

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 16 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Космический аппарат с полностью электрореактивной
системой реактивного движения

тема

27.04.03 Системный анализ и управление
код и наименование направления

27.04.03.05 Системное проектирование космических аппаратов
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	д-р техн. наук, профессор МБК ПФКТ	<u>В.И Кудымов</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>И.В.Бадаква</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	инженер-конструктор 3 категории	<u>Е.А. Шангина</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 16 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Космический аппарат с электрореактивными двигателями» содержит 47 страниц текстового документа, 20 использованных источников.

ЭРД, ГСО, АНАЛИЗ СХЕМЫ ДОВЫВЕДЕНИЯ, РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ.

Объект анализа – Довыведение КА на ГСО.

Цели анализа:

- обзор современных ЭРД;
- оценка эффективности существующей схемы выведения на ГСО;
- снижение затрат топлива на довыведение;
- оценка энергетических характеристик.

Проведённый анализ подтвердил возможность выведения космических аппаратов, оснащённых ЭРДУ, на ГСО с переходной орбиты $200 \text{ км} \times 120000 \text{ км}$. При этом общая длительность довыведения меньше длительности довыведения с помощью ЭРДУ со стандартной геопереходной орбиты, а время выхода КА на орбиту, исключая его попадание в зону внутреннего радиационного пояса Земли, в три раза меньше, чем для стандартной геопереходной орбиты.

В настоящее время АО «ИСС» обладает технологиями изготовления и опытом эксплуатации современных платформ для спутников связи и телевидения на ГСО, оборудованных комбинированной системой реактивного движения. Используемая на аппаратах АО «ИСС» комбинация двигателей (ксеноновых стационарных плазменных – для задач коррекции орбиты и гидразиновых электротермокаталитических – для задач ориентации КА) превосходит разрабатываемую сейчас за рубежом схему полностью электро-реактивных космических аппаратов, в которой для двигателей коррекции и ориентации используется один вид рабочего тела – ксенон, как по критерию массовой эффективности, так и по критерию минимизации энергопотребления.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор современных электрореактивных двигателей	Ошибка! Закладка не определена.
2 Анализ схемы довыведения космического аппарата на геостационарную орбиту	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Оценка существующей схемы выведения	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Особенности довыведения с помощью электрореактивной двигательной установки	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Оценка затрат рабочего тела и времени для довыведения космического аппарата на геостационарную орбиту с помощью электрореактивной двигательной установки	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Оценка энергетических характеристик ракето-носителей	Ошибка! Закладка не определена.
3 Выводы по представленным материалам	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	43
Список сокращений	44
Список использованных источников	45

ВВЕДЕНИЕ

Целью данной магистерской диссертации является обзор современных электрореактивных двигателей и анализ схемы довыведения космического аппарата (далее – КА) на геостационарную орбиту (далее – ГСО) с их использованием.

[изъято главы 1-2]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее вероятным направлением развития перспективных космических платформ будет являться комбинированная система реактивного движения, позволяющая выводить КА на геопереходную орбиту с перигеем, исключая длительное нахождение аппарата в зоне радиационных поясов, с последующим довыведением с помощью электрореактивных двигателей.

В настоящее время АО «ИСС» обладает технологиями изготовления и опытом эксплуатации современных платформ для спутников связи и телевидения на ГСО, оборудованных комбинированной системой реактивного движения. Используемая на аппаратах АО «ИСС» комбинация двигателей (ксеноновых стационарных плазменных – для задач коррекции орбиты и гидразиновых электротермокаталитических – для задач ориентации КА) превосходит разрабатываемую сейчас за рубежом схему полностью электро-реактивных космических аппаратов, в которой для двигателей коррекции и ориентации используется один вид рабочего тела – ксенон, как по критерию массовой эффективности, так и по критерию минимизации энергопотребления.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДУ - апогейная двигательная установка

ГСО – геостационарная орбита

ЖРД – жидкостной ракетный двигатель

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли

ИД – ионный двигатель

КА – космический аппарат

КД – коллоидный двигатель

КК – космический комплекс

МКА – малый космический аппарат

РТ – рабочее тело

СПД - электростатический двигатель

ЭДД – электродуговой двигатель

ЭНД - электронагревный двигатель

ЭТД - электротермические ракетные двигатели

ЭРД – электроракетный/электрореактивный двигатель

ЭРДУ – электроракетная/электрореактивная двигательная установка

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Книги одного автора

Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов : книга / Ю.Г. Сихарулидзе – М.: Бином, 2013. – 407 с.

Левантовский, В.И. Механика космического полета в элементарном изложении, 3-е изд., дополненное и переработанное : книга / В.И. Левантовский – М.: Наука, 1980. – 512 с.

Книги двух авторов

Чеботарев, В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учеб. пособие. / В.Е. Чеботарев, В.Е. Косенко - Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2011. - 488 с.

Иванов Н.М. Баллистика и навигация космических аппаратов: книга / Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.

Книги трех авторов

Горшков О.А. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов. Под ред. А.С. Коротеева: книга / О.А. Горшков, В.А. Муравлев, А.А. Шагайда - М.: Машиностроение, 2008. - 278 с.

Статьи

Внуков А.А. Предпосылки и перспективы создания полностью электрореактивных космических аппаратов для работы на геостационарной орбите: Вестник сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева (Вестник СибГАУ), Выпуск 4(56)/ред. Ковалев И.В./ А.А. Внуков, Е. И. Рвачева, - Красноярск, 2014 - 311 с.

Булынин Ю.Л. Результаты баллистического обеспечения запуска на геостационарную орбиту спутника «Экспресс-АМ6» // 20-ая международная научная конференция «Системный анализ, управление и навигация»: сб. науч. тр./ Ю.Л. Булынин [и др.] – М.: Изд-во МАИ, 2015. С. 246–254.

Булынин Ю.Л.,. Результаты баллистического обеспечения запуска на геостационарную орбиту спутника «Экспресс-АМ5» // 19-ая международная научная конференция «Системный анализ, управление и навигация»: сб. науч. тр./ Ю.Л. Булынин, В.В.Попов, А.В Яковлев – М.: Изд-во МАИ, 2014. С. 256–262.

Салмин, В.В. Оптимальные законы управления космическим аппаратом с малой тягой при перелетах к точкам либрации L1, L2 системы Земля-Луна: статья / В.В Салмин, О.Л Старинова - Самара, 2014г.

Электронные ресурсы

Википедия. Электрический ракетный двигатель [Электронный ресурс]: сайт. - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/электрический_ракетный_двигатель (дата обращения 10.10.2015).

Space Exploration Technologies Corporation. [Электронный ресурс]: сайт. - Режим доступа: <http://www.spacex.com> (дата обращения 10.04.2015).

Airbus Defence & Space. [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа: <http://www.space-airbuds.com> (дата обращения 10.04.2015).

Steven A. Feuerborn and David A. Neary, Julie M. Perkins. Finding a way: Boeing's «All Electric Propulsion Satellite» // 49th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, USA, 2013. DOI: 10.2514/6.2013-4126. Режим доступа: <http://arc.aiaa.org> | DOI: 10.2514/6.2013-4126 (дата обращения 7.05.2015).

Goebel, D., Polk, J., Sandler, I., Mikellides, I., Brophy, J., Tighe, W. and Chien. K., «Evaluation of 25-cm XIPS© Thruster Life for Deep Space Mission Application», In 31th International Electric Propulsion Conference, USA, 2009. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/245435753_Analytical_Ion_Thruster_Discharge_Performance_Model (дата обращения 07.05.2015).

Продукция ОКБ «Факел». Двигатель СПД-140 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fakel-russia.com/production/spd/SPD-140/> (дата обращения: 10.11.2014).

Proton launch system mission planner's guide. Режим доступа: <http://www.ilslaunch.com> (дата обращения 03.10.2015).

Falcon 9 Launch Vehicle Payload User's Guide. Режим доступа: <http://spaceflightnow.com> (дата обращения 15.10.2015).

Ракеты-носители, спутники, приборы: сайт. Режим доступа: <http://esoguspace.me> (дата обращения 09.09.2015).

Мирер С.А. Механика космического полета. Орбитальное движение: учеб. Пособие для студентов. ИПМ им. М.В. Келдыша.– 2013. Режим доступа: <http://www.keldysh.ru/kur/move.pdf> (дата обращения 10.06.2015).

Бутиков Е.И. Закономерности кеплеровых движений. Режим доступа: <http://butikov.faculty.ifmo.ru/Planets/Background.pdf> (дата обращения 01.04.2015).

Патентные документы

Practical orbit raising system and method for geosynchronous satellites: пат. 7113851 США: МПК В64/G 1/10, G06F 19/00, G06F 169/00, G01N 15/08 / Walter Gelon, Ahmed Kamel, Darren Stratemeier, Sun Hur-Diaz – № 09/328911 ; заявл. 09.06.99 ; опубл. 26.09.06 – 16 с.: ил.