

УДК 629.78

## **Магнитно-импульсный привод для управляемого отделения наноспутников**

**Гимранов З. И.**

*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика*

*С.П. Королева (национальный исследовательский университет), СГАУ,*

*Московское шоссе, 34, Самара, 443086, Россия*

*e-mail: zafargimranov86@gmail.com*

### **Аннотация**

В настоящее время многие отечественные и зарубежные инновационные компании и университеты активно занимаются разработкой и созданием научно-образовательных наноспутников. Такие спутники приобрели популярность благодаря тому, что их создание не требует значительных финансовых затрат по сравнению с традиционными спутниками. Кроме того, возникла возможность обучения студентов через их участие в практической работе, содержащей все основные этапы реального проектирования наноспутников, в том числе и запуск уже готового аппарата. В связи с этим, возникает проблема вывода наноспутников на орбиту, которая может быть решена попутным выводом с основной полезной нагрузкой. В этом случае требуются минимальные финансовые затраты и для его осуществления требуется лишь создание устройства отделения для вывода НС на орбиту. Под попутным запуском в данной работе понимается вывод наноспутника на орбиту из переходного отсека третьей (орбитальной) ступени ракеты-носителя после отделения основной полезной нагрузки. В связи с этим возникает вопрос об управляемом процессе отделения, для достижения необходимых параметров.

Таким образом, объектом исследований в настоящей конкурсной работе является процесс отделения наноспутника за счёт создания импульсного магнитного поля.

Целью исследований является исследование возможности отделения наноспутника с заданной скоростью и в требуемом направлении устройством, использующим магнитно-импульсный привод.

В процессе выполнения конкурсной работы получены результаты исследования, которые позволяют оценить возможность создания нового устройства отделения, работающего на основе принципа бесконтактного воздействия на объект и позволяющего управлять параметрами отделения, выбрана схема построения и параметры нового типа устройства отделения, а так же изготовлен и отработан макет данного устройства.

По результатам проведенных работ написана заявка на патент и получен положительный отзыв от экспертной комиссии.

**Ключевые слова:** устройство отделения, магнитное поле, индуктор, наноспутник, полезная нагрузка, одиночная нагрузка, одиночный и групповой запуск, скорость отделения, кластер, переходный отсек, блок управления.

В настоящее время многие отечественные и зарубежные инновационные компании и университеты активно занимаются разработкой и созданием научно-образовательных наноспутников. Студенты могут принять участие на всех этапах проекта – от проектирования до обработки полетных данных в течение всего срока своего пребывания в университете. Одним из видов подобных проектов является проектирование наноспутников.

Наноспутник (НС) – это космический аппарат, имеющий массу не более 10 кг. Сейчас наиболее популярны НС CubeSat. Термином «CubeSat» обозначаются наноспутники, спроектированные согласно стандарту, созданному под руководством профессора Боба Твиггса (факультет аэронавтики и астронавтики Стэнфордского университета). НС в формате CubeSat могут быть изготовлены и запущены на околоземную орбиту. Низкая стоимость позволяет разрабатывать подобные НС школам и университетам. Наиболее успешно подход используется при создании наноспутников класса CubeSat по технологии Plug&Play, прогнозируется в 2015-2020 гг. создание ежегодно порядка 100-120 спутников.

Подобные спутники имеют размер 100x100x100 мм, то есть имеют форму куба. Стандарт допускает объединение 2 или 3 стандартных кубов в составе одного спутника (обозначаются 2U и 3U (рисунок 1) и имеют размер 100x100x200 или 100x100x300 мм соответственно).

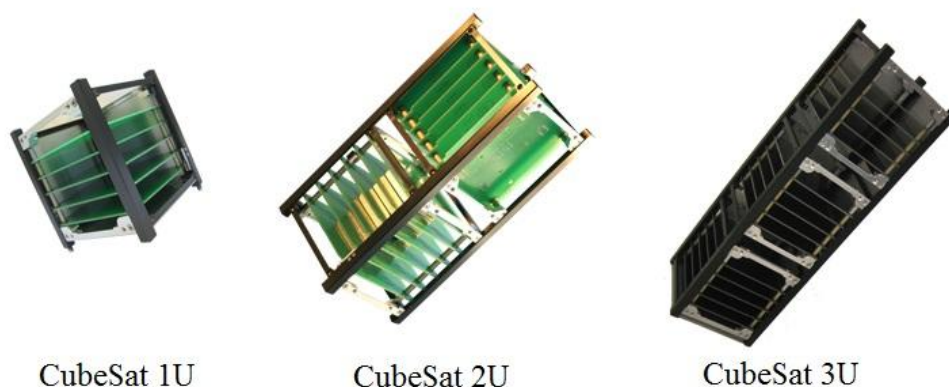


Рисунок 1 – Наноспутники стандарта CubeSat

Большинство НС формата CubeSat имеют один или два научных прибора. Они могут применяться для различных целей, например, для исследования воздействия радиации на оборудование, изучения влияния гравитации на поведение спутника, тестирование новых приборов в условиях космического пространства, дистанционное зондирование Земли с невысоким разрешением и т.д.

Среди зарубежных университетов, которые интенсивно вовлекают студентов в разработку сверхмалых космических аппаратов (КА), следует выделить: Делфтский технический университет, Нидерланды; Стэнфордский университет, США; Технический университет Берлина, Германия; Токийский университет, Япония; Болонский университет, Италия; Национальный институт аэрокосмической техники, Испания.

Основной проблемой для университетов и малых инновационных фирм, занимающихся разработкой НС, является трудность с оплатой услуг по запуску своих разработок в космос. Для запуска, как правило, используются ракеты-носители (РН), не предназначенные для выполнения задач выведения и разведения сверхмалых космических аппаратов.

Выведение столь малых объектов сопряжено с рядом трудностей: обычно на орбиту выводятся грузы порядка несколько тонн, а НС имеют массу до 10 кг; для вывода нескольких НС стандарта CubeSat требуется разработка новой ракеты-носителя, что является трудоёмким и дорогим процессом. В связи с этим на сегодняшний день существует несколько наиболее популярных способов выведения на орбиту КА стандарта CubeSat: запуск попутным образом; конверсионный пуск; запуск большой группы НС на современных РН.

В настоящее время из всех вышеперечисленных способов наибольшей популярностью пользуется запуск НС попутным образом, так как этот способ требует минимальных финансовых затрат и для его осуществления требуется лишь разработка системы вывода НС на орбиту (устройство отделения).

Для запуска НС возможно использовать отечественные ракеты-носители «Союз». На блок третьей ступени возможно установить универсальное пусковое устройство для запуска НС различных размеров.

Устройство отделения выполняет следующие основные функции: формирование интерфейса между НС и РН; отделение НС на орбите и выдача сигнала подтверждения отделения; снижение вероятности повреждения наноспутников и угрозы безопасности орбитальной ступени (ОС) и основной полезной нагрузки (ПН).

Существует множество различных устройств отделения. Среди них устройство, в котором ПН и попутная нагрузка (в нашем случае НС) устанавливаются на средство выведения. Причем попутную нагрузку отделяют после ухода основной ПН, не дожидаясь полного развертывания этой основной ПН.

НС устанавливается внутрь контейнера на платформу и прижимается пружинами к крышке. Электрический импульс от ракеты-носителя активирует механизм выпуска крышки, которая поворачивается на угол  $170^\circ$ . НС отделяются по направляющим рельсам пружинным механизмом, который сообщает ему заданную скорость. Скорость отделения НС определяется используемой пружиной и массой спутника. НС размещаются в отдельных адаптерах. Возможно многократное использование адаптера при тестовых испытаниях и для повторного запуска НС.



Рисунок 2 – Устройства отделения НС стандарта CubeSat

Устройства отделения ISIPOD, помимо перечисленных выше, обладают дополнительными свойствами: не имеют пиротехнических компонентов; не имеют батарей, а, следовательно, их срок годности неограничен.

К недостаткам адаптера ISIPOD можно отнести: наличие вибрации НС на стадии вывода ракеты-носителя на заданную орбиту, обусловленную собственными частотами системы прижимных и выпускных пружин контейнера и НС; относительно большая масса адаптера по отношению к НС, до 150% на каждое место установки НС; относительно малая скорость отделения НС (порядка 1 м/с).

Использование устройств отделения ISIPOD – это наиболее простой способ запуска НС формата CubeSat для университетов или небольших компаний, так как эти адаптеры просты в применении и их легко приобрести. Однако они имеют значительный вес, габариты и жесткие неуправляемые характеристики.

В данной работе приводится новое техническое решение по отделению НС. Задачей предлагаемого устройства является улучшение энергомассовых характеристик и расширение функциональных возможностей устройства для запуска НС с заданной скоростью и заданным направлением. Способ запуска НС в качестве попутной нагрузки включает размещение основной полезной нагрузки и попутных наноспутников на верхней ступени ракеты-носителя. После отделения основной ПН на безопасное расстояние отделяют попутные НС, при этом запуск НС осуществляется импульсным магнитным полем, создаваемым разрядом емкостного накопителя на индуктор, которое преобразуется в импульсное давление, воздействующее на НС и сообщающее необходимую скорость запуска.

Данное устройство включает энергоблок:

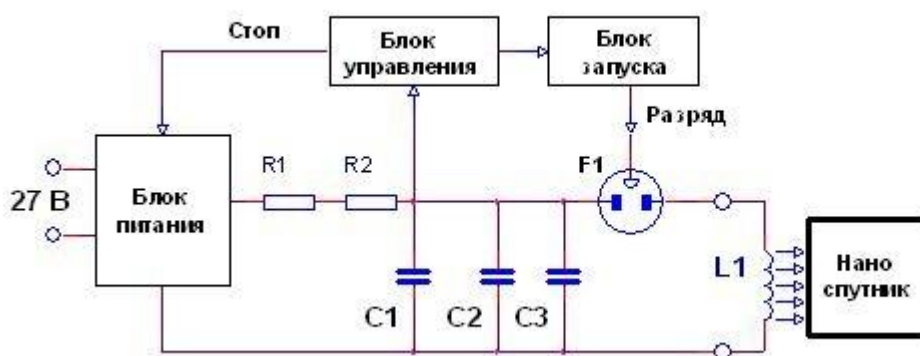


Рисунок 3 - Схема энергоблока.

Для экспериментальной проверки предложенного решения был изготовлен массово-габаритный аналог НС класса CubeSat типа 1 U, который имеет габариты 100x100x100 мм. и массу 1 кг. и энергоблок со следующими техническими характеристиками:

Таблица 1 - Техническая характеристика МИУ

Максимальная запасаемая энергия (кДж)	1,25
Диапазон напряжения заряда (кВ)	1...7,5
Частота разряда (Гц)	70
Максимальный ток разряда (кА)	50

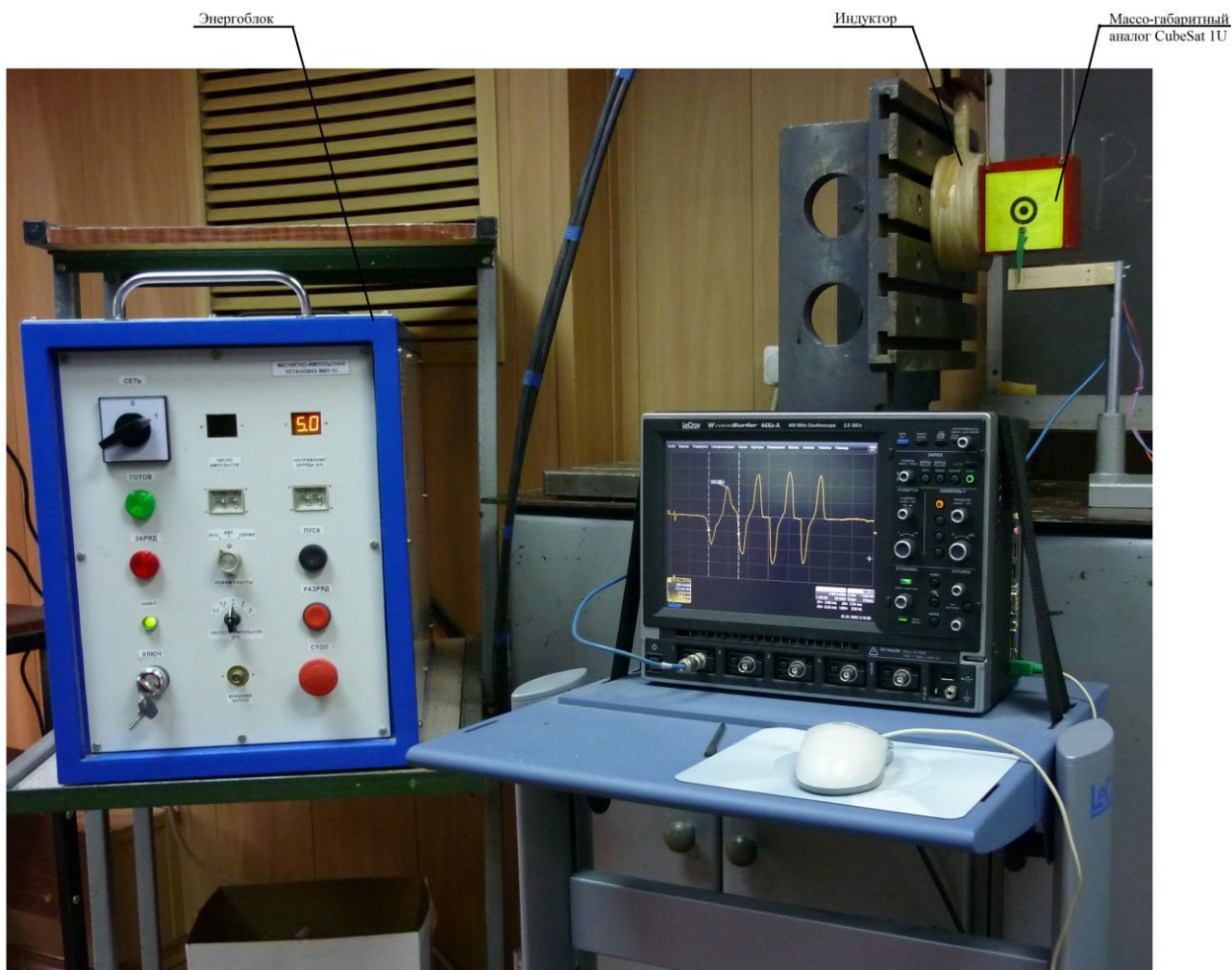


Рисунок 5. Экспериментальный стенд (Установка МИУ-500, Прибор со светочувствительными диодами, Осциллограф, массо-габаритный аналог CubeSat 1U )

В ходе экспериментов рис. 5 с данной установкой и массово-габаритный аналогом НС класса CubeSat получены результаты, приведенные в таблице:

Таблица 2. Результаты эксперимента

Полученная скорость, м/с; При накопленной энергии, Дж.
1,6 / 520
2,2 / 720
3,5 / 1000

Проведенные эксперименты подтвердили реальность предложенного технического решения.

Изменяя параметры установки можно получать различные значения скоростей.

Прогнозируемые преимущества магнитно-импульсного отделения НС при групповом запуске.

По результатам проведенных работ написана заявка на патент и получен положительный отзыв от экспертной комиссии.

### **Список библиографии**

1. Глущенко И.А. Магнитно-импульсная обработка при производстве деталей и узлов летательных аппаратов и двигателей // Известия ВУЗов. Авиационная техника. 1983. №2. - С. 32-34.
2. Овчинником М.Ю. Малые мира сего //Компьютерра. 2007. № 15. С.37-43