

Композитные технологии

2022/23 учебный год

Инженерный тур

Общая информация

Задача заключительного этапа — разработка корпуса малого космического аппарата типа «CubeSat 2U».

CubeSat — международный стандарт исполнения малых космических аппаратов (МКА). Стандартный CubeSat представляет собой куб со сторонами $100 \times 100 \times 100$ мм (1U — один юнит). При этом конфигурация может быть разной, но всегда кратной одному юниту.

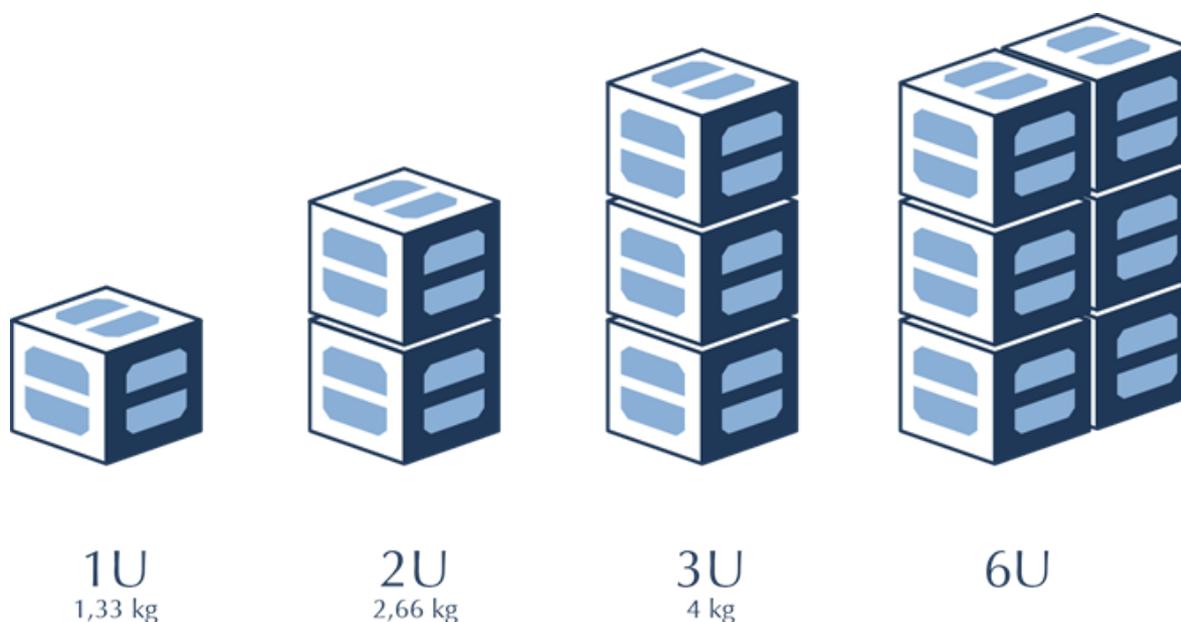


Рис. VI.2.1. Типоразмеры аппаратов серии CubeSat

Сюжет задачи

В ходе финала необходимо создать аппарат размером 2U, т. е. $100 \times 100 \times 200$ мм. При этом следует строго соблюдать эти размеры. Аппараты серии CubeSat выводятся на орбиту в специальных устройствах — P-POD. Это контейнер с направляющими и пружиной, выстреливающий МКА после отделения от ракеты-носителя. Если аппарат будет неверного размера — он может застрять в P-POD.



Рис. VI.2.2. P-POD для вывода МКА на орбиту

Ещё один важнейший параметр для любого космического аппарата — малая масса. Стоимость вывода 1 кг полезного груза на низкую околоземную орбиту составляет от 200 000 до 350 000 рублей. Соответственно, чем ниже масса — тем лучше. Однако, следует четко соблюдать требования к радиопрозрачности элементов конструкции, чтобы сигнал внутренних компонентов не экранировался. Следовательно, безальтернативным материалом для создания корпусов будет стеклопластик — единственный радиопрозрачный композит.

Кроме того, разработанные вами конструкции должны обеспечивать возможность разборки и повторной сборки. После сборки МКА отправляются на испытания, которые могут выявить определенный дефект. Если сделать монолитную конструкцию, которую невозможно разобрать и собрать обратно — невозможно будет отремонтировать такой спутник и запустить на орбиту.

Ну и последний, но не менее важный фактор — жесткость конструкции. При выводе МКА на орбиту он испытывает вибрационные, ударные и инерционные нагрузки. Мы заменим их одной, нагрузкой на кручение. Конструкция должна выдерживать кручение вокруг оси аппарата.

Таким образом, за время финала необходимо разработать, изготовить и собрать макет МКА типа CubeSat формата 2U.

Требования к команде и компетенциям участников

В одной команде предусмотрено 3 участника. Среди них один конструктор, и два технолога. Задача конструктора — разработать конструкторскую документацию, соответствующую изделию команды. Задача технологов — изготовить элементы конструкции и собрать макет малого космического аппарата.

Количество участников в команде: 3 человека.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды:

(Роли, которые должны быть представлены в команде)

1. Конструктор — разработка конструкторской документации в инженерном ПО

(Компас-3D).

2. Технолог — создание элементов конструкции из полимерного композиционного материала методом вакуумной инфузии, сборка макета малого космического аппарата.
3. Технолог — создание элементов конструкции из полимерного композиционного материала методом вакуумной инфузии, сборка макета малого космического аппарата.

Оборудование и программное обеспечение

Описание оборудования, ПО, полигона, стендов и других ресурсов, которые используются для решения задачи

Наименование	Описание
Компас-3D	Разработка конструкторской документации
Вакуумная установка	Создание вакуумного мешка для технологии вакуумной инфузии
Эпоксидная смола с отвердителем	Матричный материал для композиционного материала
Стеклоткань	Армирующий материал для композиционного материала
Базальтовая ткань	Армирующий материал для композиционного материала
Вспомогательные материалы	Материалы, необходимые для реализации технологии вакуумной инфузии

Описание задачи

Участники перед началом работы получают только требования к габаритным размерам изделия, а также одинаковое количество пластиковых пластин, имитирующих внутренние электронные компоненты малого космического аппарата (которые должны быть размещены внутри макета аппарата). Кроме того, у всех команд был одинаковый доступ к технологическому оборудованию, а также компонентам, необходимым для получения композиционного материала.

На начальном этапе участники заняты обсуждением геометрии своей будущей конструкции, разрабатывают конструктивно-силовую и конструктивно-компоновочные схемы. После того, как у них появилось понимание подходов к разработке конструкции малого космического аппарата — конструктор приступает к разработке документации, а технологи — к созданию макета малого космического аппарата.

Система оценивания

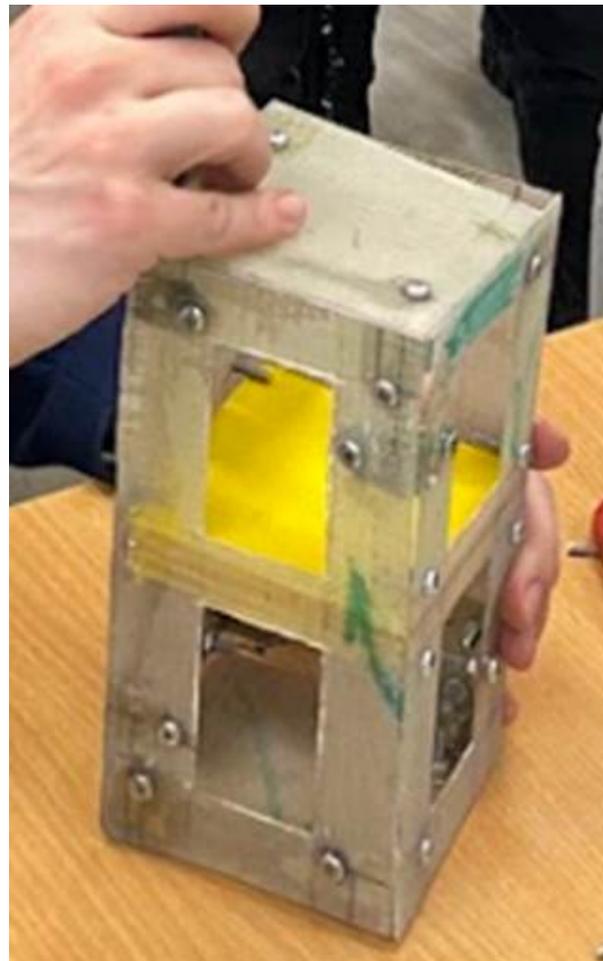
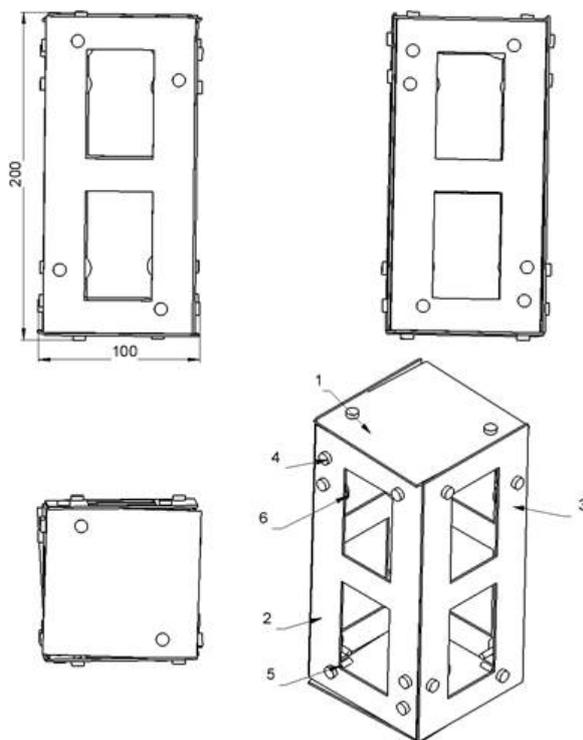
Критерии оценки распределяются следующим образом:

1. Разработана чертежная документация, составленная в соответствии с ГОСТ и ЕСКД и повторяющая ваш МКА (20 баллов).

2. Размеры аппарата соответствуют требованиям к CubeSat 2u. Допускается занижение размеров не более, чем на 2 мм (20 баллов).
 3. Конструкция аппарата позволяет выполнять сборку и разборку (20 баллов).
 4. Конструкция успешно выдержала испытания на кручение:
 - А) приложение нагрузки в 5 кг на плече в 150 мм — 20 баллов;
 - Б) приложение нагрузки в 3 кг на плече в 150 мм — 10 баллов;
 - В) приложение нагрузки в 1 кг на плече в 150 мм — 5 баллов.
 5. Самый легкий аппарат получает 20 баллов. Каждый следующий по массе в сборе получает на 2 балла меньше, т. е. 18 баллов, 16 баллов и т. д.
- Итого, суммарно, можно набрать не более 100 баллов.

Решение задачи

Задача финала не предусматривала единого, авторского решения. Лучшим, по итогам финала, стало следующее решение участников:



Данная конструкция обладала наилучшими соотношениями массы, жесткости, ремонтпригодности, а разработанная конструкторская документация полностью соответствовала реальному макету малого космического аппарата и требованиям ГОСТ и ЕСКД.

Ссылка на материалы работы команды победителя: <https://disk.yandex.ru/d>

/0qH30bvvUQJLjg.

Материалы для подготовки

- Статья «Вакуумная инфузия»: <http://www.inumit.ru/rus/biblioteka/vakuumnaya-infuziya/>.
- Статья «Технология вакуумной инфузии»: <http://graphite-pro.ru/technology/>.технология-вакуумной-инфузии-vacuum-infusion-process
- Курс молодого инженера: <https://stepik.org/course/58831/>.
- Статья «Судьба композитов: от фараонов до наших дней»: <https://strana-rosatom.ru/2020/07/13/\T2A\cyrs\T2A\cyru\T2A\cyrd\T2A\cyrsftsn\T2A\cyrb\T2A\cyra-\T2A\cyrk\T2A\cyro\T2A\cyrm\T2A\cyrp\T2A\cyro\T2A\cyrz\T2A\cyri\T2A\cyrt\T2A\cyro\T2A\cyrv-\T2A\cyro\T2A\cyrt-\T2A\cyrf\T2A\cyra\T2A\cyrr\T2A\cyra\T2A\cyro\T2A\cyrn\T2A\cyro\T2A\cyrv-\T2A\cyrd\T2A\cyro-\T2A\cyrn\T2A\cyra\T2A\cyrsh\T2A\cyri/>.
- Статья «Композиты 21 века: возможности и реальность»: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/504745-kompozity-21-veka-vozmozhnosti-i-realnost/>.