

Полученные значения собственных частот для обоих вариантов корпуса удовлетворяют требованиям по резонансным частотам для изделий космического назначения (>130 Гц).

Список литературы:

1. Битуева М.И., Костюченко Т.Г. Исследование прототипа малого космического аппарата на квазистатические нагрузки // Космическое приборостроение: Сборник научных трудов II Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием.- Томск, 2014. - С. 244-247.
2. T-Flex анализ // Пособие по работе с системой. – АО «Топ Системы», Москва, 2009, Редакция 6.
3. Костюченко Т.Г. T-Flex Анализ. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций. Методические указания по выполнению лабораторного практикума. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. - 21 с.

### Спутники формата CubeSat

Битуева М.И.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры ТПС  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: bitueva@tpu.ru

CubeSat – формат малых (сверхмалых) космических аппаратов для исследования космоса. Спутники CubeSat обычно имеют объем до 1 литра и массу, не превышающую 1.33 кг или немного больше [1]. Относительная легкость создания и небольшая стоимость сделала такие спутники доступными для массового производства.

Спецификации CubeSat были разработаны в 1999 году под руководством профессора Bob Twiggs (факультет аэронавтики и астронавтики, Стэнфорд).

Существуют разные способы выведения этих космических аппаратов на орбиту. Как правило, их запускают по несколько единиц ракетой-носителем или с борта космических кораблей (пилотируемых и автоматических грузовых космических кораблей и орбитальных станций). Некоторые компании предоставляет услуги по выводу спутников на орбиту, например, ISC Kosmotras и Eurokot. Существуют многоместные контейнеры-платформы с револьверным выводом на орбиту для размещения на ракете-носителе, космическом корабле или орбитальной станции и запуска.

Проектированием и созданием спутников формата CubeSat в большинстве своем занимаются университеты, но кроме них, еще и крупные компании, например, Boeing, а также частные компании, любительские объединения и даже школы.

Стоимость изготовления и запуска такого космического аппарата на 2004 год составляла 65-80 тысяч долларов [2]. На 2012 год стоимость запуска CubeSat снизилась до 40 тысяч долларов.

### Размеры спутников

В стандарте CubeSat определены спецификации для спутников размером 1 и 3 юнита, 1U и 3U соответственно [3]. Вес спутников не превышает 10 кг, что по международной классификации соответствует классу наноспутников. Практически наибольшее распространение получили спутники следующих размеров:

Таблица 1 – Размеры и вес спутников CubeSat

Обозначение	Размеры	Вес
1U	100x100x113,5 мм	до 1,33 кг
2U	100x100x226,5 мм	до 2,67 кг

3U	100x100x340,5 мм	до 4 кг
4U	100x100x533,5 мм	до 5,33 кг
5U	100x100x665,5 мм	6,67 кг
6U	100x200x340,5 мм	до 8 кг

Эти размеры получаются простым умножением стандартных размеров на величину юнита. Реже в практике встречаются промежуточные размеры спутников 0.5U и 1.5U. Размеры масштабируются таким образом, что в стандартный пусковой контейнер P-POD помещаются несколько спутников суммарным размером 3U (рисунок 1).

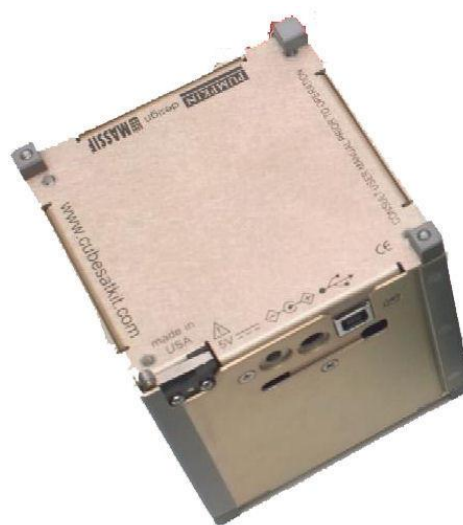


Рисунок 1 – Пусковой контейнер P-POD и три спутника

На рисунках 2 - 4 представлены примеры конструкций спутников CubeSat [4, 5].



а)



б)

Рисунок 2 – Конструкция спутника CubeSat размером 1U:  
а) каркасная; б) сплошные стенки

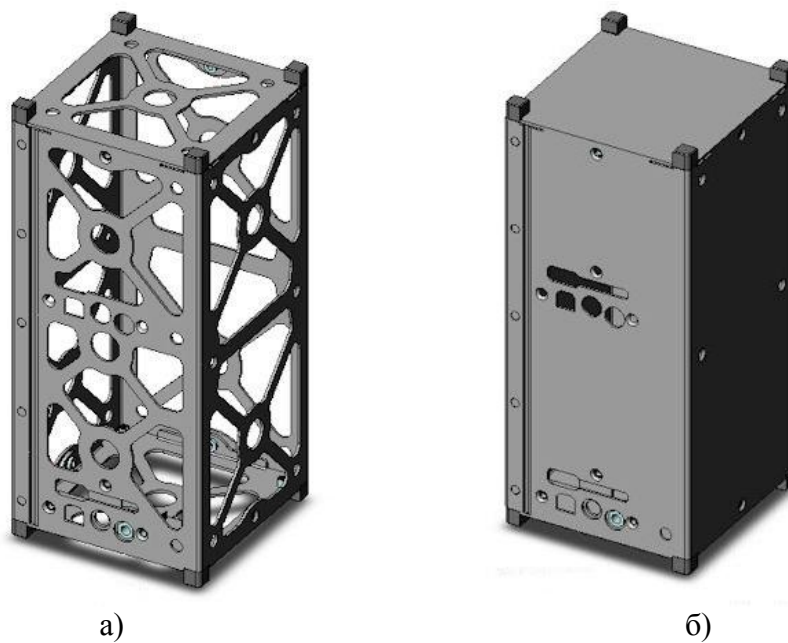


Рисунок 3 – Конструкция спутника CubeSat размером 2U:  
а) каркасная; б) сплошные стенки

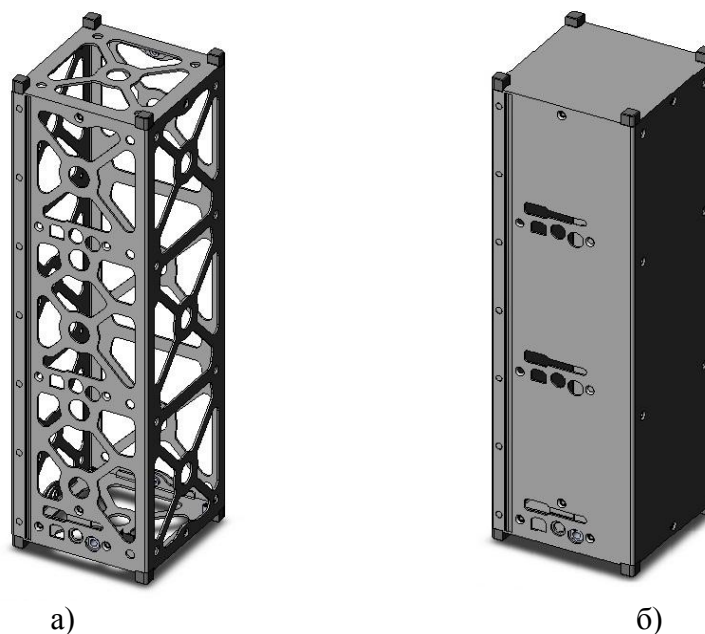


Рисунок 4 – Конструкция спутника CubeSat размером 3U:  
а) каркасная; б) сплошные стенки

Список литературы:

1. CubeSat Design Specification Rev. 12. California State Polytechnic University
2. Leonard David. Cubesats: Tiny Spacecraft, Huge Payoffs. Space.com (2004)
3. Спутники стандарта CubeSat. [Электронный ресурс]. - <http://cubesat.ru/ru/cubesats.html>, свободный. – Загл. с экрана.
4. CubeSat structure [Электронный ресурс]. - [http://www.clyde-space.com/cubesat\\_shop/structures/1u\\_structures](http://www.clyde-space.com/cubesat_shop/structures/1u_structures), свободный. – Загл. с экрана.
5. 3D CAD Design. [Электронный ресурс]. - <http://www.cubesatkit.com/content/design.html>, свободный. – Загл. с экрана.