



Государственная корпорация  
по космической деятельности «Роскосмос»



Акционерное общество  
«Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»)

ул. Пионерская, д. 4, корп. 22  
г.о. Королёв,  
Московская область, 141070

Тел.: +7 (495) 513 5951  
Факс: +7 (495) 512 2100

e-mail: corp@tsnimash.ru  
http://www.tsnimash.ru

ОГРН 1195081054310  
ИНН / КПП 5018200994 / 501801001

25.03.2022 исх. № ВХ-5160  
исх. № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)

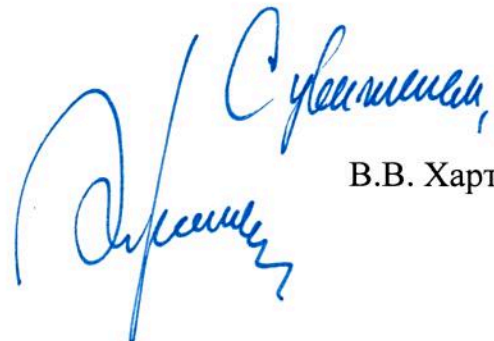
И.о. проректора по научной работе  
доктору технических наук, профессору  
Равиковичу Ю.А.

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на исх. от 03.03.2022 № 010/1459в высылаю Вам отзыв ведущей организации АО «ЦНИИмаш» на диссертацию Жумаева Зайнуллы Сериковича на тему «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», а также вышеуказанную диссертацию.

Приложения: 1. Отзыв ведущей организации на 6 л. в 2 экз.  
2. Диссертация, 1 книга.

Генеральный конструктор по автоматическим  
космическим системам и комплексам –  
заместитель генерального директора

  
В.В. Хартов

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

28 03 2022

Исп.: Головин Алексей Сергеевич  
Тел.: +7(495)513-5629  
+7(965)165-9351

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор по автоматическим космическим системам и комплексам – заместитель генерального директора акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» доктор технических наук, профессор



В.В. Хартов

« 24 » 03 2022 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Жумаева Зайнуллы Сериковича «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

#### *Актуальность темы диссертации*

В настоящее время в мире наблюдается значительный рост запусков малых космических аппаратов (КА), в том числе, формата CubeSat («кубсат»). На базе «кубсатов» создаются многоспутниковые группировки, так называемые «созвездия», состоящие от нескольких десятков до нескольких сотен «кубсатов», которые используются для решения задач дистанционного зондирования Земли, глобального сбора информации с морских судов, интернета вещей, а также научных исследований.

Особенность выведения «кубсатов» заключается в кластерных пусках или пусках с борта Международной космической станции, таким образом, распределение КА по орбите происходит фактически из одной точки за счет незначительного разброса начальных скоростей и различий в силе аэродинамического сопротивления. При этом время, необходимое для построения созвездия таким способом, оказывается сопоставимым со сроком

Ученый-исследователь  
обеспечения МАИ

« 28 » 03 20 22

активного существования КА. В связи с этим представляется целесообразным создание маневрирующих «кубсатов», оснащенных компактными двигательными установками, позволяющими оперативно распределить КА «созвездия» по рабочей орбите.

Вышесказанное обуславливает актуальность выбранной темы диссертационной работы Жумаева З.С.

### *Новизна полученных результатов и выводов*

Ограничения в массогабаритных характеристиках, вызванные использованием самой концепции КА формата «кубсат», приводят к низким значениям тяги и удельного импульса. В работе показано, что существующие двигательные установки (электроракетные и электротермические двигатели, химические двигательные установки) имеют ограничения для применения на таких КА по ряду причин, однако солнечная электродвигательная установка (СЭДУ) может быть рассмотрена как перспективный вариант для быстрого развертывания «созвездия».

Принцип работы СЭДУ заключается в использовании солнечного излучения для увеличения внутренней энергии рабочего тела, выбрасываемого через сопло. В предложенном автором исполнении СЭДУ в качестве концентратора солнечного излучения используется линза Френеля, в качестве рабочего тела – водяной пар.

Проведенные автором проектные исследования солнечной электродвигательной установки являются новыми, а результаты, выносимые автором на защиту, впервые получены лично автором и научная новизна их также не вызывает сомнений. В частности, соискателем впервые:

- разработана математическая модель функционирования СЭДУ, которая учитывает работу СЭДУ, системы электропитания, системы ориентации и стабилизации и системы управления движением при прохождении теневых участков орбиты;

- предложена новая схема КА с СЭДУ, которая отличается прямым нагревом рабочего тела солнечным излучением с использованием линзы Френеля;

- разработана методика выбора проектных параметров космических аппаратов нано-, микро-, мини- классов, которые используют СЭДУ в качестве двигательной установки.

#### *Апробация работы и публикации*

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 3 статьях в журналах, рекомендованных в ВАК, 1 статье в издании, индексируемом Web of Science и Scopus, были доложены на Всероссийских и Международных конференциях, по результатам которых были опубликованы в 5 тезисах докладов.

#### *Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации*

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается поставленными задачами, целью и логикой исследования, теоретической базой, строгостью использования математического аппарата, верификацией математических моделей и полученных результатов с известными математическими моделями и опубликованными результатами, полученными другими авторами.

#### *Соответствие содержания диссертации указанной специальности*

Диссертационная работа Жумаева З.С. «Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой» соответствует

паспорту специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

### *Значимость результатов для науки и производства*

Полученные в диссертационной работе результаты позволят произвести расчёт проектных параметров для КА нано-, микро-, мини-классов, которые используют СЭДУ в качестве двигательной установки.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре «Аэрокосмические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Разработанная методика расчёта была использована при проектировании сверхмалого разгонного блока в рамках конкурса концепций сверхлегких средств выведения, организованного АНО «Аналитический центр «Аэронет», что показывает практическую значимость проведенных исследований.

Результаты диссертации Жумаева З.С. могут быть полезны для организаций-разработчиков космических аппаратов – АО «РКЦ «Прогресс», АО «ИСС им. М.Ф. Решетнева», АО «Корпорация «ВНИИЭМ», АО «НПО Лавочкина» и др. – при проектировании малых КА с СЭДУ.

### *Замечания по диссертационной работе*

1) Методику выбора наиболее подходящей двигательной установки можно детализировать, построив весовую функцию, зависящую от параметров двигателей. Также желательно учитывать стоимость разработки и изготовления.

2) В работе не проводился анализ возможности построения предлагаемого наноспутника в условиях импортозамещения.

3) В работе не представлены расчёты режимов работы солнечной энергодвигательной установки с другими безопасными рабочими телами.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и их можно рассматривать как направления дальнейшей научной работы соискателя.

### *Заключение*

Рассмотренная диссертационная работа Жумаева Зайнуллы Сериковича представляет собой законченный, выполненный на высоком уровне научный труд, содержит результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью. Выводы достоверны и согласуются с результатами, опубликованными в научной литературе. Работа в целом и библиография, в частности, свидетельствуют о широком научном кругозоре и высоком уровне компетентности автора в рассматриваемой предметной области.

Диссертационная работа представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решается актуальная научная и техническая задача – комплексного проектирования маневрирующего наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой, которая позволит увеличить эффективность использования спутника в составе многоспутниковой группировки за счет увеличения зоны покрытия, достигаемого быстрым построением созвездия спутников, что имеет большое значение для ракетно-космической отрасли.

Рассмотренная диссертация удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Жумаев Зайнулла Серикович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании секции 10 НТС Центра автоматических космических систем и комплексов АО «ЦНИИмаш» (протокол № 4 от 24 марта 2022 г.).

Заместитель начальника Центра  
автоматических космических  
систем и комплексов,  
кандидат технических наук



Е.М. Твердохлебова

Инженер 1 категории отдела 10401 «Технологии  
создания ключевых элементов служебных систем  
АКСК и технологий обеспечения стойкости к ВВФ»,  
кандидат технических наук



А.А. Маленков

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

Почтовый индекс, адрес организации: 141070, Московская область,  
г.о. Королев, ул. Пионерская, д. 4, корп. 22

Телефон: +7(495) 513-59-51

Адрес электронной почты: corp@tsniimash.ru

Веб-сайт: <https://tsniimash.ru>