

Конкурсное задание

М.К. А.А. Макаров



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: 22ч.

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, *расчеты на прочность, тепловые расчеты (*)*.

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». Описание стандартного набора компонент «ОрбиКрафт», из которых собирается спутник, представлено здесь: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>

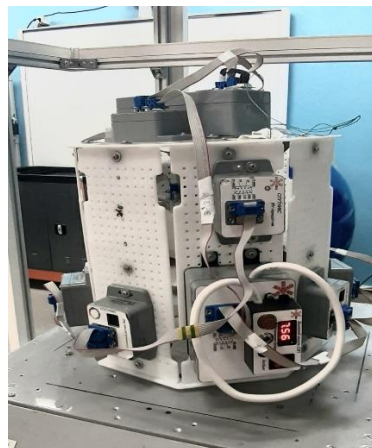
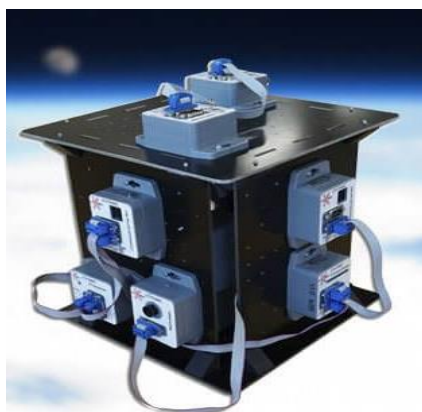


Рис. 1. Общий вид собранного конструктора «Орбикрафт»



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 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 конкурсанта, 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.	С1 9.00-13.00 С1 14.00-18.00	4 часа 4 часа

2	Модуль 4. Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА. Модуль 5. Сборка спутника	C2 9.00-13.00 C2 14.00-18.00	4 часа 4 часа
3	Модуль 6. Полунатурные испытания КА. Модуль 7. Решение целевой задачи.	C3 9.00-13.00 C3 14.00-15.00	4 часа 1 часа
4	Модуль 8. Оценка стоимости проекта. Бережливое производство. Модуль 9. Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места	 C3 15.00-16.00	 1 час

Перед выполнением конкурсного задания необходимо 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 №1 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 КА (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_2018** (см. Рис. 5). Образец и полный перечень содержимого этой папки предоставляется в день С-2.

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**

Вторая папка создается только участником, выполняющего роль системного программиста на его рабочем компьютере, в корне жесткого диска С(С:) с названием на английском языке: «**Project_С_номер рабочего места**». В эту папку сохраняются все проекты кода программиста.

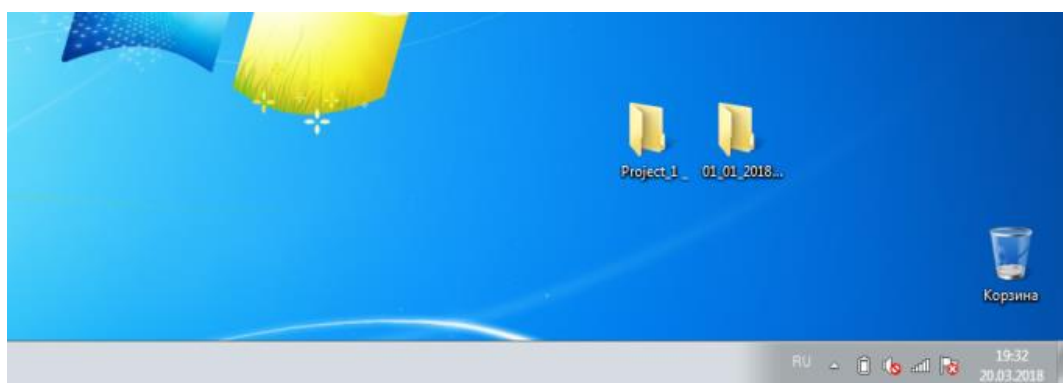


Рис. 5. Образец созданных папок на рабочем столе компьютера участника

Важно: файл Приложения №1 итогового отчета заполняется на одном из компьютеров команды и предоставляется к проверке экспертам на площадке (папка **Project_номер рабочего места** (см. Рис. 5)).

После этого конкурсантам на каждый компьютер участника требуется установить все программы, необходимые для выполнения конкурсного задания каждому участнику, ответственному за выполнение модуля.

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.

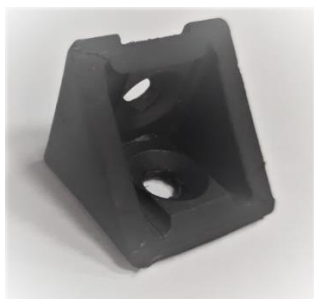


Рис. 6. Внешний вид уголка для крепления корпуса спутника

- 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. Внешний вид посадочного места и подшипника для аэродинамического подвеса

- Системы крепления, раскрытия и поворота солнечных батарей и управления этими системами.

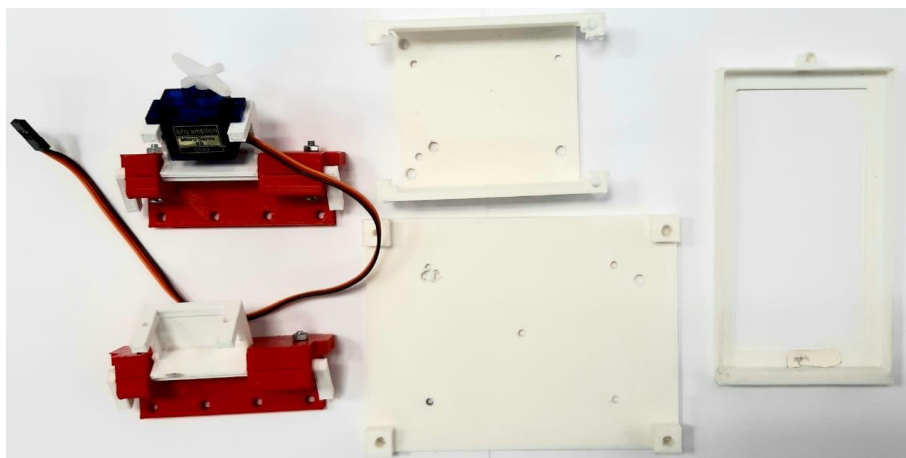


Рис.8. Образец системы раскрытия и управления солнечными панелями с помощью сервоприводов

- 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 энергопитания (СЭП).

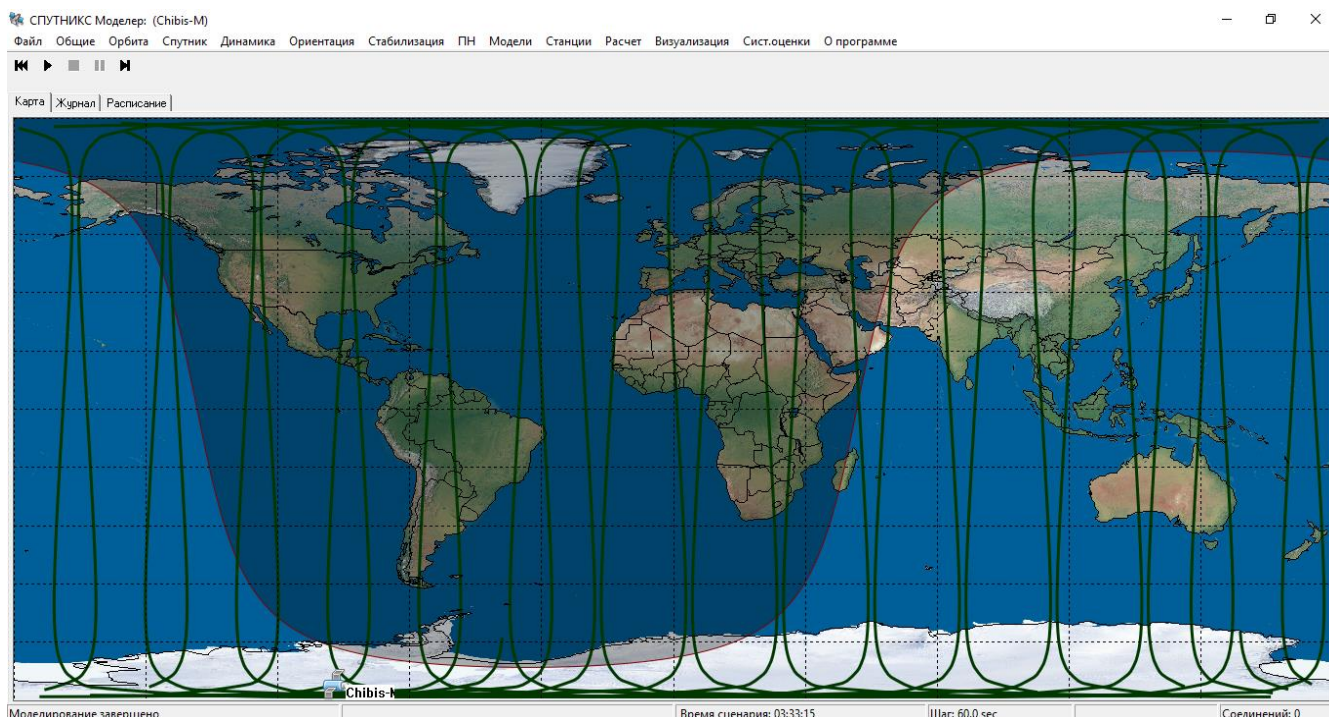


Рис. 9. Общий вид трассировки орбиты Chibis-M

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

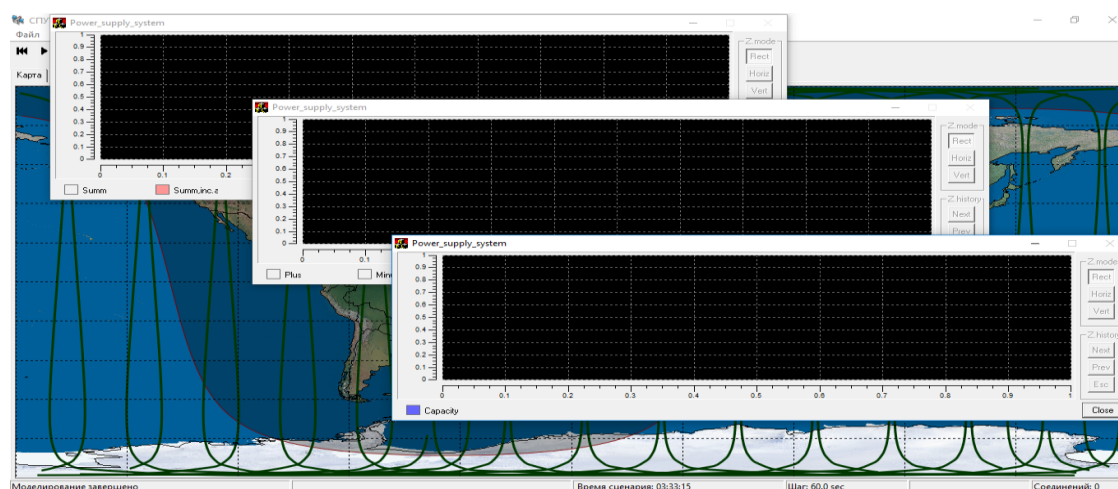


Рис. 10. Графики визуализации энергобаланса на борту

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

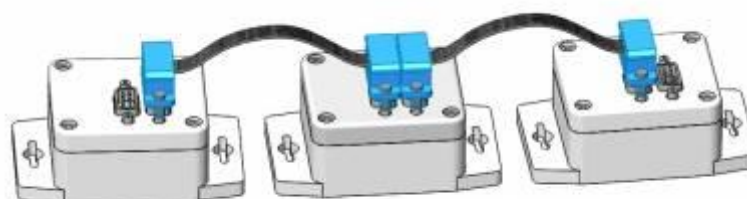


Рис. 11. Блок-схема соединений датчиков «Орбикрафт»

- 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 операционной системы, программных комплексов, обеспечивающих слаженную работу компонентов микроспутника. **Системный программист** разбирается с выбором языка программирования (С для этой возрастной группы), архитектурой бортового программного обеспечения, средой разработки, способом сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения. Необходимо выполнить следующие виды работ:

- Составить общий алгоритм работы всех систем, установленных на борту КА;
- Составить подробный алгоритм работы системы ориентации, установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы системы стабилизации, установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы полезной нагрузки (целевой аппаратуры), установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы систем, установленной на КА;
- Установить программы и драйвера для работы с системами и датчиками конструктора «ОрбиКрафт» из комплекта программ, рекомендуемых к использованию
- написать и скомпилировать коды для проверки всех систем и датчиков из состава набора конструктора спутника «ОрбиКрафт».
- Разработать коды калибровки, тарировки систем и датчиков спутника, для которых это предусмотрено.
- Провести автономные испытания всех систем, датчиков, устройств, устанавливаемых на спутник.

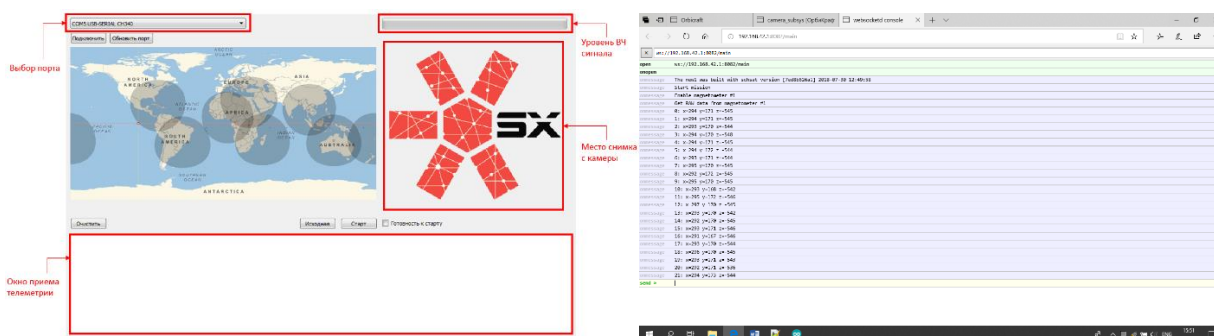


Рис. 12. Окно программы ЦУП (GroundControlX) и образец проверки магнетометра

- При проведении автономных испытаний камеры полезной нагрузки добиться наиболее четких показателей резкости и фокусировки (исследуется с помощью миры)
- Выполнить PrintScreen экрана компьютера и внести данные в Приложение №1 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. 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.

Радиоэлектронщик – схемотехник выполняет расчет, проектирование и адаптацию с собираемой моделью КА системы раскрытия и поворота солнечных батарей и систему энергоснабжения для нее. Параметры СЭП, тип, наименование, состав радиоэлементной базы заполняется экспертами в день 30% изменения конкурсного задания.

Перечень работ:

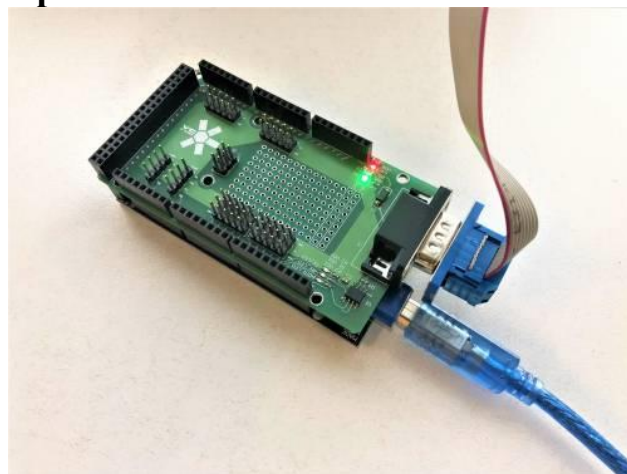
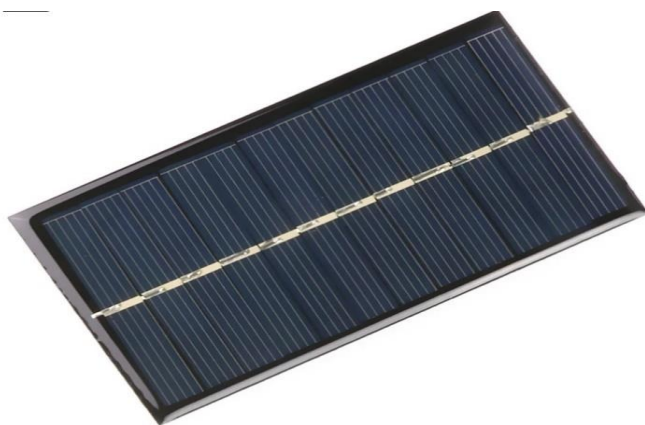


Рис. 14. Солнечная панель и плата расширения Arduino

- Составить электрическую схему подключения к Arduino системы раскрытия и поворота солнечных батарей.
- Составить электрическую схему подключения потребителей энергии солнечных батарей.
- Составить кинематическую схему системы раскрытия и поворота солнечных батарей.
- Разработка печатной платы резервного СЭП и потребителей солнечных батарей (**используется одна из программ, указанных в приложении, например: Sprint-Layout 5.0 Rus, P-Cad, Zenit*)

- Расчет и разработка стабилизированного источника питания системы энергопитания (СЭП). Входное напряжение $U_{вх} = 14...15$ вольт (используется два СЭП из набора Орбикрафт, соединенных последовательно)

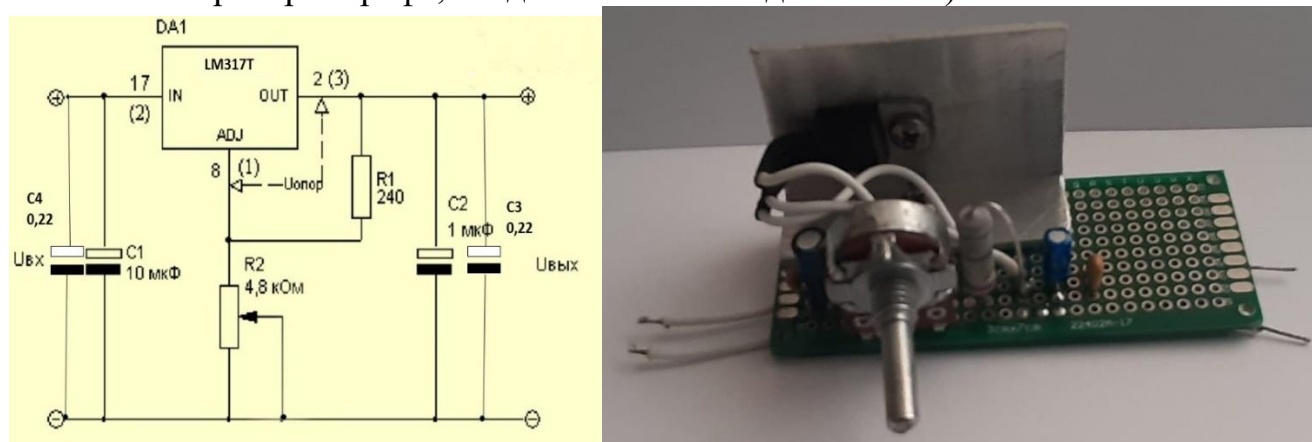


Рис. 15. Стабилизатор напряжения

- Расчет и изготовление радиатора охлаждения для СЭП.
- Расчет сопротивления для подключения светодиода
- Изготовление жгутов и кабелей 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.
- Сборка и пайка печатной или макетной платы с микроконтроллером, датчиками, сервоприводами, полный перечень которых указывается в день С-2

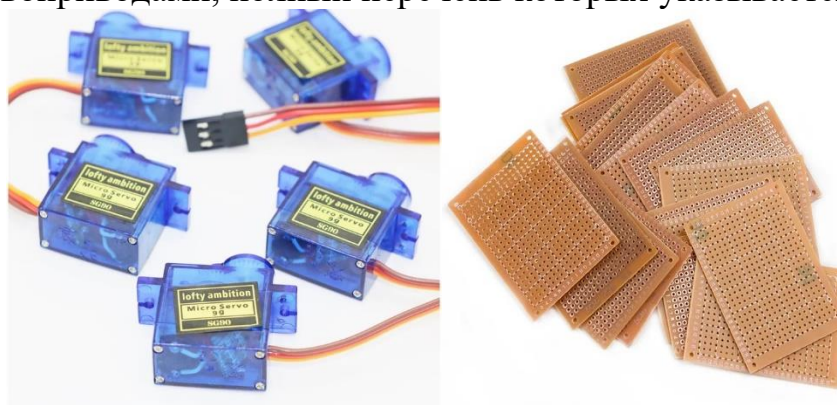


Рис. 16. Сервоприводы и монтажные платы

- Сборка устройства системы раскрытия СБ

- Автономные испытания системы раскрытия солнечных панелей с фиксацией экспертами
- Адаптация всей систем с корпусом КА

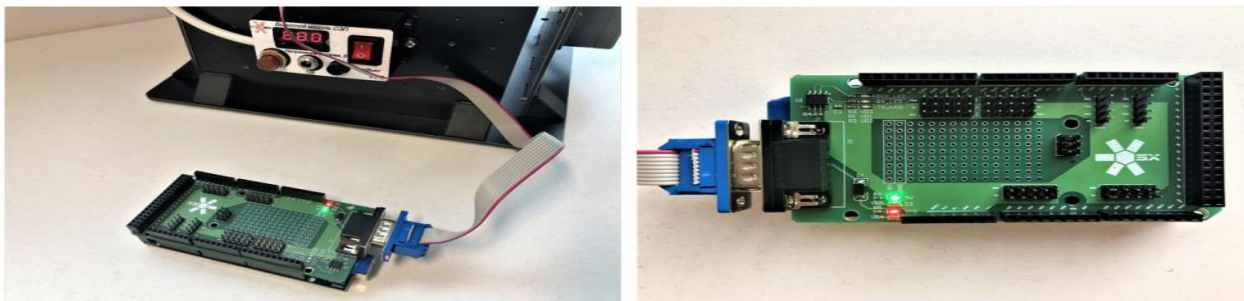


Рис.17. Подключение платы расширения Arduino в бортовую сеть спутника

- Заполнение соответствующих пунктов 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.

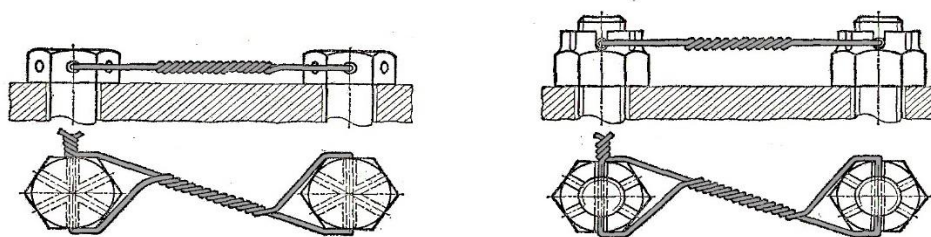


Рис. 18. Пример контролки резьбового соединения.

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



Рис. 19. 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:

- 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, используя разработанное им «стендовое» ПО. Далее в аппарате тестируют следующие элементы по заложенной программистом циклограмме работы:

- маховики
- передатчики ВЧ и УКВ
- приемники ВЧ и УКВ
- камеру
- СЭП
- солнечные батареи
- солнечные датчики
- датчик угловой скорости
- магнитометр
- дополнительные системы и устройства
- заполнение соответствующих пунктов Приложения №1 итогового отчета

Необходимым условием тестирования является демонстрация полученных данных, значений во время выполнения кода программы на экране компьютера, центральном мониторе в зоне испытаний.

Модуль 6. 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 в день С-2 значения времени и точности удержания корпуса аппарата.
- 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. Количество углов и их значения определяются в день С-2
- Включают прожектор и контролируют правильность реакции системы управления на источник света (должен начать разворачиваться на

аэродинамическом подвесе в нужную сторону с использованием маховика или маховиков) по нескольким углам. Количество углов и их значения определяются в день С-2

- Работу бортовой системы управления по циклограмме: стабилизация, ориентация, фотографирование, передачу фотографии на Землю в Центр управления полетом
- Работу дополнительных устройств, подключенных к спутнику
- Работу системы раскрытия и поворота солнечных панелей
- Работу системы управления поворотом солнечных панелей
- Качество изображения, полученного с камеры: ориентация, четкость (исследуется при помощи миры)
- Число изображений, полученных за заданный интервал времени
- Заполнение соответствующих пунктов Приложения №1 итогового отчета

Эксперты контролируют качество балансировки макета на аэродинамическом подвесе; точность измеряемых величин путем сравнения с эталонами; количественные и качественные 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
А	3D-проектирование компоновки КА	0	15	15
В	Имитационное моделирование КА. Расчет энергобаланса на борту.	0	8	8
С	Проверка и программирование датчиков, систем, целевой аппаратуры. Автономные испытания спутника.	0	15	15

Приложение №1.

Название чемпионата:

Рабочее место №

Распределение ролей участников в команде:

Дата _____ Место проведения _____

I. Отчет о проведении численного моделирования

Цель: оценка возможности выполнения спутником задачи по съемке заданного района Земли и передаче данных на землю.

1. Картинка: **Print Screen: Общий вид системы моделирования; карта с трассой спутника, координатами съемки и передачи.**
2. Картинка: **Print Screen: Общий вид системы моделирования: 3D-вид спутника с опорной и связанной системами координат.**
3. На околоземную орбиту запущен спутник со следующими характеристиками:

-
-
4. Характеристики орбиты:

-
-
5. Название и координаты зоны съемки:

-
-
6. Название и координаты приемной станции:
-
-

7. Время начала моделирования:

8. Время конца моделирования:

9. Приложение **Sputnix Modeler (SX-Modeler)** показало, что требуемые моменты включения камеры и передатчика следующие:

	Время включения ГГГГ.ММ.ДД, ЧЧ:ММ:СС	Время выключения ГГГГ.ММ.ДД, ЧЧ:ММ:СС
Съемка		
Передача данных		
Количество сеансов:	Съёмки, шт	Связи, шт

10.Картинка: **Print Screen: Результат численного моделирования циклограммы работы системы энергопитания (графики – 3 шт.)**

11.Максимальный уровень разряда аккумулятора на витке: _____

Выводы: Система энергопитания обеспечивает работу спутника по циклограмме, при этом уровень разряда аккумулятора не превышает _____%

II. Отчет о разработке бортовой кабельной сети

Цель: разработка бортовой кабельной сети спутника

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

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

III. Изготовление кабелей и шлейфов.

1. Фото: пайка кабеля, результат
2. Фото: обжимка шлейфов, результат
3. Общая масса всех шлейфов и проводов, грамм

IV. Отчет о проведении 3D-проектирования спутника

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

1. Картинка: общий вид путника, картинка в изометрии, положение камеры
2. Картинка: общий вид спутника с указанием приборов стрелками,
3. Картинка: указание связанных осей систем координат с центом в центре масс
4. Картинка: Print Screen с программы моделирования с табличкой массовые характеристики.
5. Таблица центра координат центра масс спутника

	Координаты центра масс, мм	Допуск, не более \pm , мм
X		-10..+10
Y		-10..+10
Z		-100..-200

6. Тензор инерции, кг*м²

	X	Y	Z
X			
Y			
Z			

V. Расчет массы аппарата

1. Масса аппарата по 3D модели, г
2. Реальная масса аппарата (с учетом массы шлейфов), г

Цель: разработка алгоритма стабилизации спутника

1. Зачем нужен алгоритм: **описание**
2. Картинка: **общий алгоритм работы КА на орбите**
3. Картинка: **алгоритм работы системы стабилизации КА**
4. Картинка: **алгоритм работы системы ориентации КА**
5. Картинка: **алгоритм работы раскрытия солнечных панелей КА**
6. Картинка: **алгоритм работы полезной нагрузки КА**
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. Отчет о стоимости спутника

Цель: рассчитать стоимость бортовых систем, а также стоимости сборки, испытаний, запуска и эксплуатации разрабатываемого спутника. Расчетная модель: SSCM. Средство расчета: SputnikSatellite Modeler

1. Результаты:

Поз	Название	Оценка стоимости, \$	Примечание
Подсистемы			
1	Система ориентации стабилизации		
2	Система энергопитания		
3	Система телеметрии и телекоманд		
4	Система терморегулирования		
5	Система навигации		
6	Конструкция		
7	Полезная нагрузка		
Сборка, испытания			
8			
Запуск			
9	Транспортировка		
10	Работа на космодроме		
11	Услуга по запуску		
Эксплуатация			
12	Наземная станция приема		
13	Сопровождение		

2. Общая стоимость проекта

Приложение №2.

Пример задания для программы SX-Modeler.

1. Имя сценария.

Имя сценария	Chibis-M
--------------	----------

2. Имя спутника.

Имя спутника	Chibis-M
--------------	----------

3. Время начала моделирования.

Время начала моделирования, ДД /ММ / ГГГГ ЧЧ : ММ : СС (UTC)	1 22:54:55 1 0 /
-----------------------------------------------------------------------	------------------------------

4. Время завершения моделирования.

Время завершения моделирования, ДД /ММ / ГГГГ ЧЧ : ММ : СС (UTC)	1 22:54:55 0 /
---------------------------------------------------------------------------	-------------------------

5. Параметры орбиты.

Тип модели	Кеплерова
Наклонение, градусы	
Эксцентриситет	
Аргумент перицентра, градусы	
Параметр орбиты, м	
Долгота восходящего узла, градусов	
Время с момента последнего прохождения перицентра, сек	

6. Координаты зоны съемки.

Название	Париж
Широта, град	48.8 с.ш.

Долгота, град	2.2 в.д.
---------------	----------

7. Координаты приемной станции.

Название	Мумбай
Широта	19 с.ш.
Долгота	72.8 в.д.

8. Характеристики спутника.

Масса, кг	
Момент инерции J_{xx} , кг*м ²	
Момент инерции J_{yy} , кг*м ²	
Момент инерции J_{zz} , кг*м ²	
Максимальный недиагональный элемент, кг*м ²	
Макс. погрешность опред. J_{ij} , %	
Габарит по оси X, м	
Габарит по оси Y, м	
Габарит по оси Z, м	
Положение центра масс X, м	
Положение центра масс Y, м	
Положение центра масс Z, м	

9. Энергопотребление систем спутника сила тока (А), мощность (Вт), масса приборов (г).

	Р, Вт	I, А	Масса, кг
БВМ			
Блок управления полезной нагрузкой			
Камера			
Передатчик			
Блок управления системы определения ориентации			
Магнитометр			
Солнечный датчик	0		
Блок управление системой стабилизации			

Электромагнитные катушки			
Двигатели-маховики			
Система энергоснабжения			

10. Характеристики системы энергоснабжения спутника.

КПД, в %	0
Ёмкость аккумулятора, Ач	
Нормальная глубина разряда АБ, в %	
Допустимая глубина разряда АБ, в %	70
Критическая глубина разряда АБ, в %	
Макс. ток заряда АБ, А	35
Макс. ток разряда АБ, А	35
Напряжение бортовой сети, В	12

11. Расположение и площадь (м2) панелей солнечных батарей.

X	
X	-
Y	
Y	-
Z	
Z	
SX, м2	
SY, м2	
SZ, м2	

12. Начальные условия по отделению от носителя.

Нутация, град	
Прецессия, град	
Собственное вращение, град	
WX, град/сек	
W	
WZ, град/сек	

Данные заполняются и утверждаются экспертами в день С-2 в качестве 30% изменения КЗ

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

1. Использование магнитной рамки

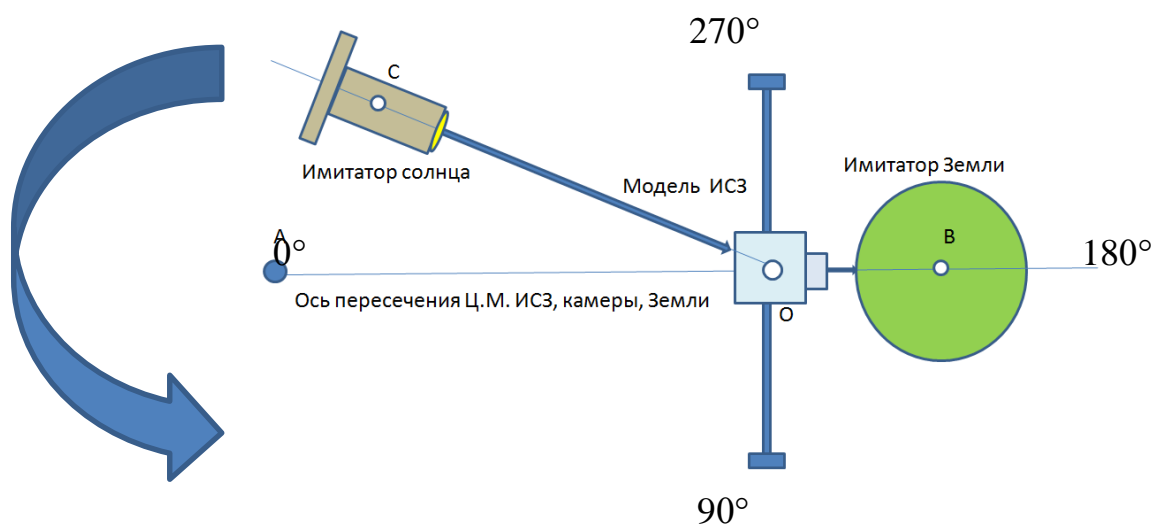


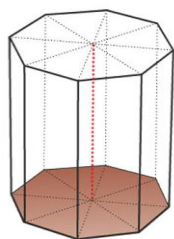
Рис.1.1 – Схема использования магнитной рамки

Пример задания:

1. Угол АОС равен 0° ($+10^\circ \dots -10^\circ$)
2. Угол АОС равен 54° ($+10^\circ \dots -10^\circ$)
3. Угол АОС равен 300° ($+10^\circ \dots -10^\circ$)

Разработка конструкции КА.

Моделирование корпуса КА:



Моделирование необходимо выполнить по имеющемуся шаблону (образцу) корпуса КА – правильного восьмиугольника с средней полкой с учетом увеличения ширины боковой стенки на 6 мм и внесением соответствующих изменений в конструкцию корпуса КА для последующего изготовления на станке лазерной резки.

1. Верхнее основание -1 шт
2. Средняя полка – 1 шт
3. Нижнее основание – 1 шт
4. Боковая стенка – 8 шт
5. Резбовое соединение – винт + шайба + гайка
6. Подшипник аэродинамического подвеса.
7. Посадочная панель для подшипника аэродинамического подвеса.

Приложение № 5.

Разработка радиоэлектронных компонентов и модулей.

- Выходное напряжение стабилизатора напряжения $U_{\text{вых}} = 8,8$ Вольта;
- Рассчитать площадь радиатора для охлаждения микросхемы стабилизатора напряжения;
- Рассчитать сопротивление токоограничивающего резистора для светодиода АЛ307
- Подключить передатчик Arduino 433МГц в качестве нагрузки к солнечным панелям и в заданной программной ориентации передать сообщение «Solar panels are correct!»
- Принять сообщение на приемник

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. Уголок для крепления по количеству отверстий крепления.
2. Система крепления солнечных панелей.
3. Система крепления резервной СЭП, Arduino Shield
4. Реле для подключения устройства для пережигания нити системы раскрытия СП.

Материалы, используемые в работе.

- Материал «ABS» – для работы в SolidWorks
- Материал «ABS, PLA» – для 3D печати
- Материал «Акрил 3мм», «Полированная фанера 3мм» - для станка лазерной резки
- Рабочее поле 3D принтеров – 180X180 мм
- Рабочее поле станка для лазерной резки – 600X400 мм

Приложение № 7.

**Перечень информации, хранящейся в папке для участников
чемпионата.**

1. Папка для выполнения задания конструктора-проектировщика:
 - 3D-модели (.SLDDRT) датчиков и систем набор конструктора спутника «Орбикрафт»
2. Папка для выполнения задания радиоинженера
 - SX-Modeler
 - OBC
 - Ground_Control_X
 - Driver
3. Папка для выполнения задания программиста:
 - notepad_r115
 - notepad_r118
 - Arduino ID
 - Описание функций_ примеры кодов_C_Python
 - Библиотека для взаимодействия Arduino и конструктора ОрбиКрафт
 - Schsat-GUI Актуальная версия прошивки GUI Web-интерфейса бортового компьютера (от30.07.2018).
 - Libschsat Обновление стандартной библиотеки функций.
 - Libschsat_Ard Обновление стандартной библиотеки функций с функциями для управления **Arduino** (beta).
4. Папка вспомогательных программ:
 - Apache_OpenOffice
 - WinRar
 - Sprint layout
 - Zenit
5. Конкурсная документация
 - Основное конкурсное задание
 - Измененное конкурсное задание (30 %%, Приложение № 2-5)
 - Отчет о выполнении конкурсного задания (Приложение №1)
6. Общая документация
 - Техническое описание
 - Кодекс этики
 - Инструкция ТБ и ОТ
 - Регламент Том А
 - Регламент Том В
7. Текстовый редактор с ссылками на скачивание программ

**Список приложений, данные в которых заполняются экспертами в день (С-2)
30% изменений конкурсного задания и утверждаются экспертами:**

1. Приложение №1. Отчет о выполнении конкурсного задания.
2. Приложение № 2. Задание для ПО численного моделирования SX-Modeler.
3. Приложение № 3. Задание по ориентации КА по заданным углам.
4. Приложение № 4. Разработка конструкции КА.
5. Приложение № 5. Разработка радиоэлектронных компонентов и модулей.
6. Приложение № 6. Разработка привода системы раскрытия и поворота солнечных батарей.
7. Приложение № 7. Перечень информации, хранящейся в папке для участников чемпионата.
8. Приложение № 8. Материалы, используемые в работе.

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.***