



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ
«КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА,
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ» имени А.Г. ИОСИФЬЯНА»
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)



Хоромный тупик, д. 4, стр. 1, Москва, 107078
Тел.: (495) 608-84-67, (495) 365-56-10; Факс: (495) 624-86-65, (495) 366-26-38
e-mail: info@vniiem.ru; http://www.vniiem.ru
ОКПО 04657139; ОГРН 5117746071097; ИНН/КПП 7701944514/770101001

06.04.2022 № ВТ-68/4298/В

На № _____ от _____

ФГБОУ ВО «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»
Учёному секретарю диссертационного
совета Д 212.125.10
кандидату технических наук, доценту
А.Р. Денискиной

Уважаемая Антонина Робертовна!

Представляю отзыв официального оппонента по диссертационной работе Жумаева Зайнуллы Сериковича на тему «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Приложение: отзыв на 10 листах, 2 экз.

Заместитель генерального директора


В.Я. Геча

Мещерякова Марина Владимировна
8(495)365-26-69

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«07» 04 2022

83212

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, заместителя генерального директора по научной работе Акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ») Гечи Владимира Яковлевича, на диссертационную работу Жумаева Зайнуллы Сериковича «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 — Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Диссертационная работа Жумаева Зайнуллы Сериковича посвящена разработке методики для проведения проектного анализа маневрирующего наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой, позволяющей подобрать наиболее рациональную компоновочную схему, проектные параметры и характеристики подсистем космического аппарата.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнения, учитывая продолжающийся рост количества наноспутников на околоземной орбите. Накопленный опыт запусков спутников форм-фактора CubeSat позволяет сегодня решать не только образовательные, но и коммерческие и научные задачи. На орбиту запущены сотни аппаратов подобного класса для дистанционного зондирования Земли, задач интернета вещей и глобального сбора информации с морских судов.

Миниатюризация электронной компонентной базы приводит к постоянному увеличению функциональных возможностей малых спутников. Для многих прикладных задач целесообразна работа спутников в составе группировок в целях увеличения зон покрытия. Работа в составе созвездия спутников требует использования бортовых двигательных установок, которые

Отдел документационного
обеспечения МАИ

могли бы использоваться для оперативного рассредоточения спутников по орбите. К таким двигательным установкам предъявляется ряд ограничений, главным из которых является возможность существенного изменения скорости аппарата за ограниченное время. Солнечная энергодвигательная установка (СЭДУ) соответствует указанным ограничениям, но требует пересмотра типовой методики проектирования космического аппарата ввиду требований по ориентации гелиоконцентратором на Солнце и взаимовлияния СЭДУ и других подсистем друг на друга.

Из вышеизложенного следует, что в представленной диссертационной работе Жумаева З.С. была поставлена и решена **актуальная научная и прикладная задача** по созданию методики проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой.

Научная новизна диссертационной работы состоит непосредственно в достижении поставленной цели исследования: впервые разработана комплексная методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой.

Диссертационная работа Жумаева З.С. содержит следующие наиболее значимые новые научные результаты:

1. В работе впервые предложена пневмогидросхема СЭДУ для спутников формата CubeSat, использующая капиллярную систему подачи, а также линзу Френеля в качестве гелиоконцентратора. Разработана математическая модель СЭДУ, подходящая для встраивания в общий контур моделирования спутника за счёт малого объема вычислительных операций.

2. В диссертации предложен новый вариант компоновки наноспутника с учётом использования СЭДУ на борту аппарата. Разработана связанная математическая модель такого спутника, учитывающая взаимовлияние системы ориентации и стабилизации, системы электропитания, а также баллистики и термодинамических процессов внутри бака рабочего тела СЭДУ. Разработана

новая методика проектирования такого аппарата для выбора подходящей бортовой аппаратуры и определения проектных параметров.

3. В диссертационном исследовании установлено, что использование СЭДУ на борту наноспутника позволит построить созвездие из любого количества аппаратов менее чем за 6 суток на низкой околоземной орбите. А увеличение от форм-фактора 3U до форм-фактора 6U за счёт использования СЭДУ, увеличения двигателей-маховиков и аккумуляторных батарей позволит получить глобальное гарантированное ежесуточное покрытие поверхности Земли снимками, в отличие от используемого вероятностного характера покрытия с использованием кубсатов 3U.

4. В диссертации показано, что использование СЭДУ с упрощенной пневмогидросхемой целесообразно на борту наноспутника, принимая во внимание ограничения стандарта CubeSat на общий запас химической энергии, экологичность, максимальное давление и габариты космического аппарата. При этом моделирование для спутников большего класса показало, что простое масштабирование конструкции СЭДУ нецелесообразно. В частности, отказ от выделенного аккумулятора давления и редукционного клапана в пневмогидросхеме СЭДУ наноспутника в случае миниспутника приводит к деградации производительности и разбросу приращения скорости между включениями двигательной установки.

Практическая значимость полученных автором результатов

Диссертационная работа Жумаева З.С. имеет прикладной характер. Рассмотренная в диссертации методика и разработанный программно-вычислительный комплекс применены в исследовании, выполненном в рамках конкурса НТИ «Аэронет» по проектированию межорбитального буксира.

Важно отметить, что предложенные автором диссертации методика и программные средства позволяют проводить проектные расчеты с экономией времени, отведенного на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Результаты представленной диссертационной работы, а также разработанный программный комплекс на языке Python, можно применять в учебном процессе при подготовке будущих инженерных специалистов соответствующих профильных специальностей вузов.

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов обеспечивается корректным использованием математических методов, сравнением получаемых результатов с известными решениями в данной области, а также четкой формулировкой допущений и условий, в рамках которых проводились расчеты и были получены основные результаты.

Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертация объемом 145 страниц включает: введение, 4 главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, словарь терминов, список литературы из 112 наименований, список рисунков, список таблиц, приложение. В работе содержится 66 рисунков и 5 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, на ее основе сформулирована цель и задачи исследования. Изложены научная новизна, выносимые на защиту положения, перечислены методы исследования, обоснованы теоретическая и практическая значимость работы. Представлены данные об апробации результатов работы и об опубликовании в периодической печати.

Первая глава посвящена обоснованию актуальности задачи построения созвездий кубсатов, анализу существующих работ по двигательным установкам для малых космических аппаратов и по различным подходам к конструированию СЭДУ как для малых, так и для больших аппаратов. Делается вывод о причинах отсутствия летной квалификации СЭДУ и о возможности упрощения технологии для возможности использования на борту наноспутника.

Вторая глава посвящена построению математической модели СЭДУ и связанной математической модели наноспутника с обоснованием необходимости

учета взаимовлияния работы СЭДУ и других систем спутника, таких как система ориентации и стабилизации и система электропитания.

В третьей главе рассматриваются различные подходы численного моделирования ранее описанной модели. На основании подготовленных численных моделей сравнены программные комплексы Matlab, Scilab, а также программный комплекс собственной разработки на языке программирования Python с использованием широкого перечня программных библиотек с открытым исходным кодом.

В четвертой главе представлены результаты моделирования наноспутника формата CubeSat 6U с камерой дистанционного зондирования Земли новой компоновочной схемы. Определены проектные параметры основных подсистем наноспутника. Также проведено моделирование работы разгонного блока для миниспутника, выводящего полезную нагрузку массой 150 кг с опорной круговой орбиты 500 км на круговую орбиту высотой 800 км. Проведено сравнение целесообразности использования предложенной в работе упрощенной пневмогидросхемы СЭДУ для наноспутника и более крупных аппаратов.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями, качественно представлен графический материал. Форма и корректность изложения научного материала, наглядность иллюстративного материала позволяют понять и объективно оценивать содержание, выводы и значимость проведенных научных исследований. В диссертации использованы термины, соответствующие общепринятым стандартам.

Тема диссертации соответствует заявленной научной специальности 05.07.02 — Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Содержание диссертационной работы и представленные в ней решения анализируемых актуальных задач показывают, что её автор является

квалифицированным специалистом в области проектирования космической техники, в частности, малых космических аппаратов.

Апробация работы

Основные положения и наиболее важные научные и практические результаты диссертационной работы докладывались на значительном количестве всероссийских конференций.

Полнота опубликованных основных результатов в научной печати и соответствие автореферата диссертации

Основные результаты диссертационной работы в полной мере представлены в научных публикациях Жумаева З.С.. Результаты проведенного исследования отражены в 3 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и в 1 научной публикации в издании, входящем в международную реферативную базу данных Scopus и Web of Science.

Диссертация Жумаева З.С. соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается непротиворечивостью методологии исследования и взаимосвязанностью выводов данной работы. Структура диссертационной работы «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой» соответствует заявленной теме, а также раскрывает достижение цели исследования. Каждая глава диссертации составляет органичное целое с другими главами диссертации. При этом диссертация Жумаева З.С. содержит новые научные результаты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором диссертации решения не противоречат известным результатам. Научные положения, сформированные по итогам исследования, выводы и результаты в достаточной степени обоснованы.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Личный вклад автора

Все результаты, выносимые автором диссертации на защиту, были получены Жумаевым З.С. самостоятельно. Кроме того, Жумаевым З.С. был

самостоятельно разработан программно-вычислительный комплекс и проведены численные эксперименты, которые подтвердили справедливость основных положений и выводов представленной к защите диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе

1. Из результатов работы не совсем понятно: каким образом будет поддерживаться достигнутая в результате маневра фазирования конфигурация созвездия. В численном моделировании предполагается, что большая часть рабочего тела будет израсходована на оперативное построение созвездия, но возмущения от остаточной атмосферы и прочих факторов постепенно будут разрушать конфигурацию созвездия.

2. В параметрах моделирования для маховиков указаны момент инерции, максимальная угловая скорость и максимальное угловое ускорение. Желательно также указывать максимальный момент импульса и максимальный механический момент, которые хотя и вычисляются через вышеприведенные параметры, но позволяют быстрее сравнивать предложенные маховики с существующими изделиями.

3. В планах по дальнейшему развитию в качестве одного из вариантов компенсации возмущающего момента предлагается рассмотреть управление временем включения 4-х двигателей. Такой вариант потребует анализа переходных процессов при включении и отключении двигателя. Возможной альтернативой может быть управление не по ШИМ через многократное высокочастотное включение и отключение двигателей, а управление расходом через изменение площади сечения трубопровода, хотя стоит отметить, что эти вопросы выходят за пределы основной области исследования диссертанта.

4. В планах по дальнейшему развитию работы рассматриваются варианты управления вектором тяги, один из которых — использование системы из 4-х сопел, оси которых параллельны, расположены на равном удалении от центра масс и взаимно компенсируют возмущающий механический момент. Другой

рассматриваемый вариант — отклонение по двум осям единственного сопла. При дальнейшей проработке проекта имеет смысл также рассмотреть схему из 4-х сопел, оси которых не параллельны, а сходятся в точке, близкой к центру масс, чтобы при значительной разнице по времени включения двигателей минимизировать возмущающий момент.

Указанные недостатки **не влияют** на общую положительную оценку работы, научную и практическую значимость диссертационной работы Жумаева З.С. . В целом приведенные выше замечания носят рекомендательный характер, так как они отражают пожелания оппонента, которые автор может учесть в дальнейших исследованиях и при проектировании в будущем перспективных маневрирующих малых КА.

Заключение

Диссертационная работа Зайнуллы Сериковича Жумаева «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой» представляет собой законченную квалификационную работу, выполненную на высоком уровне, по своему содержанию полностью соответствует паспорту специальности 05.07.02 — Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

В содержательной части работы автор демонстрирует: высокую степень интереса и глубины вовлеченности в рассматриваемые актуальные проблемы проектирования малых спутников, уверенное владение базовыми теоретическими инструментами, такими как использование системного подхода к проектированию космической техники. Все результаты работы обоснованы. Эффективность применения разработанной в диссертации методики подтверждена актами о внедрении.

В автореферате диссертации описаны основные идеи диссертационной работы, применяемые в ней методы, полученные результаты, показан личный вклад автора работы в разработку избранной темы и обоснована структура диссертации.

Диссертация Зайнуллы Сериковича Жумаева соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а также она соответствует требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, утвержденного Приказом Минобрнауки России от 10.11.2017 № 1093, к оформлению диссертаций.

Считаю, что автор данной диссертационной работы, Зайнулла Серикович Жумаев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 — Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.


Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заместителя генерального директора по научной работе Акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)

М.П.




Владимир Яковлевич Геча
«» апреля 2022

Контактная информация
Почтовый адрес: Москва, ул.Вольная,30
Телефон: 8(495)365-26-69
Электронная почта: vgecha@hq.vniiem.ru

С отзывом согласован,
07.04.2022  Жумаев 21.10