

Такой подход позволяет добиться максимальной достоверности информации, так как минимизируется расхождение данных между принципиальной электрической схемой и перечнем элементов, поскольку первая является источником данных для второго.

Экономится время на разработку конструкторской документации и проведение изменений, поскольку работа ведется в пределах одного приложения, не нужно переключаться между окнами, ручной ввод информации сводится к минимуму, нет необходимости вручную сравнивать между собой версии документации и фиксировать различия.

Включение в набор таблицы примененных покупных изделий позволяет в дальнейшем автоматизировать выпуск ведомости покупных изделий.

Таким образом, автоматический способ формирования перечня элементов и ведомости покупных изделий значительно облегчает труд схемотехника и ускоряет процесс внесения изменений в принципиальную электрическую схему.

Исследование частотных характеристик корпуса малого космического аппарата

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

В 2016 г. в ТПУ предполагается запуск университетского малого космического аппарата (МКА). В настоящее время ведется работа по проектированию аппарата. В рамках этой работы проводится исследование различных вариантов корпуса МКА, в частности, формата CubeSat, варианты 1U, 2U, 3U.

Ранее вариант корпуса 1U был исследован на квазистатические нагрузки [1].

В статье приведены результаты исследования корпуса МКА для варианта конструкции корпуса 2U, как возможного варианта для университетского МКА.

Существует стандарт CubeSat, который накладывает ограничения на размеры и массу спутника. Эти размеры подсчитываются умножением стандартных размеров на величину юнита (1U, 2U и т.д.). Длина ребра спутника CubeSat 1U 100 мм.

На рисунке 1 приведена 3D модель корпуса исследуемого КА.

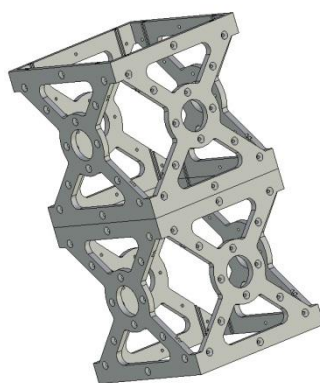


Рисунок 1 – Корпус спутника формата CubeSat 2U

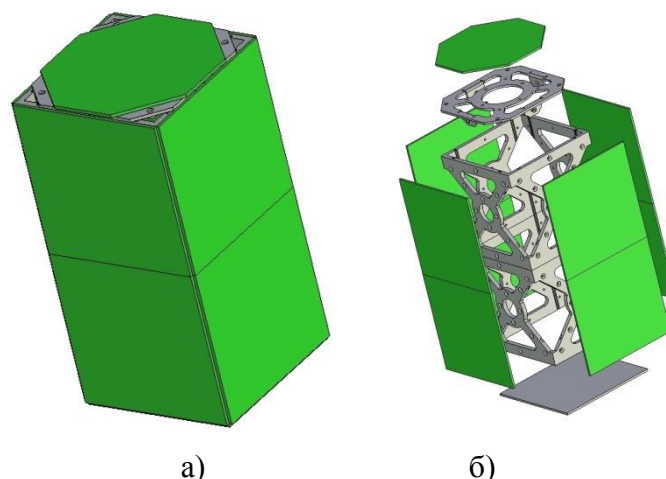


Рисунок 2 – 3D модель спутника формата CubeSat 2U в:
а) собранном виде; б) разобранном виде

Частотный анализ позволяет осуществлять расчёт собственных (резонансных) частот конструкции и соответствующих форм колебаний. По итогам расчета осуществляется проверка наличия резонансных частот в рабочем частотном диапазоне изделия. Можно повысить надёжность и работоспособность изделия, оптимизируя конструкцию таким образом, чтобы исключить возникновение резонансов [2].

Результатами частотного анализа являются:

- частота собственных колебаний (Гц), соответствует ожидаемой резонансной частоте конструкции. Теоретически количество собственных частот для любого тела бесконечно. В результатах отображаются только частоты выбранных форм собственных колебаний.

- форма собственных колебаний, соответствующая данной частоте. Форма колебаний показывает, какие относительные деформации (перемещения) будет испытывать конструкция, в случае возникновения резонанса несоответствующей собственной частоте. Эти формы колебаний, после завершения расчёта, представляют собой относительные амплитуды колебаний. Анализируя эти формы, можно сделать заключение о характере резонансных перемещений, но не об их физической амплитуде [3].

Этапы проведения анализа следующие: создание конечноэлементной модели; задание ограничения; задание количества форм; расчет; анализ полученных результатов.

При проведении расчета ограничением является полное закрепление по одной из граней модели. Количество форм колебаний – 4.

В таблице 1 приведены результаты расчета собственных частот колебаний.

Таблица 1 – Результаты частотного анализа корпусов 1U и 2U

	Форма 01, Гц	Форма 02, Гц	Форма 03, Гц	Форма 04, Гц
Корпус 1U	255,896	255,928	255,989	289,537
Корпус 2U	255,221	255,244	255,381	255,655

На рисунках 3 и 4 показаны результаты расчета частотного анализа.

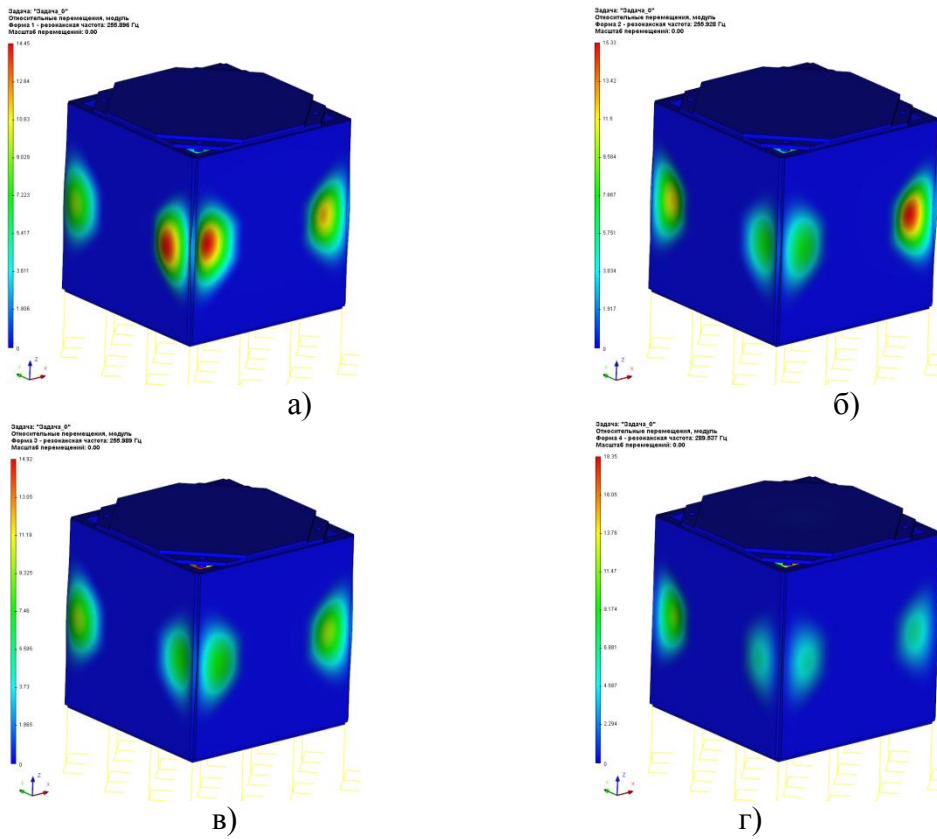


Рисунок 3 - Результаты частотного анализа корпуса 1U:
 а) Форма 01; б) Форма 02; в) Форма 03; г) Форма 04

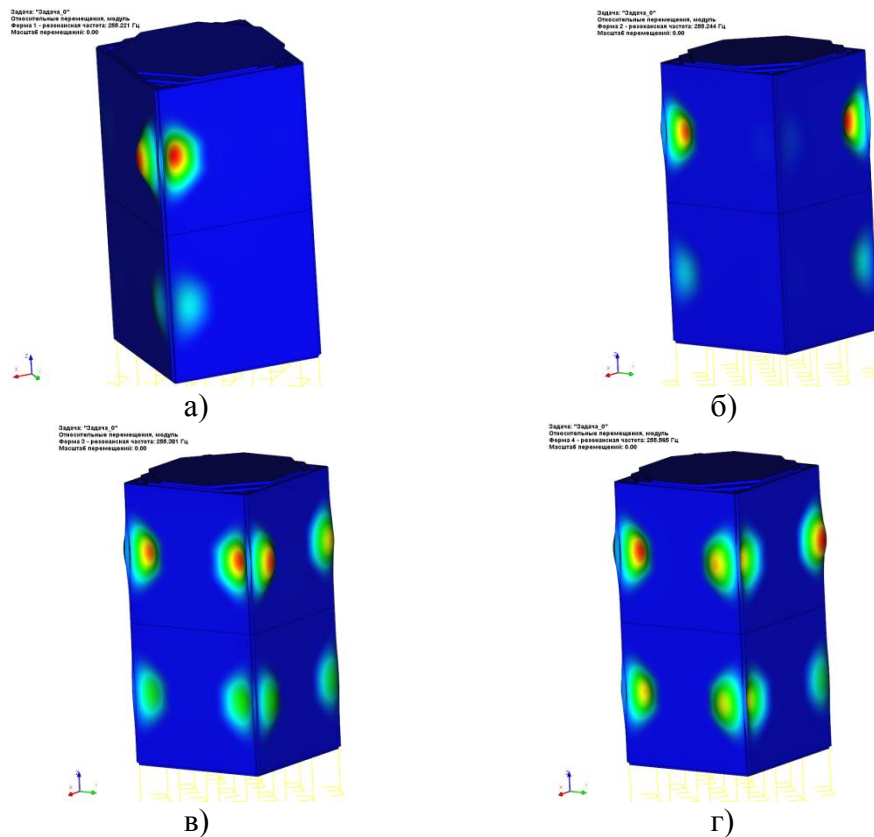


Рисунок 4 - Результаты частотного анализа корпуса 2U:
 а) Форма 01; б) Форма 02; в) Форма 03; г) Форма 04

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