Трек твердотопливные ракеты – Вторая ступень

Задания сезона 2025-2026

Миссия

Собрать модель твердотопливной ракеты с электронно-механической системой спасения, которая должна вывести полезную нагрузку на заданной высоте от земли после апогея.
Написать программу для бортового микроконтроллера, обеспечивающую работу систем спасения и вывода спутника, передающую данные о полете по радиоканалу на приемный пункт. Осуществить ее запуск на чемпионате и защитить проект по итогам работы в течении года и данным с запусков.

Данный трек рассчитан на продолжающих участников. Необходимо пройти предыдущие ступени трека.

Задачи участников

- Рассчитать параметры и смоделировать ракету в программе OpenRocket.
- Спроектировать конструкцию системы спасения в CAD программе и изготовить ее.
- Спроектировать и собрать спутник.
- Собрать бортовую электронную систему ракеты и написать программу.
- Собрать бортовую электронную систему спутника и написать программу
- Разобраться с радиосвязью, собрать приемную станцию и антенну.
- Рассчитать и изготовить парашюты для спутника и ракеты
- Придумать и провести предполетные испытания
- Вести документацию проекта
- Придумать дизайн ракеты и нанести его на ракету
- По итогам запусков обработать данные и защитить свой проект

Ракета должна быть изготовлена качественно, для возможности проведения многократных пусков.
Необходимо продумать возможность починки компонентов ракеты в полевых условиях.

Заданные параметры

- Полет осуществляется на ракетомодельных двигателях РД-100 без вышибного заряда (высота 170-240 м при взлетной массе ~1кг)
- Двигатель выдается команде на стартовой площадке
- Пусковая установка предоставляется организаторами. Представляет из себя направляющий штырь диаметром 16мм.
- Стартовая площадка предоставляется организаторами.
- Время подготовки к старту после установки ракеты на стартовую - не более 1 минуты.
- На стартах поиск приземлившихся частей может осуществляться с применением следующих технологий:
    - по радиомаяку (цифровому или аналоговому);
    - по показаниям GPS - трекера;
    - по акустическому маяку;
    - с использованием комбинации этих технологий;
    - с применением любой собственной технологии, не противоречащей законодательству РФ, обоснованной на защите и согласованной с Оргкомитетом;

Двигатель

1. Модель ракеты может использовать только двигатель, предоставляемый организаторами. Полный импульс двигателя составляет 100Н*с. БЕЗ вышибного заряда.
2. На модели может быть установлен только один двигатель.
3. Не допускаются вносить любые изменения в конструкцию двигателя, в том числе связанные с его закреплением.
4. Технические и эксплуатационные характеристики двигателя предоставляются командам после записи на соревнование.

Требования

Расчеты

- Должна быть создана достоверная модель ракеты в программе OpenRocket, с расчетам массы, стабильности ракеты, формой обтекателя, формой и количеством стабилизаторов.
- Полет ракеты должен быть прямолинейным, устойчивым (1К< Цд-Цт <2К) и без вращений, где К - калибр, диаметр ракеты; Цд - положение центра давления относительно носа ракеты; Цт - положение центра тяжести относительно носа ракеты. Расчет должен быть подтвержден моделью ракеты в OpenRocket

- Должна быть выбрана скорость спуска ракеты на парашюте, выбрана форма парашюта и произведен его расчет. Пример расчета есть в разделе документации.
- Должна быть выбрана скорость спуска спутника на парашюте, выбрана форма парашюта и произведен его расчет.
- Должны быть проведены расчеты момента вывода спутника для выполнения миссии.

Конструкция ракеты

- Длина ракеты: не менее 900мм;
- Диаметр наружного корпуса ракеты: не менее 80мм по крайней мере 70% общей длины корпуса;
- Должны присутствовать направляющие кольца для пусковой установки диаметром не менее 18мм.
- Каждая из направляющих должна выдерживать вес ракеты.
- Ремонтопригодность конструкции: команде необходимо продумать удобную сборку и разборку ракеты, замену деталей.
- Конструкция отсека полезной нагрузки должна позволять устанавливать и снимать полезную нагрузку в полевых условиях (не более 3 минут);
- Конструкция механизма системы спасения должна позволять быструю (не более 3 минут) перезарядку в полевых условиях;
- При сборке ракеты необходимо обеспечить ее минимальный вес, и максимальную жёсткость.
- Стабилизаторы твердотопливных ракет ТР-2 должны выдерживать 300 грамм статической нагрузки (без видимых деформаций как в точке крепления так и в самом стабилизаторе), приложенные к концу стабилизатора как в направлении параллельном продольной оси ракеты, так и в направлении, перпендикулярном плоскости стабилизатора.
- Должен присутствовать быстросъемный нижний фиксатор двигателя;
- Двигатель должен монтироваться в течение одной минуты без обмотки скотчем и вклейки, не должен держаться на трении. При установке двигателя его нижняя часть (при открытом фиксаторе) должна выступать минимум на 25мм, для возможности извлечения двигателя.
- Полная стартовая масса ракеты должна быть не более 1600 грамм, вместе с полезной нагрузкой, без учета двигателя.
- Элементы управления электроникой ракеты должны быть спроектированы в общую панель. Допускается закрытие панели крышкой типа “люк”. Каждый индикатор и переключатель должны быть подписаны. Инструкция к панели управления должна быть оформлена в сопроводительной документации к ракете и приложена к паспорту ракеты.
- Зазоры на стыках собранной ракеты не должны превышать 1мм (все зазоры, места крепления стабилизаторов, закрытые крышки и люки, обтекатели, люки выведения п.н.)
- На ракете должна быть установлена как минимум одна камера в поле зрение которой попадает вывод спутника
- В Собранном состоянии ракета не должна разваливаться при наклоне до 100 градусов от вертикального положения.

- Конструкция должна быть изготовлена качественно и с соблюдением высоких норм культуры производства. В случае возникновения сомнений в том, что технология изготовления конструкции может гарантировать ее качество и безопасность полета Оргкомитет оставляет за собой право не допустить команду до старта;
- Оргкомитет оставляет за собой право не допускать предлагаемую командой конструкцию ракеты-носителя к участию в соревнованиях в случае возникновения сомнений в ее безопасном функционировании.
- Дополнительно оценивается целостность и пригодность всей конструкции к дальнейшим полетам, после каждого полета;

Окраска ракеты

- Для улучшение эстетического вида ракеты корпус рекомендуется окрасить. Команда самостоятельно разрабатывает дизайн. Рекомендуется использовать яркие цвета, отличные от зеленого и синего (цвет травы и неба).
- Рекомендуется подумать над тем, чтобы оформление корпуса вело к увеличению влагостойкости корпуса ракеты.
- На ракете должны быть нанесено название команды, состав участников, ФИО Руководителя (в читаемом виде с расстояния в 1 метр)

Электроника

- Ракета должна быть оборудована электронной бортовой системой которая отвечает за спасение ракеты-носителя (в двигателе ракеты не используется “вышибной” заряд) и вывод полезной нагрузки. После запуска система работает в автоматическом режиме, не допускается внешнее вмешательство;
- Элемент питания должен быть размещен внутри корпуса и иметь свободный доступ для быстрой замены в полевых условиях (не более 2 минут)
- Должны присутствовать как минимум следующие элементы управления:
    - Кнопка включения электроники
    - Аппаратный индикатор включения (наличие питания)
    - Кнопка тестового срабатывания системы спасения ракеты
    - Кнопка тестового срабатывания системы выведения полезной нагрузки
    - Выключатель радиомодуля (аппаратный, прерывание питания)
    - Индикатор наличия питания на радиомодуле (аппаратный)
    - Информационный дисплей
- Дисплей, должен отображать как минимум:
    - Максимально достигнутую высоту на данный момент (накопительная с момента включения)
    - Индикатор программного включения и готовности к запуску
    - Индикатор наличия телеметрии
    - Канал телеметрии (HEX)
    - Индикатор Наличия/отсутствия спутника в ракете

    - Высоту и время вывода спутника (в полете от момента включения)
- Тесты должны быть реализованы в рамках рабочего кода ракеты, не отдельным самостоятельным кодом ПО.
- Бортовая электроника должна определять старт ракеты, апогей, срабатывание системы спасения, вывод парашюта, вывод спутника (фактический) и приземление;
- Необходимо реализовать возможность отключение телеметрии ракеты выключателем в панели управления.
    - Включение и выключение радиомодуля должно быть реализовано на аппаратном уровне.
    - Индикация работы телеметрии - дополнительный светодиод, также должен свидетельствовать об аппаратном наличии питания на радиомодуле и выведен на панель управления
- Обратите внимание, что для ускорения работы системы нет необходимости в состоянии полета что либо отображать на дисплее, однако после приземления необходимо чтобы информация была отображена. Продумайте логику работы вашего ПО, изучите скорость работы системы.
- Бортовая электроника должна быть разработана самостоятельно. Не допускается использование платы RocketBoard в ракете;
- Необходимо передавать по радиоканалу телеметрию полета в утвержденном формате.
- Бортовая электроника спутника может быть реализована на усмотрение команды. Включение и выключение спутника должно быть выведено на корпус спутника, должен быть индикатор наличия питания.
- Если спутник имеет радио передатчик, то по аналогии с ракетой должно быть предусмотрено его отключение.

Минимальные требования к панели управления

- Элементы управления электроникой ракеты должны быть спроектированы в общую панель.
- Допускается закрытие панели крышкой типа “люк”.
- Каждый индикатор и переключатель должны быть подписаны.
- Инструкция к панели управления должна быть оформлена в сопроводительной документации к ракете и приложена к паспорту ракеты.
- Переключатель, который отвечает за подачу питания всем системам ракеты
  Физически разрывает цепь питания
- Индикатор питания
  Светодиод указывающий на фактическое наличие напряжения в цепи
- Индикатор готовности
  После включения питания микроконтроллер Arduino какое-то время “загружается”, и только потом готов к работе. Чтобы избежать ситуации неготовности изделия к работе, необходим дополнительный индикатор, который будет включаться после того, как Arduino загрузится и будет готов к работе. Это может быть как и светодиод так и символ на дисплее.
- Выключатель радиомодуля

    - Включение и выключение радиомодуля должно быть реализовано на аппаратном уровне.
    - Индикация работы телеметрии - дополнительный светодиод, также должен свидетельствовать об аппаратном наличии питания на радиомодуле и выведен на панель управления
- Кнопки для тестового срабатывания систем ракеты
  Для срабатывания каждой системы стоит предусмотреть свою индивидуальную кнопку. Имеются в виду системы спасения и выведения, в количестве в зависимости от трека.
- Дисплей выводящий данные в соответствии с заданием. Так же дисплей можно использовать для уменьшения количества программных индикаторов - выводит данные на нем.
- Кнопки включения и срабатывания систем спасения полезной нагрузки должны также в виде панели располагаться на корпусе полезной нагрузки.

Система спасения

- Расчетная скорость спуска ракеты на парашюте должна находится в диапазоне 7-10 м/с и должна быть выбрана командой самостоятельно.
- Расчет скоростей спусков должен быть произведен на всех этапах полета ракеты.
- Ткань, стропы и конструкция парашюта должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить выбранную командой скорость спуска и при этом помещаться в отсеке парашюта (отсутствие торчащих частей при закрытом люке, люк плотно прилегает к корпусу. Примеры расчетов парашюта есть в технической документации на сайте чемпионата.
- Все детали системы спасения должны быть прикреплены дополнительными элементами (нитками, резинками, скотчем) к ракете, во избежание их потери после срабатывания системы спасения;
- Конструкция механизма системы спасения (выброса парашюта) должна позволять быструю (не более 3 минут) перезарядку в полевых условиях.

Система связи

- Система связи ракеты должна обеспечивать устойчивую связь в радиусе минимум 500 метров от ракеты.
- После включения и до завершения полета, ракета должна непрерывно передавать данные телеметрии на приемную станцию организаторов и участников, согласно утвержденному формату.
- Радиостанция должна иметь прочный корпус с удобным подключением к компьютеру через USB порт.
- Корпус должен быть самостоятельно разработан и собран командой, и быть защищен от механических повреждений
- Вся электронная часть приемной станции должна находиться внутри корпуса.
- Фидер антенны должен присоединяться к радиостанции через разъем (позволять замену антенны).

- Антенна должна соответствовать принимаемой частоте радиосигнала.

Полезная нагрузка

- Основная задача трека - вывести полезную нагрузку на высоте 120 м от земли или максимально близко к этой высоте.
- На защите команде необходимо доказать получившуюся высоту выведения на основе различных данных с бортовых систем ракеты и спутника.
- Полезная нагрузка изготавливается участниками самостоятельно;
- Полезная нагрузка не является частью ракеты-носителя;
- Полезная нагрузка должна целиком размещаться внутри корпуса ракеты;
- Полезная нагрузка имеет геометрические размеры 70x70x140мм (с учетом парашюта);
- Полезная нагрузка должна иметь форму параллелепипеда;
- В состоянии вне ракеты парашют должен находится внутри объема спутника, не вываливаться из своего отсека при всевозможных пространственных операциях.
- Полезная нагрузка весит до 200 грамм;
- Выведением полезной нагрузки считается отсоединение ее от ракеты-носителя
- Полезная нагрузка должна иметь как минимум пассивную систему спасения, систему определения точки разделения с ракетой, систему определения высоты, видеокамеру;
- Кнопка включения электронной системы спутника должна находиться на корпусе спутника;
- После включения и до завершения полета спутник должен непрерывно записывать данные телеметрии на SD-карту.
- Спутник должен записывать видео все время полета, которое необходимо потом обработать;
- Расчетная скорость спуска спутника на парашюте должна находится в диапазоне 8-10 м/с и должна быть выбрана командой самостоятельно
- Дополнительная задача: разработать, защитить и реализовать дополнительную миссию для спутника; Дополнительные миссии ПН могут принести команде дополнительные баллы
- Полезная нагрузка может содержать не запрещенное дополнительное оборудование, выполнять произвольную миссию;

Полная перезарядка спутника (после срабатывания системы спасения) до полной готовности должна быть меньше 3 минут

Документация проекта

- В течении года команда должна вести отчетную документацию и своевременно предоставлять ее для оценки.
- На последнем этапе команда должна сделать видеопрезентацию ракеты. На основании видеопрезентации и последнего отчета осуществляется допуск к финалу.

- На финал команда должна подготовить паспорт ракеты соответствующего образца. Паспорт ракеты утверждает капитан команды и несет ответственность за его достоверность (в рамках оценки работы команды)

Обработка данных

- Необходимо осуществлять запись данных полета РН (ракеты-носителя) и ПН (полезной нагрузки);
- По результатам запуска необходимо доказать достигнутую высоту полета и высоту вывода полезной нагрузки на заданную высоту на основании данных полученных от бортовых систем ракеты и данных полученных с бортовых систем полезной нагрузки, в том числе и по видео с ПН;

Формат передачи данных по радио

Формат передачи телеметрии является **обязательным** к соблюдению для всех команд.

TeamID;TIme;Voltage;Altitude;A;Start point;Apogee point;Activate point;Sat point;Parachute point;Landing point; * \n
TeamID – код команды, 2 символа. Код команды выдается организаторами
TIme – ms, таймер ардуино (функция millis();)
Voltage - напряжение в вольтах, до сотых долей
A – Модуль вектора ускорения м/с^2
Altitude – Высота в метрах, относительно уровня старта
Start point - 0 или 1, должен быть «1» после того как вы зафиксировали старт ракеты
Apogee point - 0 или 1, должен быть «1» после того как вы зафиксировали точку апогея
Activate point - 0 или 1, должен быть «1» после того как ваша система спасения была активирована
Sat point - 0 или 1, должен быть «1» после того как ваша система зафиксировала выход спутника
Parachute point - 0 или 1, должен быть “1” после того, как вы зафиксировали выход парашюта
Landing point - 0 или 1, должен быть «1» после того как вы зафиксировали приземление отсека полезной нагрузки
***** - Если вы хотите передавать дополнительную информацию, ее можно добавить после основной строки.
\n - конец строки

Пример
1A;678903;44.5;8.12;9.8;1;0;0;0;0 // end of line is ”\n” (LN)

Рекомендации по дополнительному оборудованию

Чемпионат не подразумевает использование дорогого и редкого оборудования. Для выполнения регламента достаточно придерживаться доступных компонентов из общеизвестных магазинов.

Примеры экрана (oled i2c)
https://aliexpress.ru/item/32896971385.html ~ 150 рублей

Пример камеры (SQ11 camera)
https://aliexpress.ru/item/1005004296094976.html ~ 300 рублей