

Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»
Юношеский клуб космонавтики им. Г. С. Титова

Тема работы:

**«Математическое обоснование крупногабаритных
конструкций на базе группировки спутников
«АнСат»»**

Автор:

Григорьев Михаил Сергеевич
10 Б класс ГБОУ гимназия №166

Санкт-Петербург

2019

ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА «ANSAT»

Проект «АнСат» представляет собой совокупность научных и проектных исследований в Молодежном конструкторском бюро ЮОКК. Базовым направлением разработки является проектирование группировки спутников, состоящей из множества «наноспутников», связанных между собой механически, информационно и энергетически.

Рисунок 1: Концепция проекта "АнСат"

Формфактором группировки является правильная шестигранная призма. Данная форма является оптимальной с точки зрения жесткости и компактности конструкции.

Разрабатываемая группировка спутников обладает важными отличительными свойствами, такими как:

- Равномерный роспуск;
- Масштабируемость;
- Компактное транспортное состояние.

На орбиту Земли группировка доставляется в сложенном состоянии. В связи с этим, форма отдельно взятого спутника – сота, равная шестиугольная призма. Эта форма является оптимальной для транспортного положения: все спутники группировки компактно складываются, между ними почти не остается зазоров.

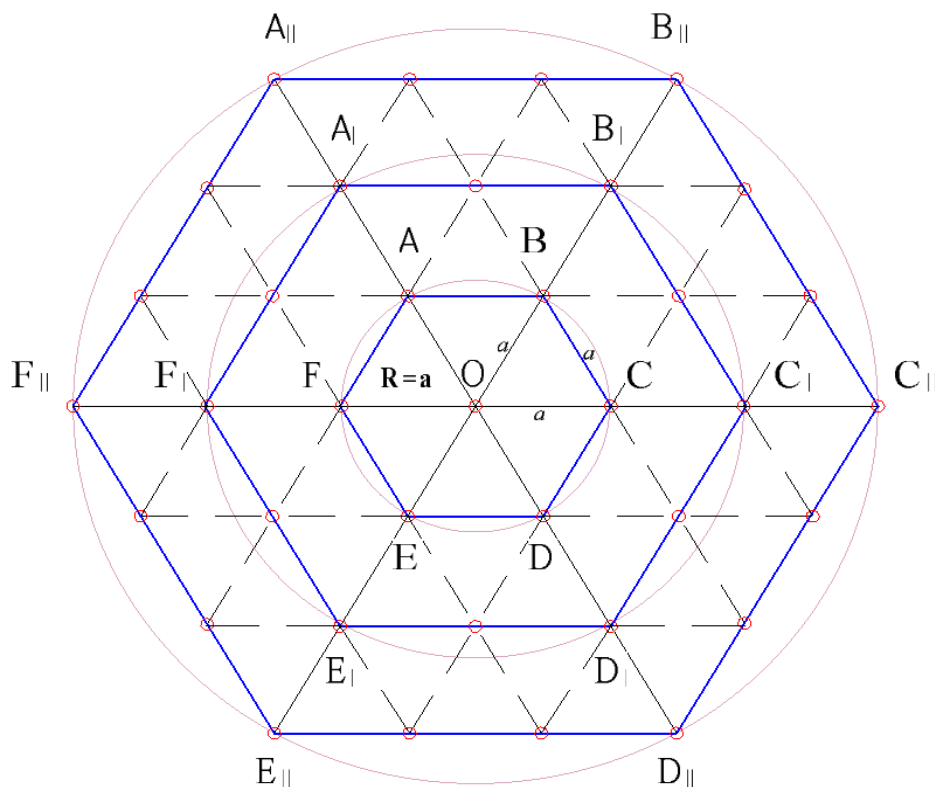


Рисунок 2: Демонстрация свойств правильной шестигранной призмы

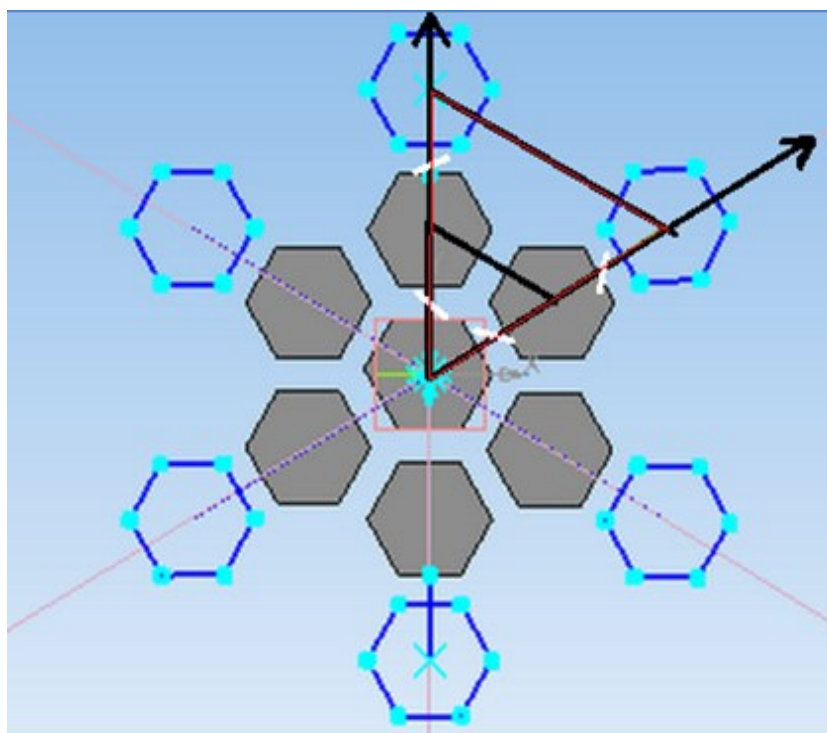


Рисунок 3: Роспуск группировки из транспортного положения

Основным вопросом для группировки спутников является весовой расчёт. Для расчёта массы всей группировки нужно учитывать такие критерии, как масса спутников-модулей со всей встроенной в них механикой и электроникой, масса механических связей и солнечного паруса (плёнки).

При рассмотрении на примере минимальной модификации группировки, состоящей из 7 спутников, выявлено следующее: при весе одного спутника равного 3 кг, весе 1 метра связей равного 42 гр и весе 1 м² плёнки равного 12 гр получается, что данная система будет весить лишь 54 кг.

Таблица 1: Весовая характеристики элементов группировки "AnSat"

Механика, электроника:	
Вес спутника, кг	3
Кол-во спутников, шт	7
Общий вес, кг	21
Механические связи:	
Длина связи, м	20

Вес 1 м. п., кг	0,042
Кол-во связей, шт	24
Общая длина, м	480
Общий вес связей, кг	20,1
Солнечный парус (пленка):	
Площадь 6 сегментов, м ²	1039
Вес 1 м ² , кг	0,012
Общий вес паруса, кг	12,5
Итого общий вес, кг	53,6
Парусность, м ² /кг	19,4

РОСПУСК ПЛЁНКИ НА ГРУППИРОВКЕ «АНСАТ»

Ещё одной особенностью группировки «АнСат» является возможность добавления плёночных солнечных батарей. Отсюда возникает проблема того, как разместить плёночные батареи так, чтобы не нарушать равновесие группировки и не перегружать модули, а самое главное закрыть все сектора. Также одной из задач была разработка наименьшего количества типов модулей для роспуска. В ходе разработки данной системы была предложена система роспуска по принципу «улитки», как продемонстрировано на рисунке ниже. Данная система позволяет закрыть все сектора группировки, не нарушает равновесие конструкции, а также требует всего два типа модулей с плёнкой (Первый тип: с двумя плёнками, раскрывающимися в противоположные стороны (все внутренние модули, за исключением центрального). Второй тип: с одной плёнкой, раскрывающийся в одну сторону (все крайние модули))

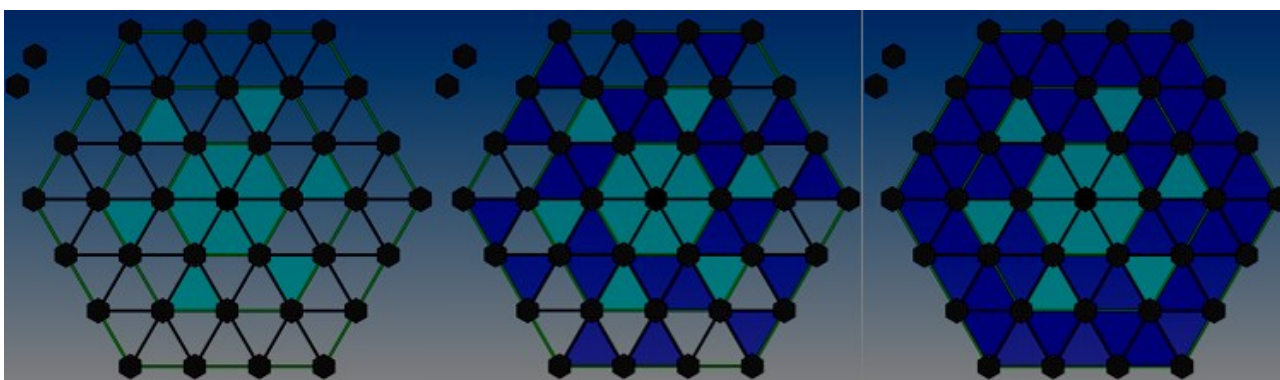


Рисунок 4: Роспуск плёнки на группировке (На примере 1, 2 и 3 уровня)

ОБЪЁМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ «АНСАТ»

Ещё одним уникальным свойством конструкции «АнСат» является возможность создания объёмных крупногабаритных космических конструкций. Одним из видов такой конструкции может стать группировка в форме тетраэдра.

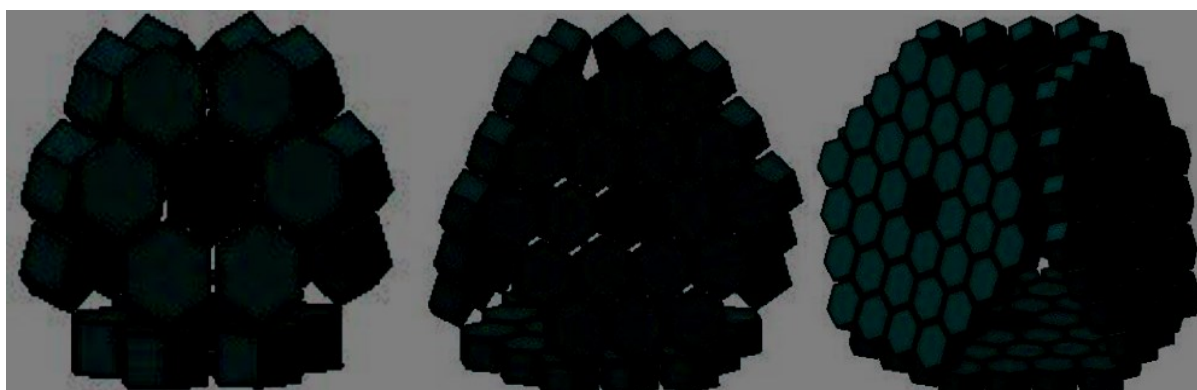


Рисунок 5: Объёмная крупногабаритная конструкция "АнСат" в форме тетраэдра (На примере 1, 2 и 3 уровня группировки)

При рассмотрении данной конструкции с точки зрения рабочей площади, выходит, что получаемая площадь становится в 4 раза больше.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВОПРОС

Группировка АнСат, благодаря огромным рабочим площадям способна стать космической солнечной электростанцией. Это может произойти благодаря плёнке, натянутой в пространстве внутри секторов. Данная плёнка, способна с 1 м² вырабатывать мощность равную 100 Вт. Так на 1 уровне группировки, при площади равной 1000 м², есть возможность получить мощность равную 0,1 МВт (100000 Вт). А на 7 уровне группировки, при площади более 50000 м², есть возможность получать уже 5,1 МВт (5100000 Вт).

Уровень	Кол-во спутников	Вес, кг	Рабочее положение Площадь, м2	Вырабатываемая мощность, МВт
1	7	54	1039	0,1
2	19	177	4157	0,4
3	37	374	9353	0,9
4	61	645	16628	1,7
5	91	988	25981	2,6
6	127	1405	37412	3,7
7	169	1894	50922	5,1

Однако из-за компактности системы создание КСЭС на базе группировки АнСат не представляется возможным. Так как группировка «ANSAT» состоит из шестигранных модулей со стороной 10 см и весом 3 кг, в расчёт которого входят механика и электроника модулей, то не остаётся места для установки аккумуляторных систем для накопления энергии.

Использовать группировку «ANSAT», как КСЭС, напрямую, с нынешним уровнем развития технологий, невозможно. Однако, есть возможность использования группировки «ANSAT», как средства для накопления энергии, но не как хранилище и передатчик .

Данная концепция основывается на синтезе группировки «ANSAT» и уже существующих проектов КСЭС с бесконтактной передачей энергии.

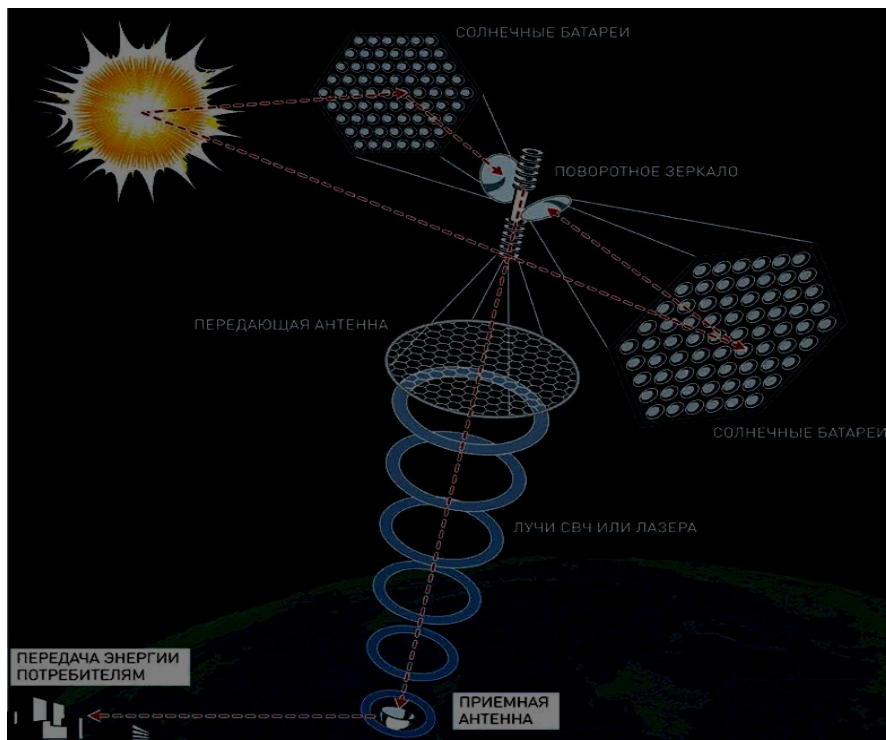
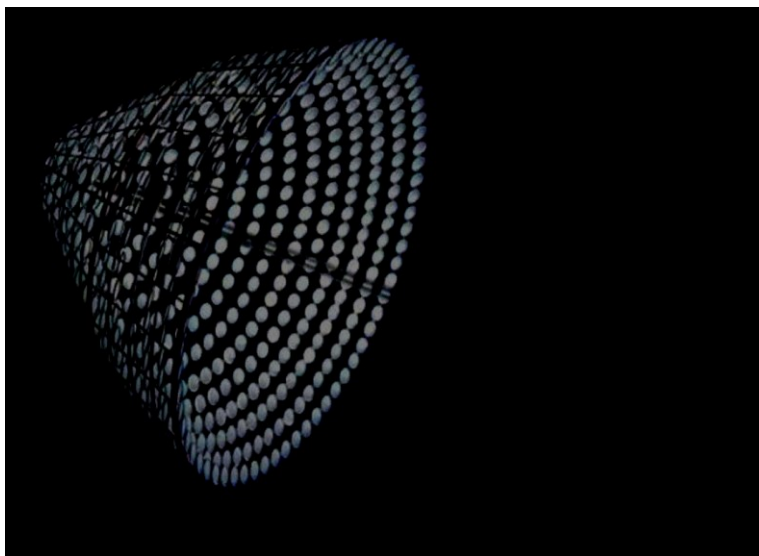


Рисунок 6: Гибридизация КСЭС по программе Пентагона



Рисунок

7: Американский проект КСЭС SPS-Alpha

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТЕНД

Также для испытания системы роспуска группировки, а также роспуска плёнки, был создан и испытан демонстрационный стенд роспуска системы АнСат, представленный ниже.

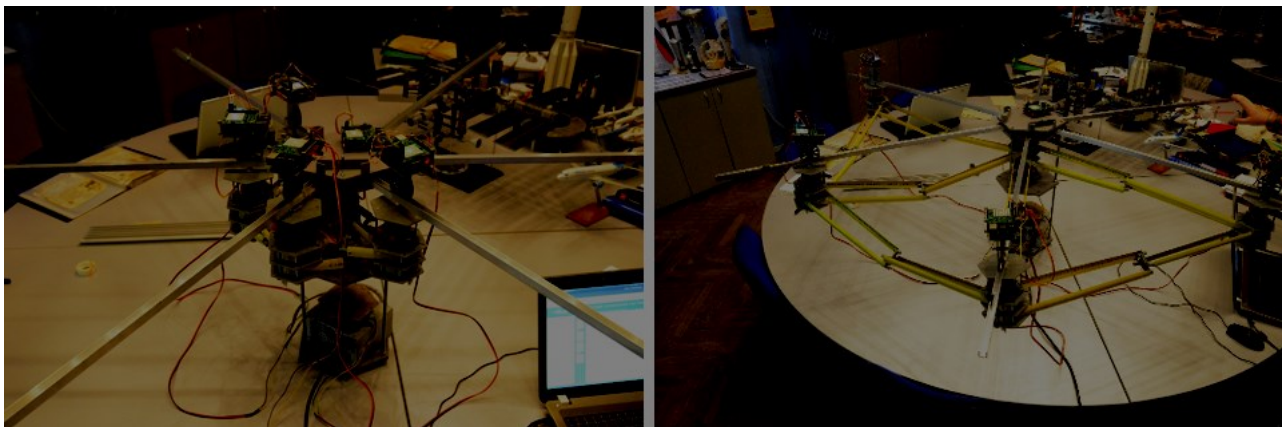


Рисунок 8: Стенд роспуска группировки "АнСат"