

Инновационный формат организации миссий по выведению малых космических аппаратов

Космодемьянский Е.В.^{1*}, Кириченко А.С.^{1*}, Ключин Д.И.^{1*},

Космодемьянская О.В.^{1*}, Макушев В.В.^{1*}, Альмурзин П.П.^{2}**

¹Государственный научно-производственный ракетно-космический центр

«ЦСКБ-Прогресс», ул. Земеца, 18, Самара, 443009, Россия

²Самарский государственный аэрокосмический университет

им. акад. С.П. Королёва (национальный исследовательский университет),

СГАУ, Московское шоссе, 34, Самара, 443086, Россия

**e-mail: mail@samspace.ru*

****e-mail: ssau@ssau.ru*

Аннотация

В статье приведена статистика пусков малых космических аппаратов нано-класса формата «CubeSat», включая 2013 год, сделан вывод о росте и значимости рынка пусковых услуг КА данного класса, описаны средства выведения, создаваемые в настоящее время в ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и предлагаемые к разработке для обеспечения миссий МКА формата «CubeSat». Подробно описаны предлагаемое пусковое устройство и транспортно-пусковой контейнер для МКА формата «CubeSat», сделаны выводы о возможности организации миссий по выведению КА данного формата с использованием новых организационно-технических приёмов и занятии нашей страной лидирующих позиций по обеспечению данной услуги.

Ключевые слова: малый космический аппарат, Cubesat, универсальная платформа, пусковое устройство, web-технологии, транспортно-пусковой контейнер.

1 Введение

Увеличение количества разрабатываемых учебными, научными и промышленными организациями малых космических аппаратов (МКА) формата «CubeSat» ведёт к необходимости расширения рынка услуг по запуску космических аппаратов формата «CubeSat». В настоящее время рост количества проектов МКА формата «CubeSat» позволяет прогнозировать в 14-20 годах от 30 до 50 выводимых на орбиту КА ежегодно. С учётом того, что растёт количество проектов КА, имеющих прикладное значение и разрабатываемых в интересах правительственных организаций, возможно утверждать, что задача запуска данных КА становится узкоспециализированной.

На рисунке 1 представлена статистика пусков МКА формата «CubeSat» включая 2013 год.

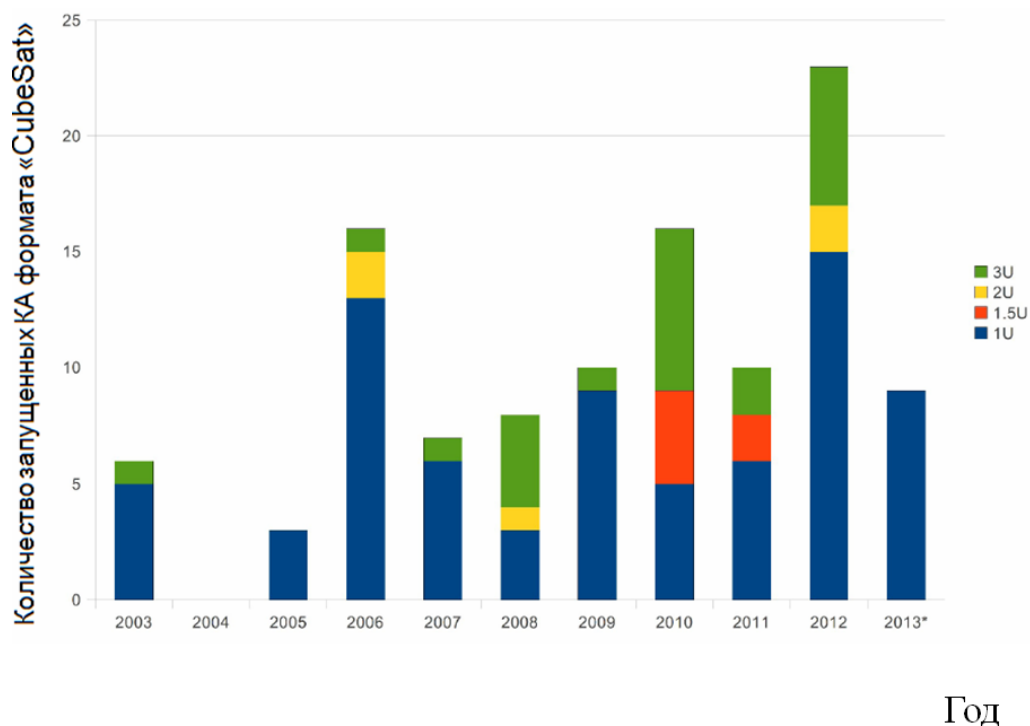


Рисунок 1 – Статистика пусков КА формата «CubeSat» [1].

В настоящий момент МКА формата «CubeSat» запускаются в основном с помощью попутных запусков в составе крупных дорогостоящих миссий. Данный способ выведения обладает рядом недостатков:

- Сложности выбора подходящей миссии;
- Привязка к орбите основного КА;
- Длительный цикл подготовки к пуску основного полезного груза.

2 Средства выведения разработки Самарского космического центра для обеспечения миссий малых космических аппаратов формата «CubeSat»

2.1 Ракета-носитель «Союз-2-1В»

В настоящее время в Самарском космическом центре идёт разработка и изготовление ряда изделий, которые могут использоваться, в том числе и для

обеспечения выведения кластерных миссий МКА формата «CubeSat». Прежде всего это ракета-носитель «Союз-2» этапа 1В.

РН «Союз-2» этапа 1В - двухступенчатая ракета-носитель лёгкого класса предназначена для запуска КА со стартовых комплексов РН «Союз-2». Ракета-носитель разрабатывается на базе РН «Союз-2» этапа 1Б, со снятием боковых блоков, установкой на центральном блоке двигателя НК-33А и рулевого двигателя РД0110Р (разработки ОАО «КБХА»). Блок второй ступени заимствуется с доработкой блока 3 ступени РН «Союз-2» этапа 1Б.

Разработка РН лёгкого класса обусловлена наблюдающейся в настоящее время тенденцией к увеличению потребности запуска малых КА.

Создание РН «Союз-2» этапа 1В с использованием блоков РН «Союз-2» этапа 1Б, существующих технического и стартового комплексов позволяет резко снизить затраты на разработку, эксплуатацию и запуск.

Для обеспечения устойчивости и управляемости и работы систем регулирования РН «Союз-2-1В» используется система управления с РН «Союз-2» этапа 1Б с доработкой программно-математического обеспечения и изменением приборного состава.

На РН «Союз-2-1В» для сопряжения со стартовым устройством произведены следующие доработки:

- на блоке 1 ступени устанавливаются 4 кронштейна под несущие стрелы стартового сооружения;

– на хвостовом отсеке блока 1 ступени устанавливаются 4 кронштейна под направляющие устройства стартового сооружения.

Общий вид и характеристики данной РН представлены на рисунке 2.

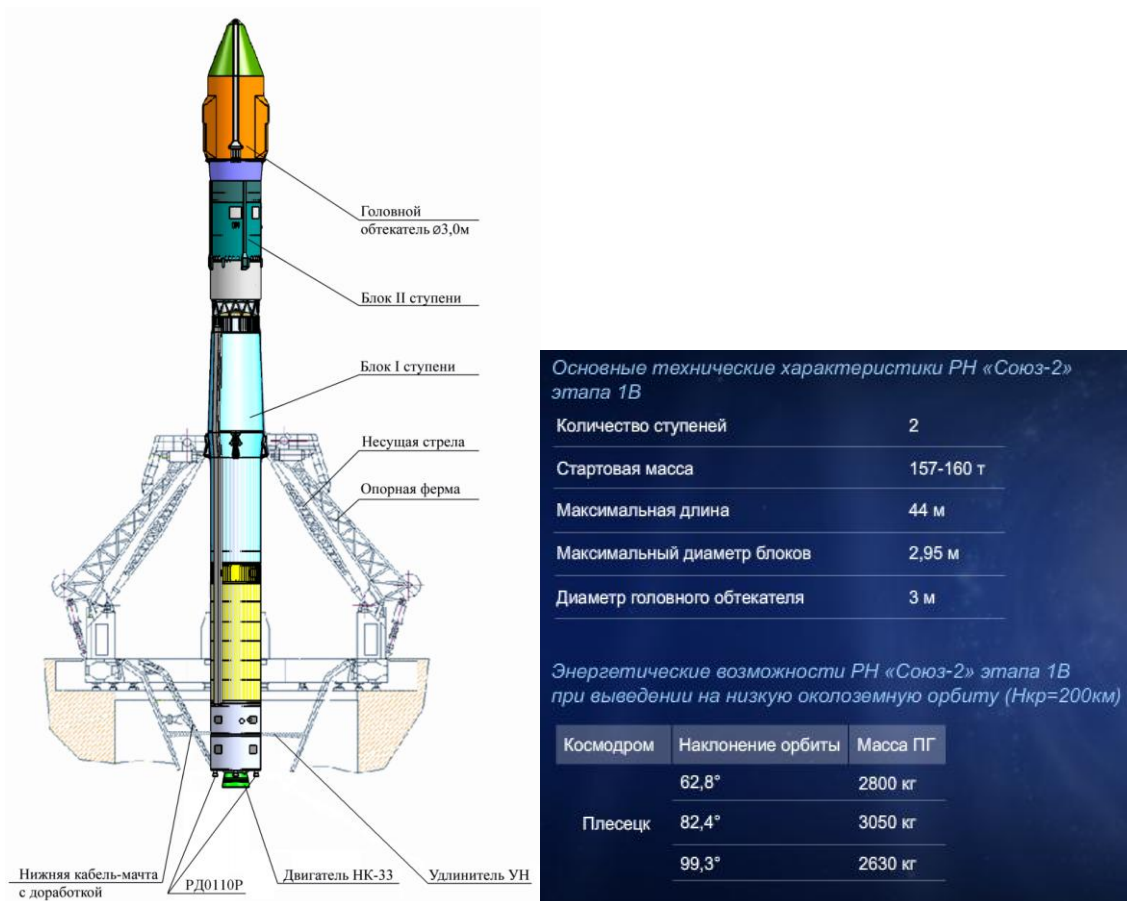


Рисунок 2 – Общий вид и характеристики РН «Союз-2» этапа 1в.

2.2 Блок выведения «Волга»

Для обеспечения выведения полезных нагрузок на широкий диапазон орбит с требуемой точностью в Самарском космическом центре разработан блок выведения (БВ) «Волга», первые пуски которого осуществляются с целью выведения МКА. Применение РН «Союз-2» этапа 1в совместно с БВ «Волга» увеличивает максимальную массу полезной нагрузки. На рисунке 3 представлен общий вид БВ «Волга» и увеличенные за счёт его применения энергетические возможности РН «Союз-2» этапа 1в.

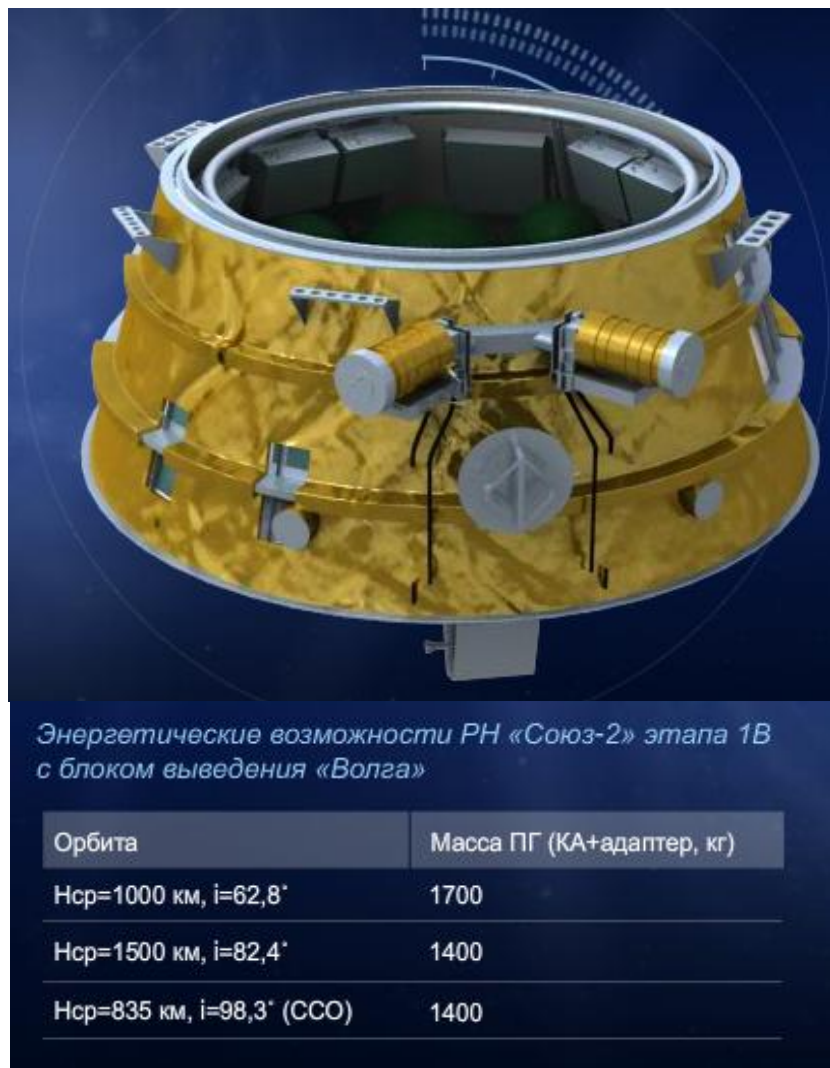


Рисунок 3 – Общий вид БВ «Волга» и увеличенные энергетические возможности РН «Союз-2» этапа 1в.

Первый пуск РН «Союз-2-1В» и блока выведения «Волга» должен состояться в 2013 году.

2.3 Пусковое устройство «Матрица»

Для размещения и кластерного запуска МКА формата «CubeSat» разрабатывается пусковое устройство (ПУ) «Матрица», рассчитанное на одновременное выведение на орбиту до 512 МКА в формате от 1U до 6U общим объёмом до 1536U. При этом обеспечивается возможность установки на пусковое

устройство и отделение с заданными параметрами от 1 до 4 КА, выполненных в формате, отличном от «CubeSat». Конструктивно-компоновочная схема пускового устройства «Матрица» представляет собой соединенные дисковые сегменты, каждый из которых служит для размещения транспортно-пусковых контейнеров МКА типа «CubeSat» форматов от 1U до 6U.

На одном сегменте обеспечивается размещение МКА форматов от 1 до 3U суммарным количеством до 96U. При использовании двух сегментов обеспечивается пуск МКА суммарным объёмом до 192U.

В конфигурации из 2-х сегментов возможно выведение на рабочие орбиты МКА формата «CubeSat» суммарным объёмом до 192U и нескольких МКА другого формата, установленных на

2.4 Транспортно-пусковой контейнер

Так как конструкция пускового устройства-матрицы предполагает использование унифицированного транспортно-пускового контейнера, запуск КА формата «CubeSat» возможен с использованием контейнера разработки ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», или собственного, отвечающего соответствующим требованиям.

Транспортно-пусковой контейнер (ТПК) является системой позволяющей доставить МКА «CubeSat» на космодром, снизить нагрузки, действующие на МКА «CubeSat» в момент выведения на орбиту со стороны ракеты носителя, произвести отделение МКА «CubeSat» после доставки на рабочую орбиту.

ТПК предназначен для выведения одного МКА «CubeSat» формата от 1U до 3U. Общий вид ТПК приведен на рисунке 4.

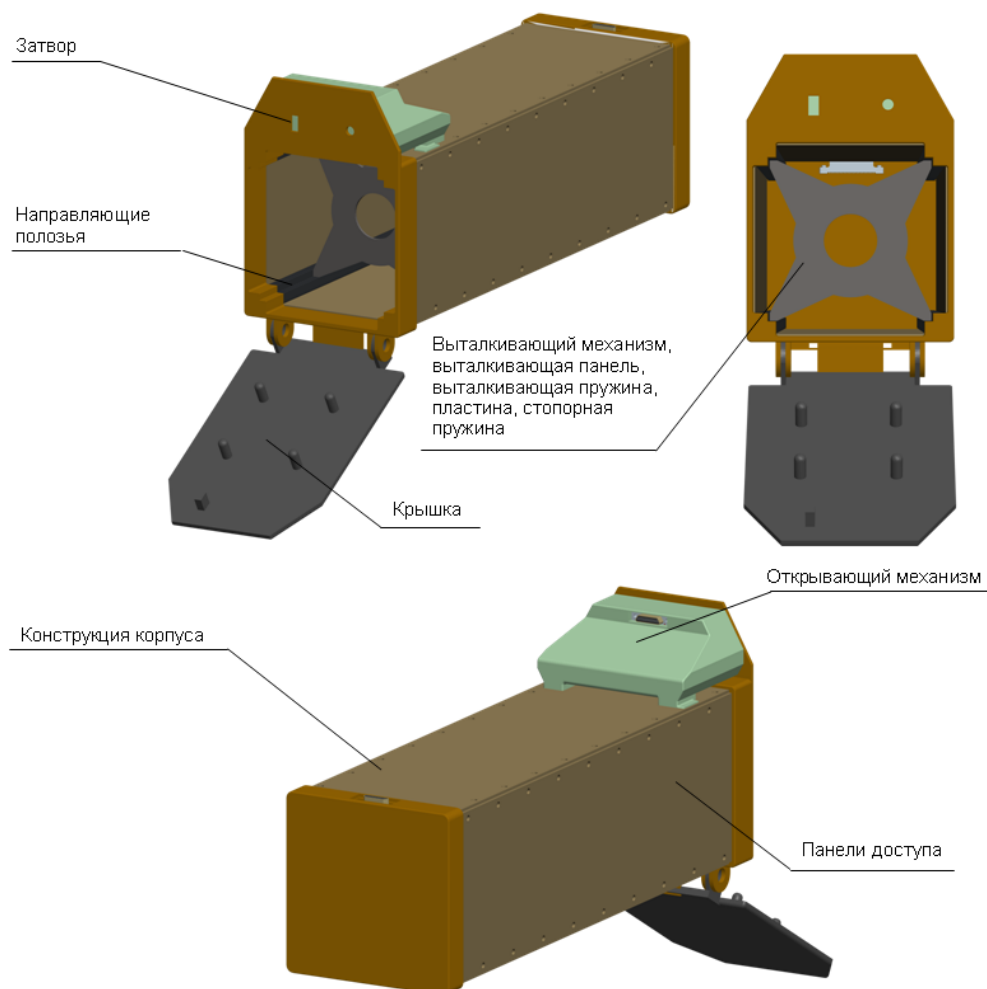


Рисунок 4 – Общий вид ТПК

Так же на рисунке 4 приведены названия основных систем ТПК. Системы ТПК выполняют следующие функции:

Конструкция корпуса – конструкция корпуса закрыта со всех сторон.

Крышка – при открытии крышки освобождается путь для выведения МКА «CubeSat». Процесс отделения МКА «CubeSat» начинается только после полного открытия крышки.

Затвор – затвор удерживает крышку в закрытом положении до начала процесса её открытия.

Открывающий механизм – по команде при помощи данного механизма крышка отпирается.

Выталкивающая панель – данная панель автоматически приводит в действие процессы отделения МКА «CubeSat», которые начинаются после завершения процессов открытия крышки.

Выталкивающий механизм – после завершения процессов открытия крышки выталкивающий механизм катапультирует МКА «CubeSat» в космос.

Выталкивающая пружина – обеспечивает силу для ускорения пластины во время процессов отделения (выталкивания). Так же выталкивающая пружина используется для удержания МКА «CubeSat» в определённом положении во время других стадий.

Пластина – обеспечивает механический интерфейс между выталкивающей пружиной и МКА «CubeSat».

Направляющие полозья – во время процессов отделения МКА «CubeSat», полозья направляют пластину таким образом, чтобы это происходило не под наклоном и без различных перекручиваний пластины.

Стопорная пружина – является элементом систем, которые удерживают МКА «CubeSat» в определённом положении. Стопорные пружины не функционируют во время процессов открытия и отделения.

Панели доступа – обеспечивает доступ к МКА «CubeSat» после завершения его сборки.

МКА «CubeSat» помещается внутрь каркасной конструкции и удерживается на своём месте посредством пластины при помощи выталкивающей и стопорной пружин. Крышка закрыта, механизм крышки, удерживает затвор в закрытом состоянии.

По команде, механизм крышки открывает затвор, тем самым, позволяя открыть крышку. Те же силы, которые удерживают МКА «CubeSat» в заданном положении перед процессами отделения, полностью откроют крышку. После этого, выталкивающая панель начинается процесс выталкивания. Выталкивающая пружина оказывает воздействие на пластину, а так же и на сам МКА «CubeSat» до полного его отделения. Успешный процесс отделения МКА «CubeSat» сигнализируется посредством двух резервных микро-выключателей.

Снаряженный ТПК малого космическим аппаратом «CubeSat» формата 3U приведен на рисунке 5

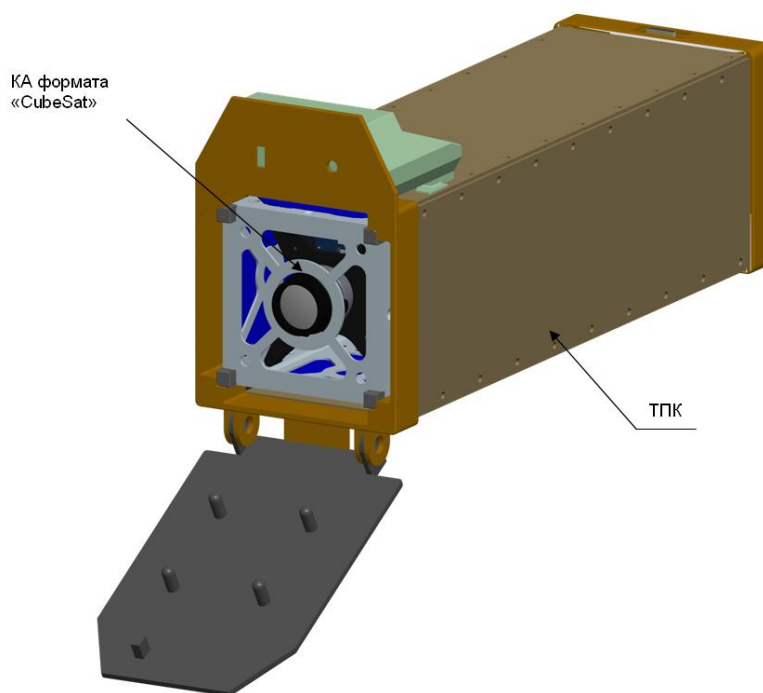


Рисунок 5 – ТПК и МКА «CubeSat»

Пусковое устройство-матрица устанавливается на объект выведения с обеспечением возможности вращения по одной оси. Тем самым обеспечивается необходимый угол отделения МКА. В свою очередь МКА формата «CubeSat» устанавливаются на пусковое устройство-матрицу в унифицированном транспортно-пусковом контейнере, который обеспечивает отделение МКА с заданными линейными и угловыми скоростями.

Опыт создания Самарским космическим центром уникальных механизмов космического назначения в составе КА собственной разработки позволяет гарантировать создание первого пускового устройства-матрицы до 2015 года.

Запуск такого большого количества МКА одновременно требует особого подхода к организации пуска: планируется создание специального раздела на сайте Самарского космического центра www.samspace.ru с обеспечением возможности подачи электронной заявки и отслеживанием процесса формирования кластерного запуска онлайн. Проект страницы такого раздела представлен на рисунке 6.



Рисунок 9 – Проект страницы раздела сайта Самарского космического центра, с обеспечением возможности подачи on-line заявки

Кроме того, Самарский космический центр обеспечивает и традиционные способы выведения МКА путём попутного запуска в составе крупных миссий. Так, 19 апреля 2013 года с космодрома Байконур ракетой-носителем «Союз-2-1А»

осуществлен успешный запуск научно-исследовательского космического аппарата «Бион-М» №1. Данный космический аппарат предназначен для проведения в орбитальном полёте фундаментальных и прикладных исследований по космической биомедицине и биотехнологии с возвращением результатов экспериментов на Землю в интересах совершенствования системы медицинского обеспечения длительных пилотируемых полетов деятельности человека в экстремальных условиях. К настоящему моменту запущено 12 КА серии «Бион». На КА данной серии возможна установка дополнительной полезной нагрузки снаружи спускаемого аппарата, которая может отделяться от космического аппарата для автономного полёта.

В качестве дополнительной полезной нагрузки вместе с аппаратом «Бион-М» №1 запущен малый космический аппарат многофункционального назначения «АИСТ», разработанный Самарским космическим центром совместно со СГАУ, а также пять иностранных МКА формата «CubeSat». В 2014 году планируется запуск КА «Фотон-М» №4, предназначенного для проведения в условиях микрогравитации исследований в области космической технологии и биотехнологии. На данном аппарате также предусмотрена возможность попутного выведения МКА, в том числе формата «CubeSat». Пусковое устройство «Матрица» в составе двух сегментов может быть применено с КА данного класса.

3 Выводы

Таким образом, Самарский космический центр обладает рядом технологий, позволяющих обеспечивать как одиночные так и групповые пуски МКА, в том числе формата «CubeSat». Разработка специальных средств, таких как пусковое устройство «Матрица», обеспечивает одновременное выведение большого количества МКА на

широкий диапазон рабочих орбит и тем самым гарантирует высокую техническую и экономическую эффективность миссий МКА.

Библиографический список

1. *Michael's List of Cubesat Satellite Missions*, available at: <http://mtech.dk/thomsen/space/cubesat.php> (accessed 16.07.2013).
2. Bryan Klofas, Anderson Jason, Leveque Kyle. A Survey of CubeSat Communication Systems, *the AMSAT Journal*, November/December 2009, pp. 23-30.
3. *Wikipedia EN: List of CubeSats*, available at: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_CubeSats (accessed 16.07.2013).