

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Разработка конструктивного решения по уменьшению угловых скоростей
устройства отделения для малых космических аппаратов»
тема

15.04.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование магистерской программы

15.04.05.02 «Технология производства космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	доцент МБК ПФиКТ канд. тех. наук.	<u>В.Н. Наговицин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>В.О. Завьялова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	АО «РЕШЕТНЁВ» начальник группы	<u>А.С. Суханов</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	профессор МБК ПФиКТ д-р техн. наук.	<u>В.Е. Чеботарев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2023 г.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

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

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Разработка конструктивного решения по уменьшению угловых скоростей устройства отделения для малых космических аппаратов» содержит 79 страниц текстового документа, 18 использованных источников, 37 рисунков, 13 таблиц.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЕНИЯ, УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ, ДИНАМИКА ОТДЕЛЕНИЯ, БАЗА, НАПРАВЛЯЮЩАЯ, ПРУЖИННЫЙ ТОЛКАТЕЛЬ.

Объект исследования – конструкция пружинного толкателя устройства отделения

Цель работы – разработать конструктивное решение по уменьшению угловых скоростей устройства отделения для малых космических аппаратов

Актуальность работы:

По статистике SpaceWorks было запущено около трехсот малых космических аппаратов во всем мировом рынке. С каждым годом число запусков малых КА растет. В связи с этим растет потребность в устройстве отделения, которое обеспечило бы точность отделения малого космического аппарата.

Задачи диссертационной работы:

- аналитический обзор конструкций устройств отделения;
- анализ выданной конструкции устройства отделения;
- разработка пружинного толкателя с целью уменьшения угловых скоростей;
- анализ полученных результатов.

В результате ВКР была разработана конструкция пружинного толкателя устройства отделения для малого космического аппарата (КА), которая обеспечила отделение КА с заданной угловой скоростью.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор устройств отделения для малых космических аппаратов.....	8
1.1 Конструкции устройств отделения.....	15
1.2 Точные механизмы.....	31
2 Описание конструкции устройства отделения.....	33
2.1 Исходные данные.....	33
2.2 Параметры отделения.....	44
3 Разработка конструктивного решения.....	45
3.1 Конструкция пружинного толкателя с четырьмя пружинами.....	45
3.2 Конструкция пружинного толкателя с длинной направляющей.....	67
4 Анализ результатов разработанных конструкций пружинного толкателя...	73
Заключение.....	75
Список сокращений.....	76
Список использованных источников.....	77

ВВЕДЕНИЕ

В 1999 году профессором Ж. Суари из Калифорнийского политехнического университета и Б. Твиггисом из Стэнфордского университета была разработана спецификация, описывающая формат наноспутников-малых космических аппаратов (КА). Спецификация стала стандартом, позволившим упростить изготовление малых космических аппаратов, что открыло дорогу в космос непрофессионалам, небольшим научным группам университетов и даже школ.

До 2014 года запущено более трех сотен кубсатов и большинство из них — это учебные проекты университетов. [1]

Не зависимо от размера, во всех разрабатываемых КА применяются механические устройства, которые предназначены для закрепления систем и оборудования с обеспечением заданных требований и приведения их в рабочее положение в соответствии с целевым назначением КА [2].

Для запуска КА требуется создать механическое устройство, посредством которого КА закрепляется на ракете-носителе (РН) на время совместной эксплуатации с последующим отделением, при соблюдении требуемых параметров. Таким механическим устройством стало устройство отделения.

Устройство отделения (УО) – это совокупность устройств и отдельных деталей, которые обеспечивают жесткое крепление частей конструкции космического аппарата друг к другу, осуществляют их разделение, и отделение в определенный момент времени.

Для малых космических аппаратов было разработано УО в виде контейнера. Такой тип УО позволяет упрощать адаптацию малых КА к различным средствам выведения.

Многим малым КА для выполнения своей основной задачи необходимо поддерживать заданную ориентацию в пространстве, например, как спутникам дистанционного зондирования Земли. После отделения КА от УО, КА должен

погасить угловую скорость, которую он может получить в процессе отделения. В связи с небольшим моментом инерции малого КА возмущения угловой скорости может быть велики — достигать 1 рад/с ($\approx 57^\circ/\text{с}$), а стабилизация углового движения может потребовать значительных затрат энергии и времени. Малые КА обычно имеют ограниченный объем, обладают небольшим запасом энергии и рассчитаны на непродолжительный срок активного существования, поэтому угловая скорость отделения наноспутника должна быть минимально возможной.

[Изъято 1, 2, 3, 4 главы с 8 стр. по 74 согласно заявлению по форме Б Регламента РД РВКР]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была разработана конструкция пружинного толкателя УО для малых КА, которая обеспечила уменьшение угловых скоростей. Данная конструкция удовлетворяет требованиям исходных данных.

В результате выполнения работы были выполнены следующие задачи:

- проанализированы конструкции УО для малых КА;
- разработаны и смоделированы конструкции пружинных толкателей;
- рассчитаны параметры пружины для отделения КА массой 25 кг;
- проверены расчеты пружины в программе КОМПАС 3D механика пружин;
- рассчитаны конструкции УО в программе ADAMS View 2017;
- проведены испытания УО на подтверждение функционирования с определением угловых скоростей УО.

Проведенные испытания подтверждают расчеты в программе ADAMS.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КА – космический аппарат;

КТР – коэффициент теплового расширения;

УО – устройство отделения;

КТМС – крупногабаритные трансформируемые механические системы;

МКС – международная космическая станция;

СКК – силовая конструкция корпуса;

БУ – блок управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Юдинцев, В.В. Динамика отделения наноспутника формата кубсат от транспортно-пускового контейнера / В.В. Юдинцев // Журнал машиностроение «ПОЛЕТ». – 2015. – №8-9. – С.10–15.

2 Завьялова, В.О. Солнечные паруса // Решетневские чтения: материалы XXII международной научно-практической конференции. В 2 частях. Ч. 2 / Сибирский государственный университет имени академика М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2021. – С. 79-80.

3 Лапшова, Е.А. Моделирование выхода наноспутника из транспортно-пускового контейнера и оценка начальной угловой скорости отделения: специальность 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»: презентация выпускной квалификационной работы на соискание степени бакалавриата / Лапшова Елена Александровна; Самарский институт авиационной и ракетно-космической техники. – Самара, 2022. – 15 с.

4 ГОСТ 13765-86. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Обозначения параметров, методика определения размеров = Cylindrical helical compression and tension springs made of round-section steel. Parameter designations, sizing technique: издание официальное: утвержден и введен в действие постановлением государственного комитета СССР по стандартам от 19.12.86 №4008: введен впервые: дата введения 01.07.98. – 17с.

5 ОСТ 92-8559-74. Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения. Методика расчета = Cylindrical helical compression and tension springs. Calculation method: издание официальное: утвержден и введен в действие письмом Министерства от 11.09.74 №ИП-318: введен впервые: дата введения 01.04.75. – 52 с.

6 Основы конструирования: [справочно-методическое пособие]. В 3 томах. Т.2 / П.И. Орлов. – Москва: издательство «Машиностроение», 1977. – 573 с.

7 Цуккерман, С.Т. Точные механизмы (основания теории, расчет и конструкция): [монография] / С.Т. Цуккерман; Государственное издательство оборонной промышленности. – Москва, 1941. – 303 с.

8 Патент №2658401 Российская Федерация, МПК В64G 1/00 (2006.01), В64G 1/22 (2006.01). Устройство для транспортировки и отделения полезной нагрузки от космического объекта: №99114863/28 : заяв. 07.07.1999 : опубл. 20.06.2020 / Сафонов А.С., Фрумкин Ю.М.; заявитель ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева». – 16 с.

9 Патент №2151086 Российская Федерация, МПК В64G 1/64 (2006.01), В64G 1/64 (2006.01). Универсальный транспортно-пусковой контейнер: №217108840 : заяв. 16.03.2017 : опубл. 21.06.2018 / Сивов М.Е., Юдинцев В.В.; заявитель АО «РКЦ Прогресс». – 7 с.

10 Патент №2744943 Российская Федерация, МПК В64G 1/10 (2006.01), В64G 1/10 (2021.02). Выталкиватель для спутника: №2017115818 : заяв. 04.05.2017 : опубл. 07.11.2018 / Богданов Д.Е., Шварц П.Т.; заявитель ООО «Созпатент». – 6 с.

11 Peter L. Conley, «Space Vehicle Mechanisms: Elements of Successful Design», in Wiley-Interscience; 1st edition, 1998 (дата обращения: 01.10.2021).

12 CubeSat: официальный сайт. – 2004. – . URL: <https://www.cubesat.org/> (дата обращения 14.05.2022).

13 CubeSat Concept: [сайт] – URL: <https://www.eoportal.org/other-space-activities/cubesat-concept#isipod-isis-payload-orbital-dispenser> (дата обращения 15.05.2022).

14 JAXA Japan Aerospace Exploration agency: официальный сайт. – 2003. – . URL: <https://global.jaxa.jp/> (дата обращения 20.05.2022).

15 EXOLAUNCH: официальный сайт. – 2013. – . URL: <http://www.exolaunch.com/careers> (дата обращения 21.05.2022).

16 ASTROFEIN: официальный сайт. – 2023. – . URL: <https://www.astrofein.com/cubesat-deployer/cubesat-deployer-16u/> (дата обращения 10.01.2023).

17 SpaceWork: официальный сайт. – 2000. – . URL: <https://www.spaceworks.aero/commercial/> (дата обращения 19.01.2023).

18 СТУ 7.5-07-2021. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности(дата обращения: 01.10.2021).

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись инициалы, фамилия
« 21 » 06 20 23 г.

В.Е. Косенко

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Разработка конструктивного решения по уменьшению угловых скоростей
устройства отделения для малых космических аппаратов»
тема

15.04.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование магистерской программы

15.04.05.02 «Технология производства космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель


подпись, дата доцент МБК ПФиКТ
канд. тех. наук.
должность, ученая степень

В.Н. Наговицин
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.О. Завьялова
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата АО «РЕШЕТНЁВ»
начальник группы
должность, ученая степень

А.С. Суханов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук.
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2023 г.

