляться с поставленной задачей при наличии возмущений, хотя при их отсутствии показывает удовлетворительные результаты.

2. Не объяснено, на основе чего выбирались актюаторы для настройки радиоотражающего сетеполотна. Причём для выбранных исполнительных устройств по отдельности при моделировании показаны перемещения в микрометры, хотя при определении приложенной силы для задания необходимой формы (п. 4.3.1) оттяжка осуществляется на метры.

3. На с. 109 граничными условиями для двигателя постоянного тока являются град и град/с, а на рис. 4.13 переходные процессы показаны для рад и рад/с соответственно.

4. При проведении исследовании совместного раскрытия элементов конструкции (п. 4.4) сделан вывод, что при использовании центробежной силы для выдвижения промежуточного звена спицы при заданных ограничениях на вектор управления не удастся решить поставленную задачу. Отсутствуют дальнейшие рекомендации по применению данного способа. Как итог получается, что он не имеет практического приложения.

Заключение.

Замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы Митина Фёдора Васильевича в целом. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача разработки новых методов синтеза алгоритмов управления крупногабаритной трансформируемой конструкцией, имеющая значение для космической отрасли.

Полученные автором результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в рецензируемых российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает её содержание, которое соответствует пунктам 1, 3, 4 паспорта специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях). Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и её основные результаты.

Диссертация Митина Фёдора Васильевича «Управление системой создания и поддержания формы крупногабаритной трансформируемой конструкции космического базирования» полностью соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, установленным п.п. 9–14 «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, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технике и технологиях).

Диссертация и автореферат рассмотрены и обсуждены на заседании отдела вычислительных систем 22 ноября 2019 года, протокол № 1.

Ведущий научный сотрудник,
доктор физико-математических наук,
профессор — Б.П. Рыбакин

Старший научный сотрудник,
кандидат физико-математических наук,
доцент — В.Ф. Никитин

Сведения об организации:

Федеральное государственное учреждение "Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук" (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН),

117218, Москва, Нахимовский просп., 36, к.1.

Тел.: +7 495 718 21 10, e-mail: niisi@niisi.msk.ru