

Конкурсное задание



Компетенция

Инженерия космических систем

Space systems engineering

Конкурсное задание включает в себя следующие разделы:

1. Формы участия в конкурсе
2. Задание для конкурса
3. Модули задания и необходимое время
4. Критерии оценки
5. Необходимые приложения

Количество часов на выполнение задания:
12ч.

Разработано экспертом WSR.

Менеджер компетенции
Макаров А.А.

1. ФОРМЫ УЧАСТИЯ В КОНКУРСЕ

Командный конкурс – 3 человека в команде. Не запрещается конкурсантам одной команды работать вместе над выполнением всего конкурсного задания. Общение между командами на конкурсной площадке не допускается.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНКУРСА

Общие требования:

Участникам предлагается выполнить конкурсное задание - разработать проект малого космического аппарата - искусственного спутника Земли (ИСЗ), способного выполнять различные целевые задачи. В процессе проведения соревнования конкурсантам необходимо выполнить 3D-модель, изготовить корпус (опционально - его составляющие) и разработать часть электронного оборудования, осуществить сборку функционального макета и провести основные полунатурные испытания, выполнив инженерные расчеты и провести имитационное моделирование КА.

Также они выполняют программирование бортового компьютера для обеспечения целевой задачи. В ходе соревнований конкурсанты осуществляют разработку и сборку электронных устройств, трассировку плат, пайку, выполняют работы на станке лазерной резки и печать на 3D принтере.

Уже спроектированная модель спутника собирается командой в условно чистой комнате с соблюдением правил работы и нахождения в ней, используя детали, системы, устройства, элементы крепления, изготовленные собственными силами, а также стандартные компоненты, примером которых могут служить компоненты, входящие в состав набора конструктора спутника «ОрбиКрафт» (рис.1). Описание стандартного набора компонент «ОрбиКрафт» (рис. 2), из которых собирается спутник, представлено здесь: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>

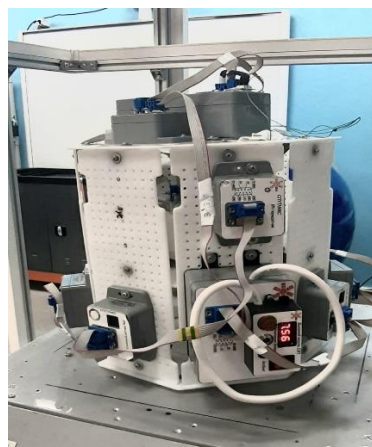


Рис. 1. Общий вид собранного конструктора «Орбикрафт»



Рис. 2. Общий вид набора конструктора «Орбикрафт»

Далее в описании по умолчанию подразумевается наличие набора конструктора спутника «ОрбиКрафт».

Собранный аппарат должен пройти испытания на специальном стенде полунатурного моделирования (рис. 3 и 4) и подтвердить свою работоспособность. Возможное описание стенда, в составе которого должны быть проведены испытания макета, приводится здесь: <http://sputnix.ru>.



Рис. 3. Имитатор магнитного поля Земли с аэродинамическим подвесом и ПУИТ



Рис. 4. Магнитная рамка (имитатор магнитного поля Земли) с подвесом, имитатор Земли, имитатор Солнца

В итоге созданная участниками соревнований инженерная модель космического аппарата должна быть максимально приближена к реально запускаемым на орбиту моделям, пройти наземные испытания.

Конкурсантам необходимо обеспечить получение Центрами управления полетом (ЦУП) максимально оперативно, т.е. в максимально короткое время, как можно большего количества качественных изображений заданных географических областей в течение активного срока существования КА, при этом спутник должен максимально выполнить поставленные перед ним задачи.

Оценка производится членами жюри – экспертами на конкурсной площадке, допущенными к оценке, как в отношении выполнения задания в модуле, так и в отношении процесса выполнения конкурсной работы. Если участник конкурса не выполняет требования техники безопасности, подвергает опасности себя или других конкурсантов, такой участник может быть отстранен от конкурса.

Конкурсное задание должно выполняться по модулям. При выполнении конкурсного задания необходимо использовать дополнительную информацию и данные, указанные в Приложениях № 2-6, изменения в которые вносятся и утверждаются экспертами в день С-2 в даты проведения чемпионата. Оценка также происходит по результатам выполнения модуля.

3. МОДУЛИ ЗАДАНИЯ И НЕОБХОДИМОЕ ВРЕМЯ

Модули и время сведены в таблице 1

Таблица 1

№ п/п	Наименование модуля	Рабочее время	Время на задание
1	Модуль 1. 3D-проектирование компоновки КА. Модуль 2. Имитационное моделирование КА в ПО SX Modeler. Расчет энергобаланса на борту. Модуль 3. Проверка и программирование датчиков, систем КА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.	C1 9.00-11.00 C1 12.00-14.00	2 часа 2 часа

2	Модуль 4. Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА. Модуль 5. Сборка спутника	C2 9.00-12.00 C2 13.00-14.00	3 часа 1 час
3	Модуль 6. Полунатурные испытания КА. Модуль 7. Решение целевой задачи.	C3 9.00-12.00 C3 13.00-13.30	3 часа 0.5 часа
4	Модуль 8. Оценка стоимости проекта. Бережливое производство. Модуль 9. Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места	 C3 13.30-14.00	 0.5 часf

Непосредственно перед выполнением конкурсного задания необходимо включить программу записи экрана компьютера (например: OBS). Далее следует выполнить планирование всех производимых видов работ, расчетов, вычислений полным составом команды. Команда должна продумать общую концепцию работы, примерное время на выполнение модуля, определить ответственного за его выполнение, распределить обязанности и роли по трудовым функциям внутри группы и по конкурсным дням, о чем сделать соответствующие записи в Приложении итогового отчета:

- Конструктор - проектировщик (выполняет трудовые функции **конструктора-проектировщика**)
- Радиоэлектронщик - схемотехник (выполняет трудовые функции **радиоинженера**)
- Системный программист (выполняет трудовые функции **программиста, системного программиста**)
- Слесарь-сборщик МКА (выполняет трудовые функции **техника, слесаря-сборщика**)

Необходимая информация, документация и программы, необходимые для выполнения конкурсного задания находятся на рабочем компьютере участника в папке на рабочем столе с названием, идентичным дате проведения соревнований -

это день С1 чемпионата, пример: **01_01_2021** (см. Рис. 5). Для сохранения всех результатов работы на рабочем столе компьютера каждого участника создается папка с названием на английском языке **Project_номер рабочего места** (см. Рис. 5), где после нижнего подчеркивания печатается номер команды, полученный при жеребьевке рабочих мест, например, **Project_2**.

Участником, выполняющего роль конструктора – проектировщика, в этой же папке (**Project_номер рабочего места**) необходимо создать еще 2 папки. Одну с название «Для резки», вторую с названием «Для печати», куда будут сохраняться файлы для дальнейшего изготовления на станке лазерной резки и 3D печати.

Участником, выполняющего роль системного программиста, на его рабочем компьютере, в корне жесткого диска C(с:) создается папка с названием на английском языке: «**Project_с_номер рабочего места**». В эту папку сохраняются все проекты кода программиста, например, **Project_2**

Модуль1: 3D-проектирование компоновки КА.

Конструктор-проектировщик определяет общие решения поставленной глобальной задачи, определяется с типом оборудования и программного обеспечения, осуществляет подготовку общего решения, чтобы довести выполнение Конкурсного задания до логического завершения.

Разработка функциональной модели КА выполняется в ПО твердотельного моделирования (типа SolidWorks) и проходит в несколько этапов:

- 3D-проектирование конструкции спутника.
- 3D-проектирование резьбовых соединений, элементов крепления конструкции спутника.
- 3D-проектирование конструкции системы аэродинамического подвеса спутника.
- 3D-сборку моделей систем, датчиков, устройств спутника.
- 3D-сборку моделей дополнительных систем и устройств, устанавливаемых на спутник.
- 3D-сборку моделей целевой аппаратуры спутника
- Проектирование бортовой кабельной сети с указанием номера и длины шлейфа.

При проектировании необходимо учитывать:

- возможность дальнейшего изготовления деталей собственными силами на конкурсной площадке.

Для этого выполняется сохранение результатов моделирования элементов корпуса спутника, навесного оборудования в форматах файла, необходимого для работы на 3D принтерах и станке лазерной резки. Функции оператора станка возложить на технического эксперта, который изготовит эти детали по моделям участников.

Параметры рабочего материала и размеров рабочих столов и поверхностей станков указываются в день С-2.

- ограничение габаритов изготавливаемых деталей согласно размеру рабочего стола лазерной резки и 3D принтеров.
- использование измерительного инструмента, который входит в перечень предоставляемого инструмента на площадке.
- повторение цветовой гаммы представленного образца, шаблона КА;
- геометрические и массово-инерционные характеристики.

Положение центра масс КА по осям X, Y должно быть максимально приближено к нулевым значениям (для проведения испытаний на стенде полунатурного моделирования), расхождение не должно превышать $-10...+10$ мм. По оси Z (ось вращения) допускается отклонение не более $0...-150$ мм. Для этого сборку деталей в ПО 3D моделирования необходимо начинать от точки подвеса;

- тип, размеры, внешний вид корпуса спутника указываются в день С-2 в качестве изменений 30% КЗ;
- поля и углы зрения датчиков, их состав и количество для обеспечения работоспособности КА и выполнения поставленной задачи,
- особенности взаимного расположения камеры, отдельных систем, датчиков,
- системы раскрытия, поворота солнечных панелей, а также системы энергоснабжения для нее и других требований, специфичных для выполняемой спутником задачи.

Конструктор-проектировщик осуществляет контроль правильности компоновки 3D модели КА с точки зрения работы бортовых систем. Используются предоставленные организаторами соревнований 3D-модели приборов и систем (из комплекта набора конструктора «ОрбиКрафт») в качестве исходных данных. При выполнении 3D-сборки необходимо учитывать истинный вес всех элементов конструкции, приборов, датчиков, кабельной сети и др., используя для этой цели малогабаритные точные весы и возможности программного комплекса 3D моделирования (SolidWorks и др.). При необходимости следует выполнить переопределение массы изделий. Результаты измерений оформляются в приложении итогового отчета.

Размеры для выполнения задания по 3D моделированию получают различными способами, которые указываются в день С-2 в качестве изменений 30% КЗ:

- используется чертеж;
- собственные идеи;
- предоставленные организаторами 3D модели;
- путем точного повторения образца.

Специалист выполняет следующие виды работ по проектированию и моделированию:

- Деталей, узлов, элементов конструкции и крепления корпуса (уголок), резьбовые соединения (винт, шайба, гайка), их соответствие цветовой гамме образцов (рис.6).

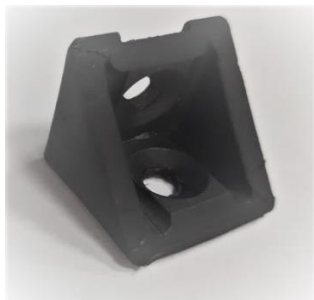


Рис. 6. Внешний вид уголка для крепления корпуса спутника

- Технологических отверстий, скруглений, фасок, прорезей в конструкции КА для крепления систем и датчиков, плат, аккумуляторных отсеков, солнечных панелей и т.д.
- Деталей подвеса, крепления КА на аэродинамический стенд (подшипник и посадочное место) (рис.7):



Рис. 7. Внешний вид посадочного места и подшипника для аэродинамического подвеса

- Системы крепления, раскрытия и поворота солнечных батарей и управления этими системами (рис. 8).

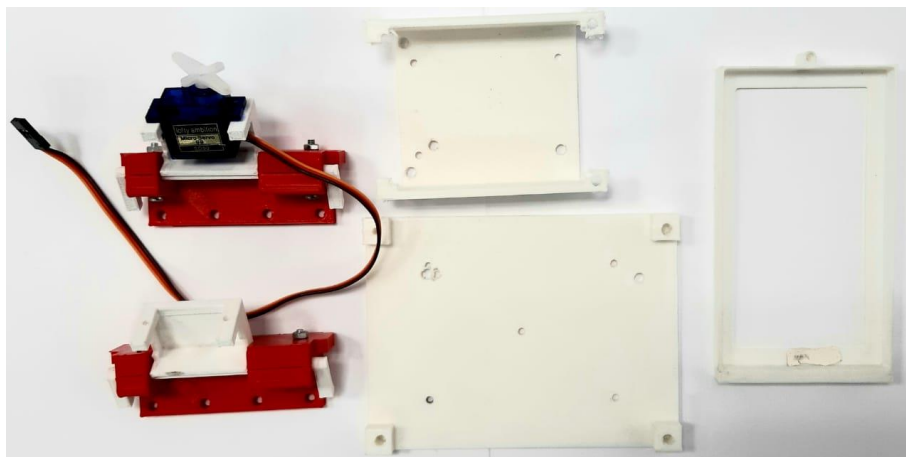


Рис.8. Образец системы раскрытия и управления солнечными панелями с помощью сервоприводов

- Общей конструкции модели аппарата (3D сборка) со всеми установленными элементами.
- Измерение программными средствами и расчет кабельной сети в соответствии с выполненной сборкой в 3D-модели с указанием привязки к датчику и размеру шлейфа.
- Выполнить расчеты. Заполнить все данные в таблице Приложения №1 итогового отчета

Выполнив этот модуль задания, согласовать с техническим экспертом изготовление деталей на станке лазерной резки и печать на 3D принтере.

Модуль 2. Имитационное моделирование КА. Расчет энергобаланса на борту.

Радиоэлектронщик - схемотехник рассчитывает количество сеансов съемки и количество сеансов связи с использованием открытого ПО численного моделирования (<https://sourceforge.net/projects/sputnixsatellit/files/?source=navbar>), оценивает циклограмму работы спутника на орбите с учетом полученных исходных данных.

Исходные данные в Приложение № 2 «Задание для ПО численного моделирования SX-Modeler» выдаются каждой команде на конкурсной площадке. На основании информации о полученной циклограмме работы бортовых систем рассчитывается циклограмма работы системы энергоснабжения (СЭП).

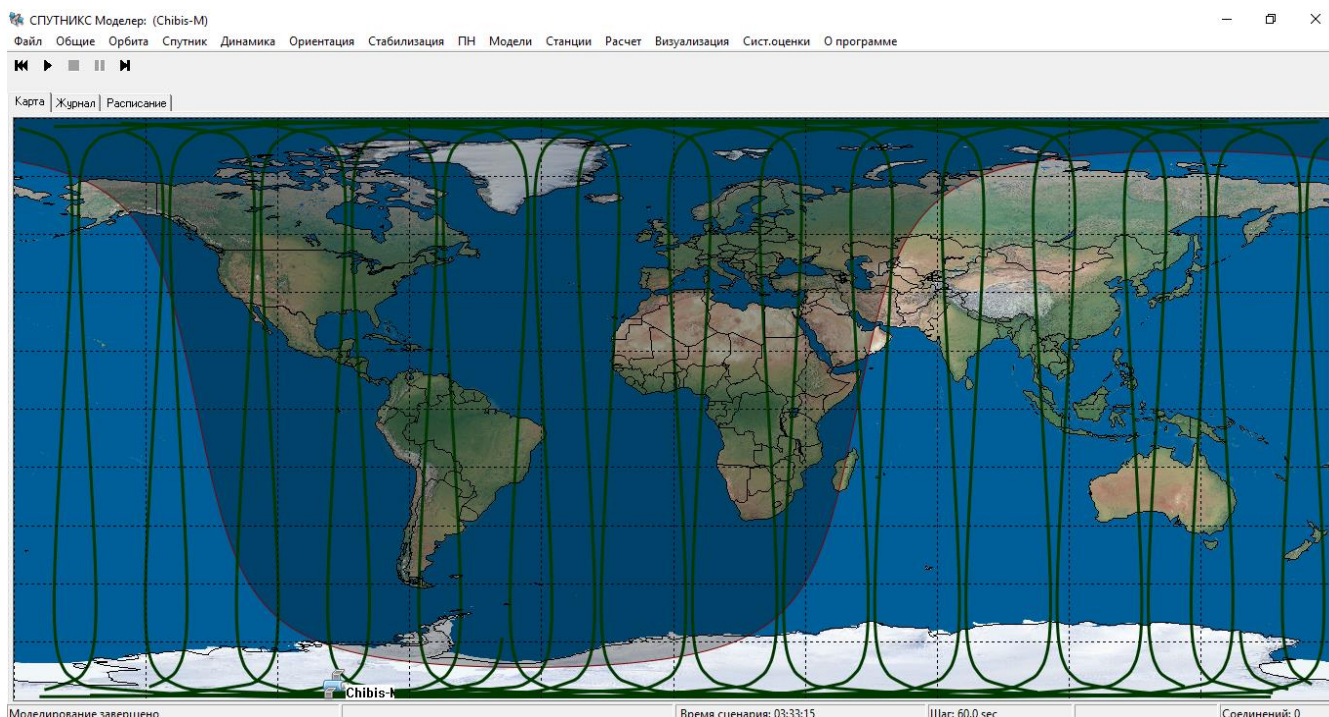


Рис. 9. Общий вид трассировки орбиты Chibis-M

При выполнении модуля **радиоэлектронщик - схемотехник** - специалист по системе ориентации и стабилизации работает над численным моделированием движения спутника по орбите, подбирая оптимальные по быстродействию коэффициенты управления PD-регулятора маховичной системы ориентации и стабилизации, использующей в качестве датчиков ориентации солнечные датчики и магнитометр. В последующем эти коэффициенты смогут быть прошиты в бортовое ПО управления функционального макета аппарата.

Кроме PD-регулятора, проводится численное моделирование работы магнитной системы стабилизации, использующей в качестве исполнительных элементов электромагнитные катушки, а в качестве датчика – магнитометр, с целью подбора коэффициентов управления электромагнитными катушками и соотношений длительностей между работой катушек и измерениями магнитометра.

Заполнить все данные, произведя расчет недостающих данных из уже известных величин из таблицы Приложения № 2 «Задание для ПО численного моделирования SX-Modeler». Требуется выполнить расчет энергобаланса на борту, учитывая разряд АКБ на витке не более 20% при работе спутника на орбите.

Необходимо включить запуск расчетов в программе, добиться 3D визуализации стабилизации спутника Chibis-M и, увидев табличку на экране «Расчет завершен», внести результаты в ОВС (OrbitControl). По результатам выполнения численного моделирования в программе команда оценивает следующие параметры:

1. Параметры 3D визуализации спутника:

- Совпадение опорных маркеров осей связанной системы координат и опорной системы координат.
- Система стабилизации работает согласно алгоритму в SX-Modeler

- Система ориентации работает согласно алгоритму в SX-Modeler
 - Полезная нагрузка работает согласно алгоритму в SX-Modeler
2. Параметры аккумуляторной батареи:
 - Емкость АКБ;
 - Разряд АКБ на витке;
 - Глубину разряда батарей;
 - Количество циклов заряда - разряда в процессе работы спутника.
 3. Параметры солнечных батарей:
 - размеры солнечных панелей.
 - расположение солнечных панелей.
 - количество солнечных панелей.
 4. Параметры ДЗЗ и связи:
 - Учитывая время суток пролета спутника, определить время включения и выключения камеры при прохождении зоны съемки, количество сеансов съемки и время включения и выключения передатчика при прохождении зоны передачи, количество сеансов связи;
 - Количество и качество снимков.
 - Прием телеметрии в ПО OrbitControl

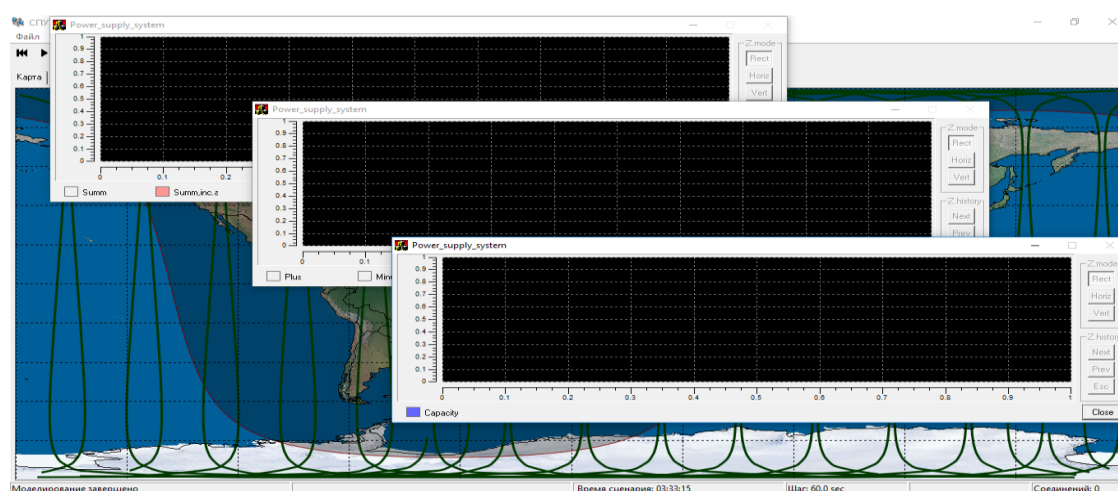


Рис. 10. Графики визуализации энергобаланса на борту

- Составить правильную блок-схему расположения всех устройств на корпусе спутника и их соответствие 3D-модели (рис.11).

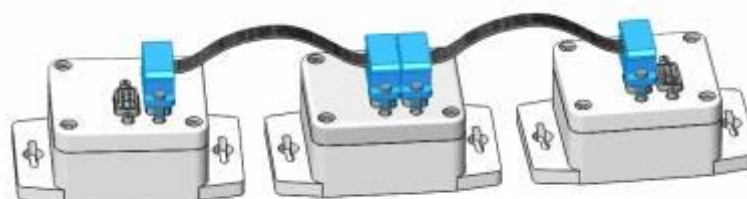


Рис. 11. Блок-схема соединений датчиков «Орбикрафт»

- Выполнение расчетов, заполнение соответствующих данных в Приложении №1 итогового отчета.

Выполнив эту часть задания, согласовать с техническим экспертом изготовление деталей на 3D принтере и на станке лазерной резки.

Модуль 3. Проверка и программирование датчиков, систем КА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.

Системный программист – это разработчик программных комплексов, обеспечивающих слаженную работу компонентов малого космического аппарата. Он разбирается с выбором языка программирования, архитектурой бортового программного обеспечения, средой разработки, способом сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения. Схемы алгоритмов должны состоять из имеющих заданное значение символов, краткого пояснительного текста и соединяющих линий и могут использоваться на различных уровнях детализации. Уровень детализации должен быть таким, чтобы различные части и взаимосвязь между ними были понятны в целом. Используя условные графические обозначения символов, обозначенные в стандартах ЕСПД (Единой системы Программной Документации), необходимо выполнить следующие виды работ:

- Составить общую схему работы всех систем и устройств, установленных на борту МКА;
- Составить подробную схему работы системы ориентации, установленной на МКА;
- Составить подробную схему работы системы стабилизации, установленной на МКА;
- Составить подробную схему работы полезной нагрузки (целевой аппаратуры), установленной на МКА;
- Составить подробную схему работы всех систем, установленной на МКА и схему взаимодействия ПО между собой в составе МКА;
- Установить программы и драйверы для работы с системами и датчиками конструктора спутника «ОрбиКрафт» из комплекта программ, рекомендуемых к использованию
- Написать, скомпилировать коды для проверки всех систем и датчиков из состава набора конструктора спутника конструктора «ОрбиКрафт» и Arduino Shield.

- Разработать коды калибровки датчика угловой скорости, магнитометра, солнечных датчиков, других систем и датчиков спутника, для которых это может быть необходимо.
- Провести автономные испытания всех систем, датчиков, устройств, устанавливаемых на спутник, включая автономные испытания устройств, подключаемых через Shield Arduino.

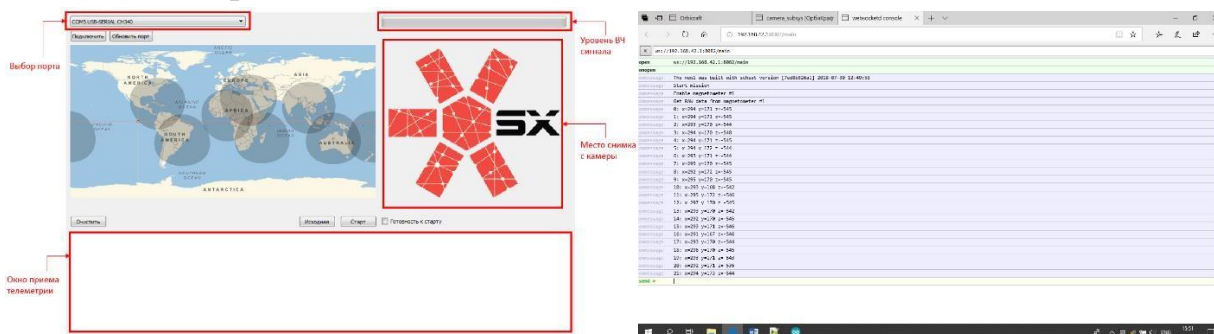


Рис. 9. Окно программы ЦУП (GroundControlX) и образец проверки магнитометра

- Произвести калибровку магнитометра, солнечных датчиков, других систем и датчиков спутника, для которых это может быть необходимо.
 - При проведении автономных испытаний камеры полезной нагрузки добиться наиболее четких показателей резкости и фокусировки при помощи микровидеокамеры.
- Выполнить PrintScreen экрана компьютера при выполнении работ и внести данные в Приложение итогового отчета.

Модуль 4. Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА.

Системный программист продолжает выполнение задания по обеспечению работоспособности систем и устройств собираемой модели спутника:

- Используя ранее разработанный общий алгоритм работы КА на орбите, разрабатывает программный код для совместной корректной и правильной работы датчиков, систем, устройств, устанавливаемых на КА.
- Разрабатывает программный код для проведения функциональных испытаний спутника, которые входят в соответствующий модуль конкурсного задания.
- Результаты выполнения задания заносятся в Приложения №1 итогового отчета в виде снимков экрана, фотографий, презентаций.

Конструктор-проектировщик проверяет и документирует проект бортовой кабельной сети, указывается длина кабелей, требуемая распиновка в соответствующем разделе Приложения №1 итогового отчета.

Затем необходимо изготовить кабельную сеть (рис. 13). При этом большинство разъемов обжимаются с помощью специального приспособления - кримпера (англ. crimp — обжим, опрессовка), а один шлейф изготавливается с помощью пайки.



Рис. 13. Образец шлейфов с разъемами DB-9F(M) под обжимку

Экспертами оценивается:

- Качество изготовления кабелей.
- Лужение.
- Отсутствие повреждений изоляции и разъемов, термоусадочной трубки
- Пайка.
- Наличие термоусадки на каждом отдельном проводе в жгуте проводов.
- Наличие маркировки кабельной сети.

Радиоэлектронщику – схемотехнику необходимо:

- выполнить сборку и адаптацию с собираемой моделью КА системы крепления солнечных батарей (рис. 14) и систему энергоснабжения для нее.



Рис. 14. Солнечная панель

- Составить электрическую схему подключения системы солнечных батарей.
- Подключить к солнечным панелям светодиод с резистором.
- Прикрепить радиатор охлаждения для СЭП.

- Изготовить жгуты и кабели для соединения
- Выполнить жгутовку проводов (жгут проводов должен содержать 2 отрезка по 25-30 мм термоусадочной трубки через равные промежутки между ними),
- Произвести маркировку каждого жгута проводов согласно составленной конкурсантами блок-схеме и данным из таблицы длин шлейфов. Маркировка производится нанесением ручкой черного или синего цвета на изоляционную ленту светлого оттенка, цифрами, где через дефис указывается номер жгута и длина его в мм (Пример: 1 – 195). Изоленту (белого или желтого цвета) необходимо обернуть вокруг шлейфа несколько раз посередине жгута.
- Произвести адаптацию всей системы с корпусом КА.
- Заполнить соответствующие пункты Приложения №1 итогового отчета

Модуль 5. Сборка спутника

Перед сборкой спутника необходимо закончить работы по изготовлению деталей, узлов, элементов на станке лазерной резки и печати на 3D принтерах. Кабели и жгуты сформированы, промаркированы, проверены тестером, входящим в комплект набора-конструктора «ОрбиКрафт». Собрана система крепления солнечных батарей.

После выполнения предыдущих модулей начинается сборка аппарата, для чего работа переносится в условно чистую комнату (комната с ограничением доступа и требованием соблюдать правила работ и нахождения в чистой комнате класса 100000). Все необходимые приборы, конструктив, крепеж, инструмент и вспомогательная оснастка заносятся в чистую комнату. Здесь спутник собирается на столе в соответствии с ранее разработанной моделью (*согласно технологической карты сборки**).

Экспертами оценивается:

- Правильность финальной сборки аппарата и соответствие с ранее разработанной 3D моделью.
- Соответствие последовательности сборки (*технологической карте (*)*).
- Соответствие кабельной сети документации.
- Хомутовка кабельной сети к корпусу КА
- Наличие контровочной проволоки на резьбовых соединениях крепления маховика к корпусу КА в нужном для этого направлении, отсутствие провисания контровочной проволоки и не затянутых резьбовых соединений (рис.15).

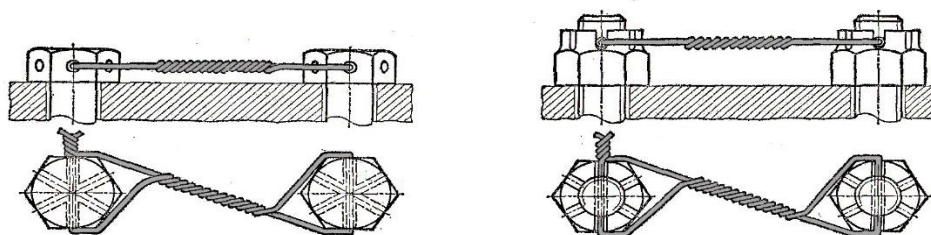


Рис. 15. Пример контровки резьбового соединения.

- Использование заземляющих браслетов, защитных очков, халатов, шапочек, бахил, перчаток (рис. 16).
- Контрольное взвешивание готового изделия
- Заполнение Приложения №1 итогового отчета (*программ и методик испытаний* *).
- *Снятие и установка предохранительных кожухов (*)*.



Рис. 16. Индивидуальные средства защиты.

Итог: Спутник собран, проверен, стоит в «чистой комнате» в ожидании этапа проведения комплексных испытаний на стенде полунатурного моделирования.

Модуль 6. Полунатурные испытания КА.

Спутник выносят из чистой комнаты и устанавливают на стенд полунатурных испытаний, пока неподвижно.

Группой экспертов визуально проводится первый осмотр собранного космического аппарата на предмет отсутствия механических повреждений и готовности к функциональным испытаниям. Первое включение собранного спутника конкурсантам проводить только в присутствии экспертов на аэродинамическом стенде. Для этого выдается конкурсантам предохранитель из системы энергопитания (СЭП), извлеченный перед сборкой в чистой комнате.

- проверяют балансировку макета на аэродинамическом подвесе: если положение центра масс выше центра вращения, дальше испытания на аэродинамическом подвесе можно не проводить. Спутник подлежит корректировке по центру масс и (или) сборке по новой модели;
- первое включение собранного аппарата – проверка подачи напряжения питания от СЭП в бортовую сеть спутника (напряжение на индикаторе более 7,5 Вольт);

После допуска группой экспертов к функциональным испытаниям выполняет пошаговое тестирование всех бортовых приборов в составе макета. Далее в аппарате тестируют следующие элементы по заложенной программистом циклограмме работы:

- маховики
- СЭП
- солнечные датчики
- датчик угловой скорости
- магнитометр
- дополнительные системы и устройства

Необходимым условием является демонстрация количества итераций, полученных данных, значений датчиков (например, для датчика угловой скорости - количество опросов и угловая скорость по осям OX, OY, OZ), во время исполнения кода программы на экране компьютера.

Модуль 7. Решение целевой задачи.

При выполнении модуля системный программист прошивает на борт программы, написанные им ранее на конкурсной площадке и предоставляет экспертам к оценке испытания космического аппарата на подвижном стенде:

- Раскручивание корпуса аппарата из неподвижного положения влево (по ходу часовой стрелки) и вращение с постоянной угловой скоростью
- Раскручивание корпуса аппарата из неподвижного положения вправо (против хода часовой стрелки) и вращение с постоянной угловой скоростью.
- Поворот спутника из неподвижного состояния на заданный угол
- Стабилизация спутника и заданные значения времени и точности удержания корпуса аппарата (10 секунд). Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 1 шт)
- Включают имитатор магнитного поля Земли, проверяют точность определения угла по магнитометру;
- Выполняют ориентацию спутника по магнитометру на подвесе с помощью имитатора магнитного поля Земли по нескольким углам. Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 3 шт).
- Включают прожектор и контролируют правильность реакции системы управления на источник света. Необходимо выполнить ориентацию МКА с использованием солнечных датчиков по нескольким углам. Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 3 шт).

- Работу системы раскрытия, поворота и управления ориентацией солнечных панелей на источник освещения.
- Работу системы механического раскрытия дополнительных устройств (антенн, рефлектора и др.)
- Работу системы управления поворотом солнечных панелей
- Качество изображения, полученного с камеры: ориентация, четкость (исследуется при помощи микроскопа)
- Число изображений, полученных с борта в заданной системной ориентации
- Работу бортовой системы управления по циклограмме (циклограмма задается во время внесения изменений в конкурсное задание экспертами, в день с -2)

Эксперты контролируют балансировку макета на аэродинамическом подвесе; точность измеряемых величин путем сравнения с эталонами; параметры работы системы управления (быстродействие, точность), качество и объем полученных с «борта» данных камеры.

Модуль 8. Оценка стоимости проекта. Бережливое производство

Параллельно с работой по сборке, испытаниям аппарата выполняется оценка стоимости создания настоящего микроспутника с функциональными характеристиками, аналогичными требуемым в проекте. Методика расчета основана на модели стоимости SmallSatelliteCostModel (<http://www.aerospace.org/research/space-systems-infrastructure/small-satellite-cost-model/>). Оценивается стоимость разработки, изготовления, наземных испытаний, запуска и эксплуатации первого опытного образца малого спутника, а также стоимость его отдельных подсистем. Также данные по расчету стоимости можно получить в программе Sx-Modeler. Результаты расчета должны быть добавлены в Приложение отчета.

Документация оформляется участниками в процессе выполнения работы, от ее качества зависит, поймет ли сторонний наблюдатель, зачем создан тот или иной документ и пригоден ли для дальнейшей работы. Любой документ должен иметь название, авторов, дату создания, версию, оглавление, нумерацию страниц. По сути, он должен включать введение, постановку задачи, ход эксперимента, иллюстрации, выводы, заключение и список литературы, хотя в каждом конкретном случае состав оглавления может различаться.

Немаловажную роль играет внедрение в процесс выполнения работы принципов бережливого производства, т.е. вовлечение участников в процесс оптимизации рабочего пространства с целью минимизации затрат и максимальной ориентации на результат. Экспертами оценивается также планировка рабочего места, то есть рациональное пространственное размещение всех элементов оборудования, технологической и организационной оснастки, инвентаря, которые обеспечивают экономное использование материала, ресурсов, безопасности труда.

Модуль 9. Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места

Культура производства подразумевает пунктуальность, правильное использование инструмента, экономное расходование ресурсов и материала, работу в индивидуальных средствах защиты (халатах, в перчатках, с респираторами, в бахилах) и с заземлением (когда это необходимо), чистоту и порядок на рабочем месте.

Под организацией рабочего места понимается комплекс мероприятий, направленных на создание на рабочем месте необходимых условий для высокопроизводительного труда, на повышение его содержательности и охрану здоровья участников.

Каждому члену команды необходимо так организовать рабочее пространство, чтобы комфортно было каждому. Эти условия труда должны иметь рациональную планировку и бесперебойное выполнение функций инженера-конструктора, программиста и специалиста по 3D.

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

В данном разделе определены критерии оценки и количество начисляемых баллов (судейские и объективные) таблица 2. Общее количество баллов задания/модуля по всем критериям оценки составляет 100.

Таблица 2.

Раздел	Критерий	Оценки		
		Судейская	Объективная	Общая
1	3D-проектирование компоновки КА	0	15	15
2	Имитационное моделирование КА. Расчет энергобаланса на борту.	0	8	8
3	Проверка и программирование датчиков, систем, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.	0	15	15

4	Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА	0	10	10
5	Сборка спутника	0	7	7
6	Полунатурные испытания КА.	0	20	20
7	Решение целевой задачи.	0	20	20
8	Оценка стоимости проекта. Бережливое производство.	0	3	3
9	Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места	0	2	2
Итого =		0	100	100

5. ПРИЛОЖЕНИЯ К КОНКУРСНОМУ ЗАДАНИЮ

Приложение №1

Схема взаимного расположения искусственного спутника Земли (ИСЗ), места съёмки и углов выставления имитатора солнца

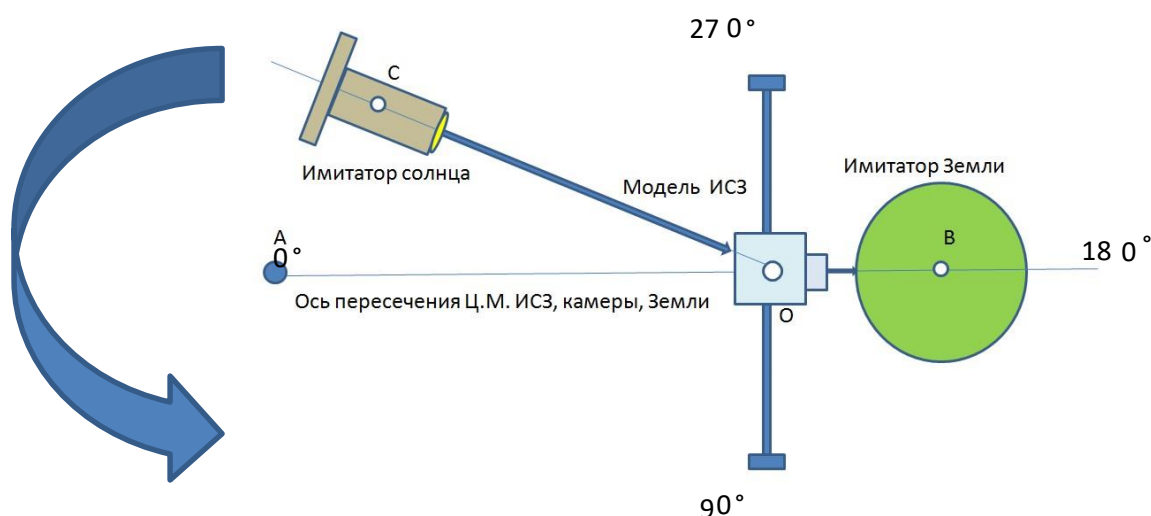


Рис.1.1. Применение имитатора Солнца и магнитного поля Земли при проведении испытаний модели МКА

Пример задания (камера направлена на имитатор Земли) :

1. Угол АОС равен $0^\circ (+10^\circ \dots -10^\circ)$
2. Угол АОС равен $102^\circ (+10^\circ \dots -10^\circ)$
3. Угол АОС равен $279^\circ (+10^\circ \dots -10^\circ)$

Система резервного питания:

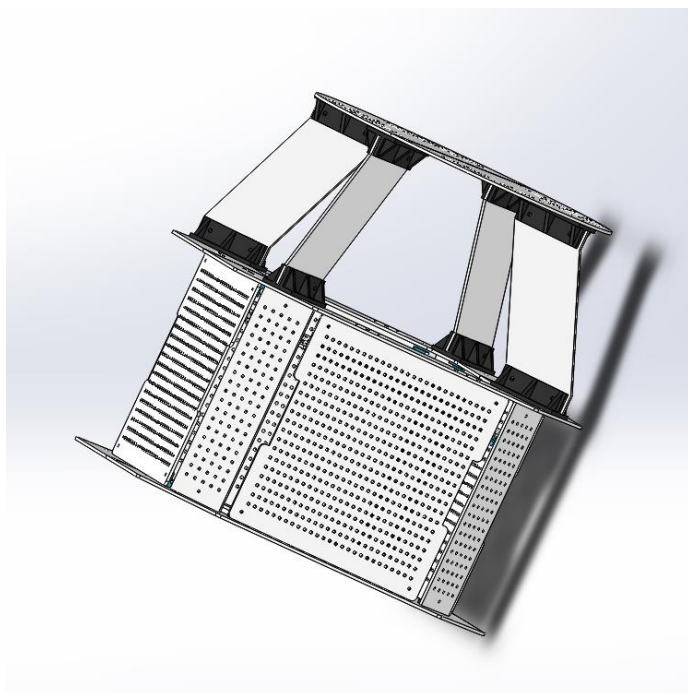
- Входное напряжение $U_{вх} = 14.8$ Вольт
- Выходное напряжение стабилизатора напряжения $U_{вых} = 8,2$ Вольт; ($\pm 0,5$ Вольт)
- Рассчитать площадь радиатора для охлаждения силового узла стабилизатора напряжения;
- Рассчитать длину нихромовой проволоки для пережигания нити системы раскрытия СБ

Материал для изготовления:

- Материал «Акриловое оргстекло» – для работы в SolidWorks
- Материал «ABS, PLA» – для 3D печати
- Материал «Акрил» - станок для лазерной резки
- Материал «Полированная фанера» - станок для лазерной резки
- Рабочее поле 3D принтеров – 180×180 мм
- Рабочее поле станка для лазерной резки – 600×400 мм

Разработка конструкции МКА.

Моделирование сложного корпуса 8-угольного МКА



1. Боковые стойки для крепления верхней надстройки – 4 шт.
2. Верхняя надстройка – 1 шт
3. Верхнее основание -1 шт
4. Средняя полка – 1 шт
5. Нижнее основание – 1 шт
6. Боковая стенка узкая – 4 шт
1. Боковая стенка широкая – 4 шт
2. Уголки для соединения деталей каркаса между собой
3. Подшипник для аэродинамического подвеса.
4. Посадочная панель подшипника для аэродинамического подвеса.

Приложение № 3.

Разработка радиоэлектронных компонентов и модулей.

- Выходное напряжение стабилизатора напряжения $U_{\text{вых}} = 8,6$ Вольта;
- Рассчитать площадь радиатора для охлаждения микросхемы стабилизатора напряжения;
- Рассчитать длину проволоки из нихрома для системы раскрытия БС

Приложение № 4.

Разработка привода системы раскрытия и поворота солнечных батарей.

Моделирование элементов системы раскрытия, поворота солнечных панелей, крепления систем и датчиков спутника с последующим изготовлением на 3D принтерах:

1. Система раскрытия, крепления, управления поворотом солнечных батарей.
2. Система крепления резервной СЭП, Arduino Shield, реле для подключения устройства для пережигания нити системы раскрытия солнечных батарей.

Приложение № 5.

Материалы, используемые в работе.

- Материал «ABS, PLA» – для 3D печати
- Материал «Акриловое оргстекло»- для станка лазерной резки
- Рабочее поле 3D принтеров – 180X180 мм
- Рабочее поле станка для лазерной резки – 600X400 мм

Приложение №6.

Итоговый отчет о проведении соревнований

Название чемпионата:	
Дата проведения:	
Место проведения:	
Рабочее место № :	

Распределение ролей участников в команде:

	Фамилия Имя Отчество	Роль на чемпионате
Участник 1		
Участник 2		
Участник 3		

I. Отчет о проведении 3D-проектирования спутника

Цель: выполнить компоновку спутника, оценить его массово-инерционные характеристики

1. Картинка: общий вид спутника, картинка в изометрии, положение камеры
2. Картинка: общий вид спутника с указанием приборов стрелками
3. Картинка: указание связанных осей систем координат с центром в центре масс
4. Картинка: Print Screen с программы моделирования с табличкой массовые характеристики.
5. Картинка: Print Screen с программы моделирования со значениями центра масс и тензором инерции.
6. Картинка: Print Screen с программы моделирования с результатом проверки модели МКА на интерференцию.
7. Картинка: Print Screen с программы моделирования со значениями центра масс и тензором инерции.
8. Картинка: Print Screen с программы моделирования со значениями центра масс и тензором инерции.

II. Расчет массы аппарата.

Цель: определить массу модели МКА по 3D модели и сравнить ее с реальной массой собранного космического аппарата.

1. Масса аппарата по 3D модели, _____г.
2. Реальная масса аппарата (с учетом массы шлейфов), _____г.
3. Общая площадь внешней поверхности конструкции _____мм²
4. Таблица взвешивания деталей конструкции, датчиков, узлов, систем МКА, подвеса и транспортировки.

№	Наименование детали или устройства	Вес, грамм	Print Screen с программы моделирования с табличкой массовые характеристики для конкретной детали или устройства

Вывод:

III. Отчет о разработке технологической карты сборки

Цель: разработка технологической карты сборки МКА

1. Наименование МКА:
2. Сборочный чертеж
3. Технологическая карта последовательности сборки функциональной модели МКА:

IV. Отчет о разработке бортовой кабельной сети

Цель: разработка бортовой кабельной сети модели МКА

4. Картинка: **Print Screen, способ межблочного соединения**
5. Чертеж: **распайка кабеля (распиновка)**
6. Чертеж: **Принципиальная схема соединений блоков, с обозначением номерами кабельных переходов, а также номеров блоков.**
7. Таблица длин кабельных переходов и соединений

№ шлейфа	Наименование соединяемых блоков (датчиков)	Длина в мм	Длина с допуском, мм

V. Изготовление кабелей и шлейфов.

Цель: разработка и изготовление бортовой кабельной сети космического аппарата.

1. Фото: пайка кабеля, результат
 2. Фото: обжимка шлейфов, результат (все обжатые кабели)
 3. Общая масса всех шлейфов и проводов, грамм
-

VI. Отчет о разработке алгоритма стабилизации

Цель: разработка алгоритма стабилизации спутника

1. Зачем нужен алгоритм: описание
2. Картинка: общий алгоритм работы МКА на орбите
3. Картинка: алгоритм работы системы стабилизации МКА
4. Картинка: алгоритм работы системы ориентации МКА
5. Картинка: алгоритм работы раскрытия солнечных панелей МКА
6. Картинка: алгоритм работы полезной нагрузки МКА
7. Картинка: системы координат, установка датчиков ориентации
8. Таблица: расположение датчиков Солнца

Номер датчика	Ось спутника	Ориентация	Примечания

9. Таблица: расположение измерительных осей магнитометра

Ось датчика	Ось спутника	Примечания
X		
Y		
Z		

10. Таблица: расположение измерительных осей датчика угловых скоростей

Ось датчика	Ось спутника	Примечания
X		
Y		
Z		

VII. Отчет о разработке программного кода.

1. Картинка: **Print Screen: Программный код**

VIII. Отчет о сборке спутника

Цель: сборка и тестирование бортовых систем

1. Картинка: **Print Screen: собранный спутник**
2. Таблица соответствия установки приборов 3D-модели

Номер	Название	Соответствие (Да, нет)	Примечания

--	--	--	--

Таблица проверки работоспособности систем

Номер	Название	Результат (Да, нет)	Примечания (показания датчиков)

IX. Проведение функциональных испытаний.

Цель: провести функциональные испытания модели МКА и внести результаты в таблицу.

Таблица проведения функциональных испытаний:

Наименование вида испытаний	Результат проведения испытания (положительный или отрицательный)	Примечания

1. Верхнее основание -1 шт
2. Нижнее основание – 1 шт
3. Боковая стенка – 4 шт
4. Резьбовое соединение – винт + шайба + гайка
5. Подшипник аэродинамического подвеса.
6. Посадочная панель для подшипника

30

Список рекомендуемых программ и сайтов

Ниже перечислены ссылки на интернет ресурсы для поиска информации, скачивания программ, необходимых для обучения, подготовки, проведения чемпионатов:

1. Сайт описания работы конструктора:
 - <http://www.orbcraft.sputnix.ru/doku.php>
2. Необходимое ПО для работы с конструктором «Орбикрафт»:
 - <http://www.orbcraft.sputnix.ru/doku.php?id=software>
3. ПО открытого численного моделирования SX_Modeler, Orbit Control (OBC):
 - <https://sourceforge.net/projects/sputnixsatellit/files/?source=navbar>
4. Сайт для работы с Arduino_IDE:
 - <https://www.arduino.cc/>
5. ПО твердотельного моделирования SolidWorks:
 - <http://www.solidworks.ru/>
6. ПО 3D моделирования 3D-Max:
 - <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview>
7. ПО для тепловых расчетов:
 - <https://sourceforge.net/p/thorium/wiki/Home/>
 - <https://www.laduga.ru/salome/index.shtml>
8. ПО для трассировки плат:
 - <http://www.zenitpcb.com>
 - <http://www.PiCad.com>
 - <http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>
9. ПО для предварительной оценки стоимости Small Satellite Cost Model:
 - <http://www.aerospace.org/research/space-systems-infrastructure/small-satellite-cost-model/>
10. Сайт Earth Observation Portal о составе и конструкции спутников:
 - <https://eoportal.org/web/eoportal/home>
11. Сайт о наблюдении за Землей: <https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps>
12. Сайт о проведении калибровки магнетометра:
 - <http://robotclass.ru/articles/magnetometer-and-compass/>
 - <https://sites.google.com/site/diyheadtracking/home/kalibrovka-sensorov/magnetometr-calibration>
13. ПО для моделирования профилей Slicer 360:
 - <https://apps.autodesk.com/FUSION/en/Detail/Index?id=8699194120463301363&os=Win64&appLang=en>

****Пункты Конкурсного задания, отмеченные (*) и выделенные курсивом в этом чемпионатном цикле не обязательны к выполнению.***