

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МАКЕТА СИСТЕМЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ СПУТНИКОВ

Белоусова Алиса Артемовна

Детский технопарк "Кванториум", 9 класс, г. Томск

Аверьянов Матфей Иоаннович

Детский технопарк "Кванториум", 8 класс, г. Томск

Руководитель: Бывшенко Алена Владимировна, педагог дополнительного образования, АНО ДО Детский технопарк "Кванториум"

С каждым годом возрастает участие спутниковых систем в жизни человека. Они используются как в научных целях так и во многих коммерческих проектах. Так например за 2022 год был запущен в работу 2521 спутник. Из них приблизительно 95% пришлось на малые космические аппараты [1]. Обычно спутники запускаются с Земли, однако за тот же 2022 год с МКС было запущено 14 спутников (1 американский, 1 индийский, 2 японских и 10 российских). Если рассмотреть на способ их развертывания, то иностранные спутники были выпущены из модуля «Кибо» с использованием системы J-SSOD [2]. Российские спутники были выпущены космонавтом Олегом Артемьевым вручную, это плохо по ряду причин: во-первых, при закручивании происходит смещение траектории и спутник может во что-то врезаться и деформироваться, если допустим на нем установлена камера, то закручивание испортит съемку.

Всего этого и позволяют избежать автоматические системы вывода, которыми наша страна, к сожалению, не располагает, а в ходе последних событий нашего времени, получение доступа к данным технологиям значительно усложнилось. Именно поэтому появляется необходимость в отечественной замене. Разрабатываемое устройство будет аккуратно и точно запускать спутник в заданном направлении.

Целью проекта является разработка макет устройства, которое сможет запускать спутники формате CubeSat с борта космической станции к маю 2024.

Были сформулированы следующие задачи проекта:

1. Дать возможность базового наведения при выпуске спутников.
2. Увеличить срок и качество работы спутника.
3. В перспективе удешевить вывод некоммерческих спутников на орбиту.
4. Стимулировать интерес отечественных компаний к аэрокосмическим технологиям.

Заказчиками данного проекта могли бы выступать государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». Предполагаемые потребители - организации, занимающиеся запуском некоммерческих спутников для исследований, например:

- Томский государственный университет;
- Томский политехнический университет;
- АНО ДО детский технопарк Кванториум;
- Школы России.

Стейкхолдеры проекта:

- АО «Решетнев»;
- РКК «Энергия»;
- Детский технопарк Кванториум;
- Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»;

- Научно-производственное объединение имени С. А. Лавочкина.

Обзор аналогов.

Способ	Плюсы	Минусы
Запуск «рукой»	• Дешево • Не нужно никаких технологий	• Спутник закручивается (см. актуальность, там это расписано подробнее) • Траекторию невозможно контролировать
Запуск с помощью «пушки» которая вмонтирована в МКС	• Нужен только единоразовый импульс энергии • Дешево	• Невозможно корректировать траекторию и место выпуска
Запуск с помощью руки-манипулятора	• Возможно корректировать траекторию и место выпуска	• Дорого • Нужны технологии

Как можно видеть по данной таблице наиболее эффективно запускать спутники с помощью руки-манипулятора, это люди поняли еще в середине 2010-х, поэтому и сделали довольно много похожих технических устройств на МКС, есть как государственные проекты, так и частные:

1. Малый спутниковый орбитальный разворачиватель J-SSOD, Япония [3]. Находится в модуле «Кибо». Технология работы: спутник доставляется на МКС в служебном корабле, его помещают в специальный кейс Satellite, устанавливают на направляющий стол шлюза, далее роботизированная рука, которая выводит модуль в точку выпуска и далее происходит выпуск посредством разворота пружины.
2. Nanoracks Kaber Microsat Deployer, США [4]. Находится на МКС, модуль Tranquility. Технология работы: спутники загружаются в специальный шлюз Nanoracks Bishop Airlock, который умеет отделяться от станции. Далее специальный большой манипулятор захватывает шлюз целиком и выводит его в точку выпуска, где с помощью поршней его и выпускают.
3. SSIKLOPS, технология от NASA, США [5]. Это не способ разворачивания спутника, это специальный кейс, который позволяет запустить любой спутник любого формата с помощью стола JEM Airlock и манипулятора МКС.

Может показаться, что раз у человечества есть уже столько механизмов разворачивания на МКС, то зачем делать еще что-то подобное, однако среди всех подобных устройств, расположенных там, нет ни одного российского, наша страна запускает спутники руками космонавтов, разумеется этот способ выигрывает в цене и простоте, но по сути это хуже, потому что из-за перечисленных выше причин, срок работы спутника может весьма сократиться.

Методы, которые были использованы при моделировании:

1. Информационное моделирование (анализ похожих устройств, расчет размеров деталей, разработка алгоритма работы)

2. Математическое моделирование (вычисление момента сервоприводов)
3. Компьютерное моделирование в программе КОМПАС-3D v21

Материалы, которые были использованы при изготовлении макета:

- Фанера.
- Сервоприводы Dynamixel AX-12A [6].
- Шурупы сечением 3 мм.
- Гайки.

Оборудование, которое было использовано в проекте:

- Компьютеры АНО ДО Детский технопарк Кванториум
- Станок для резки фанеры

Экономика проекта:

Статья расходов	Количество	Стоимость, руб.
Сервопривод Dynamixel AX-12A (по ценам производителя)	9 шт	4572
Фанера листовая	2 листа	429
Услуги станка по резке фанеры		1500
Гайки + Шурупы		500
Итого		44006 рублей

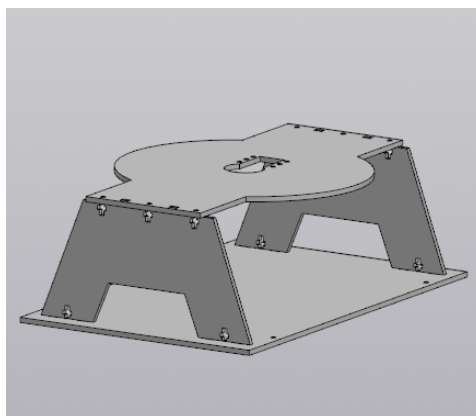
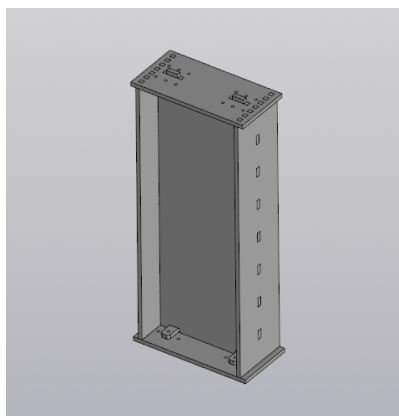
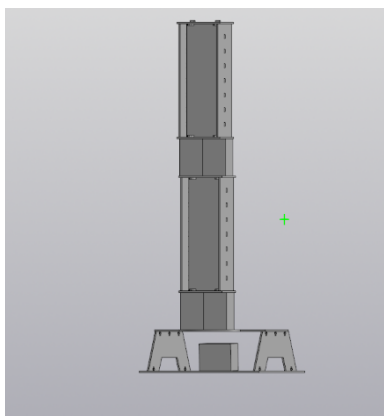
Деньги на реализацию проекта можно получить с помощью гранта фонда «Молодежная предпринимательская инициатива» в рамках федерального конкурса молодежного предпринимательства «Создай НАШЕ» (размер гранта 1 млн.) или попробовать получить грант от Фонда президентских грантов [7], [8].

Были выделены следующие этапы реализации проекта:

1. Изучение теории
2. Разработка идеи проекта
3. Расчеты и изготовление чертежей
4. Компьютерное моделирование
5. Изготовление

Результаты

Результатом данного проекта стал готовый макет системы развертывания спутников. Его изготовление было целесообразно ввиду технического отставания нашей страны в области выведения не пилотируемых аппаратов с космических станций и проблем в работе спутника, которые могут появиться из-за неправильного выпуска. Готовый макет соответствует техническим требованиям, предъявленным к модели. Проект может быть полезен для таких категорий людей как школьники, студенты, ученые и предприниматели. Стоимость данной модели составила 84006 рублей.



На данном изображении вы можете видеть модель макета, которая у нас получилась. Она состоит из сочленения (рис.1), основания (рис.2), сервоприводов которые представлены в виде блоков, а также планируется сделать непосредственно систему выпуска спутника.

Рис. 1. Сочленение.

Рис. 2. Основание.

Перспективы

В дальнейшем планируется продолжать проект: запрограммировать модель. Далее – реализация в металле и большем размере для увеличения грузоподъемности; постепенное накопление знаний, поиск грантов или инвесторов для создания реального полноразмерного прототипа.

Список литературы

1. Статья «Космические спутники стран мира». URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Космические спутники стран мира](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Космические_спутники_стран_мира) (дата обращения: 12.01.2024, 02.03.2024)
2. Список всех спутников, выведенных на орбиту с МКС начиная с 2012 года (страна производства, способ выведения) URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список спутников, выведенных на орбиту с Международной космической станции](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_спутников,_выведенных_на_орбиту_с_Международной_космической_станции) (дата обращения 12.01.2024, 02.03.2024)
3. Описание работы и возможностей системы JSSOD по запуску спутников формата CubeSat. URL: https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/library/item/jaxa_j-ssod_01en.pdf.pdf (дата обращения: 17.01.2024, 02.03.2024)
4. Сайт Корпорации «Nanoracks» с описанием их системы развертывания URL: <https://nanoracks.com/products/iss-launch> (дата обращения: 17.01.2024, 02.03.2024)
5. Описание технологии SSIKLOPS от NASA URL: https://craigtechinc.com/satellite_deployment_services/ (дата обращения: 17.01.2024, 02.03.2024)

6. Сайт производителя сервоприводов Dynamixel
URL: <https://www.dynamixel.com/list.php?dxl=x> (дата обращения: 01.02.2024, 02.03.2024)
7. Сайт МСП. Страница Конкурса Молодежных проектов «Создай НАШЕ».
URL: <https://мсп.рф/services/sozdaj-nashe/promo> (дата обращения 02.03.2024)
8. Сайт фонда президентских грантов.
URL: <https://президентскиегранты.рф> (дата обращения 02.03.2024)