

ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОПИСАНИЕ КОМПЕТЕНЦИИ  
Инженерия космических систем

Организация Союз «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» (далее WSR) в соответствии с уставом организации и правилами проведения конкурсов установила нижеизложенные необходимые требования владения этим профессиональным навыком для участия в соревнованиях по компетенции.

### **Техническое описание включает в себя следующие разделы:**

1. ВВЕДЕНИЕ.....	3
1.1. НАЗВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ .....	3
1.2. ВАЖНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА.....	3
1.3. АССОЦИИРОВАННЫЕ ДОКУМЕНТЫ .....	11
2. СПЕЦИФИКАЦИЯ СТАНДАРТА WORLDSKILLS (WSSS).....	12
2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЕЦИФИКАЦИИ СТАНДАРТОВ WORLDSKILLS (WSSS) .....	12
3. ОЦЕНОЧНАЯ СТРАТЕГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ .....	17
3.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	17
4. СХЕМА ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ .....	18
4.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	18
4.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ.....	19
4.3. СУБКРИТЕРИИ .....	20
4.4. АСПЕКТЫ .....	20
4.5. МНЕНИЕ СУДЕЙ (СУДЕЙСКАЯ ОЦЕНКА).....	21
4.6. ИЗМЕРИМАЯ ОЦЕНКА .....	22
4.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИМЫХ И СУДЕЙСКИХ ОЦЕНОК .....	22
4.8. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИИ.....	22
4.9. РЕГЛАМЕНТ ОЦЕНКИ .....	23
5. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ .....	23
5.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	23
5.2. СТРУКТУРА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ .....	23
5.3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ.....	24
5.4. РАЗРАБОТКА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ .....	63
5.5. УТВЕРЖДЕНИЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ.....	65
5.6. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА И ИНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ .....	65
6. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ И ОБЩЕНИЕ .....	66
6.1 ДИСКУССИОННЫЙ ФОРУМ .....	66
6.2. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ЧЕМПИОНАТА .....	66
6.3. АРХИВ КОНКУРСНЫХ ЗАДАНИЙ .....	66

6.4. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ .....	66
7. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ .....	67
7.1 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЧЕМПИОНАТЕ .....	67
7.2 СПЕЦИФИЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОМПЕТЕНЦИИ .....	67
8. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	67
8.1. ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ЛИСТ .....	67
8.2. МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ЯЩИКЕ (ТУЛБОКС, TOOLBOX).....	68
8.3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАПРЕЩЕННЫЕ НА ПЛОЩАДКЕ.....	68
8.4. ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА КОНКУРСНОЙ ПЛОЩАДКИ .....	68
9. ОСОБЫЕ ПРАВИЛА ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ 14-16 ЛЕТ .....	69

Copyright © 2018 СОЮЗ «ВОРЛДСКИЛЛС РОССИЯ»

Все права защищены

Любое воспроизведение, переработка, копирование, распространение текстовой информации или графических изображений в любом другом документе, в том числе электронном, на сайте или их размещение для последующего воспроизведения или распространения запрещено правообладателем и может быть осуществлено только с его письменного согласия

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1.1. НАЗВАНИЕ И ОПИСАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

1.1.1 Название профессиональной компетенции:

Инженерия космических систем

1.1.2 Описание профессиональной компетенции.

Стремительное развитие микроэлектронных и информационных технологий позволило создавать коммерчески успешные сервисы для наземных потребителей на базе малых космических аппаратов – микроспутников. Такие аппараты решают задачи связи, дистанционного зондирования Земли, проведения технологических экспериментов на орбите, успешно дополняя, а в некоторых случаях и заменяя собой большие спутниковые системы, традиционно продолжающие занимать свои ниши на рынке космических услуг. В мире в целом и в России в частности появляются космические компании, внедряющие новые технологии разработки, эксплуатации космических аппаратов, и коммерциализации результатов их деятельности.

Новая идеология космоса, связанная с созданием силами небольшой команды эффективных недорогих малых космических аппаратов, запускаемых в качестве попутных полезных нагрузок, радикальным образом меняет требования к сотрудникам современных космических предприятий, которые хотят добиться успехов в этой области.

Поскольку сложность задач, решаемых при создании малых спутников, часто бывает сопоставима со сложностями при создании больших аппаратов, коллектив должен состоять из высококвалифицированных инженеров, исследователей, администраторов, способных в сжатые сроки определить потребности рынка, понять возможности их решения с помощью космических систем, понять коммерческие перспективы проекта, определить круг потенциальных потребителей, составить техническое задание, собрать команду

проекта, провести необходимые поисковые работы, выполнить проектирование и производство космической системы, а также ее испытания и развертывание. В силу малости команды каждый разработчик имеет широкие полномочия в принятии решений, несет полную ответственность за существенную часть работ по проекту, ведя свою системную задачу от идеи и до эксплуатации на орбите.

Поэтому современному специалисту в области инженерии космических систем требуется владеть основами методов проектирования полезных нагрузок и служебных систем космических аппаратов, знать основы баллистики, динамики космического полета, теории надежности, принципов проведения испытаний, иметь представление об электронике, материаловедении и даже основах экономики и организации труда.

Будущее космических аппаратов – в том числе за созданием спутников из стандартных унифицированных компонент, серийно производимых на конвейере. Это сильно удешевит разработку космической техники, ускорит создание автоматических космических аппаратов для выполнения стандартных прикладных задач, таких как ДЗЗ, связь, навигация, научно-образовательные и технологические эксперименты. Такие аппараты должны будут иметь возможность быть собраны на Земле или, например, на орбитальной станции для обеспечения работы на околоземной орбите заданной полезной нагрузки, двумя или тремя инженерами в течение нескольких дней. Все приборы, используемые для сборки спутника, должны быстро тестироваться, просто соединяться между собой с использованием универсальных стандартизованных интерфейсов, использовать открытые информационные протоколы и открытое программное обеспечение, обслуживаться автоматизированными комплексами предстартовой проверки и управления.

Аппарат собирается «по требованию» из компонент, хранящихся на складе, например, в случае возникновения ЧС и необходимости его срочного на орбиту либо попутным запуском, либо носителем, специально находящимся на дежурстве. Кроме быстрой сборки, аппарат должен иметь возможность быть

быстро испытан и адаптирован на ступень ракеты-носителя после запуска быть совместим с имеющейся наземной и уже развернутой к тому времени орбитальной инфраструктурами.

Для инженеров, участвующих в сборке, это должно быть рутинным, максимально автоматизированным процессом. Тем не менее, специалисты, принимающие участие в разработке аппарата, его сборке и подготовке к старту, должны будут продолжателями традиций разработки современных малых спутников, обладая глубокими знаниями и умениями в области системного проектирования, электроники, разработки и тестирования программного обеспечения, конструкторских разработок, чтобы оперативно решать конкретные задачи адаптации полезной нагрузки, компоновки, прочности, теплового и энергобаланса, а также уметь справляться с неожиданными проблемами, которые неизбежно возникают при работе со сложной техникой.

Весь рутинный процесс создания спутника существует в такой идеологии: это выбор полезной нагрузки, а также компонент из стандартного набора для обеспечения ее работы по заданной программе, сборки спутника из компонент, его комплексных испытаний – функциональных, механических - адаптации на носитель и запуска и эксплуатации. Именно для демонстрации возможностей этих процессов, популяризации данной концепции создания спутников, и предназначены соревнования компетенции инженера космических систем.

### **Теоретические знания.**

Теоретические знания необходимы, но они не подвергаются явной проверке.

- механика космического полета
- динамика вращения твердого тела
- прикладная небесная механика
- асимптотические методы нелинейной механики
- теория гироскопических систем
- электромеханические устройства автоматики

- теория систем управления
- теория устойчивости движения
- силовая электроника и электропривод
- архитектура бортовых систем управления
- системное проектирование КА
- теоретическая механика
- сопротивление материалов
- материаловедение
- основы расчета и моделирования тепловых режимов космических аппаратов
- околоземная космическая среда
- программирование на C/C++, Python
- твердотельное моделирование в программном комплексе SolidWorks, 3D Компас и др.
- основы работы с 3D принтерами
- основы работы с станками лазерной резки
- системное программирование в ОС реального времени
- основы радиосвязи
- методы связи и протоколы передачи данных
- активные и пассивные системы ориентации и стабилизации
- современные последовательные интерфейсы и шины данных
- статистическая обработка измерений
- идентификация систем
- основы испытаний космической техники
- бортовые комплексы управления космическими аппаратами
- проектирование программного обеспечения
- электростатика и электромагнитная совместимость
- модели стоимости разработки космических систем

- экономика космической деятельности

### **Перечень основных операций компетенции:**

Тезисно перечислим эти операции (раскрыты будут дальше):

#### **- Разработка и имитационное моделирование бортовых систем спутника**

- выбор бортовых приборов и систем,
- сохранять результаты работы в САПР в формате \*. dwg, \*.dxf, \*.dgn, \*.stl для работы на станках лазерной резки и 3D печати
- выбор циклограммы работы режимов ориентации,
- настройка коэффициентов усиления PD-регулятора системы маховичной стабилизации,
- расчет энергобаланса на борту,
- выбор типа фотоэлементов,
- выбор типа аккумуляторов,
- расчет площади панелей солнечных батарей (СБ),
- расчет требуемой ёмкости аккумуляторных батарей (АБ),
- проверочный расчет энергобаланса на борту,
- оценка стоимости проекта.

#### **- Компоновка спутника в 3D**

- работа в САПР SolidWorks (SW), базовые умения работы с деталями и сборками, понятия центра масс и момента инерции и принципов действий для их приведения к требуемым значениям, владение инструментами экспресс анализа сборок в SW (например, проверка интерференций, или пространственных пересечений, приборов),
- умение подготавливать рациональные расчётные 3D-модели изделий, владение общими понятиями об эргономике при сборке и эксплуатации изделия,
- умение выполнять сборочные и монтажные чертежи и спецификации;



- написание четких инструкций сборки;

#### **- Разработка бортового ПО**

- проектирование архитектуры бортовой информационной сети.
- на основе шаблонов кода, реализация требуемого функционала и алгоритмов без привязки к аппаратной части, с использованием открытых библиотек и компиляторов на C/C++, Python.
- самостоятельная разработка высокоуровневых протоколов обмена, использование открытых высокоуровневых протоколов информационного обмена.
- работа в среде разработки Notepad++.
- чтение разработчиком ПО принципиальных электрических схем;
- использование интерпретирующего языка Python и C/C++.
- Организация тестирования разработанного встроенного ПО.

#### **- Разработка, изготовление, проверка бортовой кабельной сети**

- пайка разъемов, жгутовка кабелей.
- контроль целостности проводки, определение параметров R-C-L.
- резервирование линий, контроль надежности пайки, выбор типа проводки и изоляции.
- контроль сопротивления изоляции, масса проводки; наличие защиты от КЗ.
- наличие экранирования. Концепция заземления, гальваническая развязка.

#### **- Автономные испытания бортовых приборов систем управления, ориентации и стабилизации**

- выполнение программы и методика испытаний отдельных приборов (ПМИ).

### **- Калибровка и юстировка датчиков ориентации**

- использование имитатора Солнца для испытаний солнечного датчика,
- использование имитатора магнитного поля для магнитометра,
- использование поворотного стола для датчика угловой скорости;
- статистическая обработка результатов измерений;
- контроль полей зрения приборов;
- контроль параметров собственной намагниченности спутника;

### **- Сборка космического аппарата**

- умение читать сборочные чертежи, электрические схемы, спецификации и перечни элементов;
- соблюдение последовательности сборки;
- разработка и изготовление специальной оснастки, умение пользоваться инструментом, фиксаторами, лаками; культура производства, фактическая прокладка кабельной сети, соответствие фактической конструкции 3D-модели;
- знание величин затяжки крепежа и типов применяемого инструмента для выполнения типовых операций; выполнения правил техники безопасности;
- умение быстро и рационально устранять неисправности и заменять вышедшие из строя блоки и приборы;
- знать общие принципы и правила работы в чистых помещениях; разработка ПМИ аппарата;

### **- Комплексные функциональные испытания КА**

- автономные испытания приборов в составе спутника согласно ПМИ;
- проведение ПМИ аппарата;

- контроль работы датчика отделения основных режимов работы спутника;

#### **- Комплексные испытания бортовых систем ориентации и стабилизации**

- адаптация аппарата на аэродинамический подвес;
- создание необходимой оснастки;
- контроль работы режима системы ориентации, необходимого для выполнения спутником целевой задачи;
- обработка результатов измерений, сравнение точности СОС с независимой системой контроля;

#### **- Обслуживание КА на пусковой базе**

- умение читать и выполнять требования корректных сборочных чертежей, электрических схем, спецификаций, перечни элементов и инструкции по эксплуатации и сборке;
- выполнения правил техники безопасности при работе на пусковой базе;
- умение быстро и рационально устранять неисправности и заменять вышедшие из строя блоки и приборы, не требующие полной разборки КА;
- знать общие принципы и правила работы в чистых помещениях на пусковой базе;
- уметь проверять работоспособность основных цепей и блоков КА через отладочные разъёмы в соответствии с инструкцией;

#### **- Адаптация КА на ракету-носитель**

- умение читать и выполнять требования корректных инструкции;
- выполнение правил техники безопасности при работе на пусковой базе;
- знание общих принципов и правил работы в чистых помещениях на пусковой базе;

- уметь проверять работоспособность основные цепи и блоки КА через отладочные разъёмы в соответствии с инструкцией после установки на адаптер;
- исполнение четких инструкций предстартовой подготовки

## **1.2. ВАЖНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА**

Документ содержит информацию о стандартах, которые предъявляются участникам для возможности участия в соревнованиях, а также принципы, методы и процедуры, которые регулируют соревнования. При этом WSR признаёт авторское право WorldSkills International (WSI). WSR также признаёт права интеллектуальной собственности WSI в отношении принципов, методов и процедур оценки.

Каждый эксперт и участник должен знать и понимать данное Техническое описание.

## **1.3. АССОЦИИРОВАННЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

Поскольку данное Техническое описание содержит лишь информацию, относящуюся к соответствующей профессиональной компетенции, его необходимо использовать совместно со следующими документами:

- WSR, Регламент проведения чемпионата;
- WSR, онлайн-ресурсы, указанные в данном документе.
- WSR, политика и нормативные положения
- Инструкция по охране труда и технике безопасности по компетенции

## 2. СПЕЦИФИКАЦИЯ СТАНДАРТА WORLDSKILLS (WSSS)

### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЕЦИФИКАЦИИ СТАНДАРТОВ WORLDSKILLS (WSSS)

WSSS определяет знание, понимание и конкретные компетенции, которые лежат в основе лучших международных практик технического и профессионального уровня выполнения работы. Она должна отражать коллективное общее понимание того, что соответствующая рабочая специальность или профессия представляет для промышленности и бизнеса.

Целью соревнования по компетенции является демонстрация лучших международных практик, как описано в WSSS и в той степени, в которой они могут быть реализованы. Таким образом, WSSS является руководством по необходимому обучению и подготовке для соревнований по компетенции.

В соревнованиях по компетенции проверка знаний и понимания осуществляется посредством оценки выполнения практической работы. Отдельных теоретических тестов на знание и понимание не предусмотрено.

WSSS разделена на четкие разделы с номерами и заголовками.

Каждому разделу назначен процент относительной важности в рамках WSSS. Сумма всех процентов относительной важности составляет 100.

В схеме выставления оценок и конкурсном задании оцениваются только те компетенции, которые изложены в WSSS. Они должны отражать WSSS настолько всесторонне, насколько допускают ограничения соревнования по компетенции.

Схема выставления оценок и конкурсное задание будут отражать распределение оценок в рамках WSSS в максимально возможной степени. Допускаются колебания в пределах 5% при условии, что они не исказят весовые коэффициенты, заданные условиями WSSS.

Раздел	Важность (%)
1 Организация работы и управление процессом	18
<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• архитектуру бортового программного обеспечения, среду разработки, способы сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения;</li> <li>• алгоритм компоновки реального спутника в 3D, а также компоновки функционального макета, с точки зрения работы бортовых систем и проведения испытаний на аэродинамическом подвесе;</li> <li>• принцип расчета: коэффициентов управления PD-регулятора; работы магнитной системы стабилизации; оценки стоимости спутника;</li> <li>• принципы построения чертежей, распиновок, технологии выполнения пайки, обжимки;</li> <li>• принцип работы солнечных батарей;</li> <li>• материаловедение, сопротивление материалов, электростатику и электромагнитную совместимость;</li> <li>• принципы работы с Arduino;</li> <li>• принципы работы с макетной и/или печатной платами;</li> <li>• общие принципы и правила работы в чистых помещениях;</li> <li>• требования техники безопасности при выполнении работ;</li> <li>• принципы продуктивной работы в команде;</li> <li>• принципы устранения распространенных проблем программных приложений;</li> <li>• принципы и условия работы на 3D-принтере и станке лазерной резки;</li> <li>• важность тщательного тестирования решения;</li> <li>• динамику вращения твердого тела, особенности околоземной космической среды, активные и пассивные системы ориентации и стабилизации;</li> <li>• идентификацию систем;</li> <li>• основы испытаний космической техники;</li> <li>• модели стоимости разработки космических систем;</li> <li>• экономику космической деятельности;</li> <li>• важность документирования испытаний.</li> </ul>	
<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рассчитывать количество сеансов съемки и сеансов связи с использованием ПО;</li> <li>• составлять и оценивать циклограмму работы спутника на орбите с учетом полученных исходных данных;</li> <li>• рассчитывать циклограмму работы системы энергопитания;</li> <li>• читать сборочные чертежи, электрические схемы, спецификации и перечни элементов;</li> <li>• разрабатывать проект бортовой кабельной сети и изготавливать</li> </ul>	

	<p>ее;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• производить расчеты раскрытия и поворота солнечных батарей;</li> <li>• составлять схемы работы элементов космического аппарата;</li> <li>• оценивать параметры аккумуляторной батареи, размеры солнечных батарей;</li> <li>• разрабатывать 3D-модель функционального макета спутника-конструктора;</li> <li>• сохранять результаты работы в САПР в формате *. dwg, *.dxf, *.stl для работы на станках лазерной резки и 3D печати;</li> <li>• работать на 3D-принтере и за станком для лазерной резки;</li> <li>• выполнять имитационные моделирование движения спутника по орбите;</li> <li>• производить сборку спутника согласно разработанной 3D-модели;</li> <li>• выполнять сборочные и монтажные чертежи и спецификации;</li> <li>• пользоваться инструментом, фиксаторами, лаками;</li> <li>• рассчитывать оценку стоимости создания настоящего микроспутника с функциональными характеристиками, аналогичными требуемым в проекте.</li> </ul>	
<b>2</b>	<b>Коммуникативные способности и навыки межличностного общения</b>	<b>9</b>
	<p><b>Специалист должен знать и понимать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• важность установления и поддержания уверенности и доверия со стороны заказчика;</li> <li>• назначение, требования и важность смежных профессий;</li> <li>• значение построения и поддержки продуктивных рабочих отношений;</li> <li>• методы эффективной работы в команде;</li> <li>• важность оперативного разрешения недопонимания и конфликтных ситуаций;</li> <li>• технический язык, связанный с компетенцией;</li> <li>• цели и методы создания, ведения и представления отчетов.</li> </ul>	
	<p><b>Специалист должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общаться с помощью устных, письменных и электронных средств для обеспечения ясности и эффективности;</li> <li>• понимать требования заказчика и обеспечивать реализацию его ожиданий;</li> <li>• регулярно сообщать коллегам новейшую информацию о планируемых</li> <li>• работах по техническому обслуживанию и обсуждать графики, чтобы свести к</li> <li>• минимуму отрицательное влияние на производительность труда;</li> <li>• позитивно и конструктивно реагировать на отзывы о собственной работе;</li> <li>• организовывать процесс общения внутри команды и принимать</li> </ul>	

	<p>решения по достижении решения вопросов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• читать, интерпретировать и извлекать технические данные и другую необходимую информацию из документации.</li> </ul>	
<b>3</b>	<b>Проведение испытания бортовых систем спутника</b>	<b>25</b>
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• электромеханические устройства автоматики;</li> <li>• теории гироскопических систем, систем управления и устойчивости движения;</li> <li>• силовую электронику и электроприводы;</li> <li>• механику космического полета, прикладную небесную механику, асимптотические методы нелинейной механики;</li> <li>• основы радиосвязи, методы связи и протоколы передачи данных;</li> <li>• статистическую обработку измерений.</li> </ul>	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• выполнять пошаговое тестирование всех бортовых приборов в составе макета, используя разработанное им «стендовое» ПО.</li> <li>• тестировать «на столе» по заложенной программистом циклограмме работы;</li> <li>• прошивать на борт все коэффициенты управления, выбранные в процессе численного моделирования;</li> <li>• составлять блок-схемы работы бортового ПО, реализующего циклограмму работы во время комплексных испытаний космического аппарата;</li> <li>• проверять балансировку макета спутника на аэроподвесе;</li> <li>• включать магнитное поле, проверять работоспособность магнитной системы демпфирования угловой скорости;</li> <li>• контролировать правильность реакции системы управления на источник света;</li> <li>• проверять правильность работы системы определения ориентации спутника по трем осям по показаниям магнитометра и солнечного датчика;</li> <li>• проверять возможность разворота макета в заданном направлении с использованием маховиков и точность удержания цели после отработки требуемого разворота;</li> <li>• налаживать работу бортовой системы управления по разработанной циклограмме;</li> <li>• отслеживать качество изображения, полученного с камеры.</li> </ul>	
<b>4</b>	<b>Разработка программных решений</b>	<b>24</b>
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы проектирования, моделирования и программирования на C/C++, Python</li> <li>• важность рассмотрения всех возможных вариантов и выбора лучшего решения для выполнения спутником поставленных задач;</li> <li>• функциональные возможности языка C/C++, Python</li> </ul>	



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• общепринятые лучшие практики при написании кода.</li> </ul>	
	<p><b>Специалист должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять, компилировать, загружать, тестировать код на языке C/C++, Python и устранять ошибки в нем в соответствии с техническими условиями;</li> <li>• составлять функции для решения определенной задачи;</li> <li>• проводить автономные тестирования блоков спутника;</li> <li>• настраивать бортовые алгоритмы ориентации и стабилизации;</li> <li>• контролировать: правильность установки датчиков ориентации и исполнительных элементов; адекватность, правильность размерности единиц, и правильность измерений датчика угловой скорости и магнитометра; адекватность работы электромагнитных катушек бортовой магнитной системы стабилизации; адекватность, управляемость двигателя-маховика;</li> <li>• определять собственное магнитное поле аппарата и потенциальные источники магнитного поля внутри него;</li> <li>• вносить соответствующие поправки в бортовое ПО измерений бортового магнитометра;</li> <li>• важность точного и систематического контроля и анализа выполненных задач.</li> </ul>	
<b>5</b>	<b>Решение проблем, инновации и креативность</b>	<b>17</b>
	<p><b>Специалист должен знать и понимать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общие типы проблем, которые могут возникнуть в ходе рабочего процесса;</li> <li>• тенденции и направления развития в отрасли, включая новые материалы, методы и технологии.</li> </ul>	
	<p><b>Специалист должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• собирать и анализировать информацию;</li> <li>• быстро выявлять и понимать проблемы и самостоятельно решать их;</li> <li>• разрабатывать альтернативные решения, выбирать наиболее подходящий вариант и принимать необходимое решение;</li> <li>• использовать потенциал новых технологий;</li> <li>• проявлять настойчивость при решении сложных проблем;</li> <li>• использовать возможности по реализации идей, направленных на улучшение конечного продукта и повышение общего уровня удовлетворенности заказчика;</li> <li>• демонстрировать желание испытывать новые методы и воспринимать перемены.</li> </ul>	
<b>6</b>	<b>Оформление и ведение документации. Соблюдение культуры производства</b>	<b>7</b>
	<p><b>Специалист должен знать и понимать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• важность тщательного документирования разработанных решений;</li> <li>• необходимость выполнения требований техники безопасности и охраны труда.</li> </ul>	
	<b>Специалист должен уметь:</b>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>оформлять необходимую документацию в соответствии с требованиями к ней;</li> <li>демонстрировать культуру производства;</li> <li>правильно использовать инструмент;</li> <li>экономично расходовать ресурсы и материалы;</li> <li>соблюдать требования техники безопасности при выполнении всех видов работ.</li> </ul>	
	<b>Всего</b>	<b>100</b>

## 3. ОЦЕНОЧНАЯ СТРАТЕГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ

### 3.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Стратегия устанавливает принципы и методы, которым должны соответствовать оценка и начисление баллов WSR.

Экспертная оценка лежит в основе соревнований WSR. По этой причине она является предметом постоянного профессионального совершенствования и тщательного исследования. Накопленный опыт в оценке будет определять будущее использование и направление развития основных инструментов оценки, применяемых на соревнованиях WSR: схема выставления оценки, конкурсное задание и информационная система чемпионата (CIS).

Оценка на соревнованиях WSR попадает в одну из двух категорий: измерение и судейское решение. Для обеих категорий оценки использование точных эталонов для сравнения, по которым оценивается каждый аспект, является существенным для гарантии качества.

Схема выставления оценки должна соответствовать процентным показателям в WSSS. Конкурсное задание является средством оценки для соревнования по компетенции, и оно также должно соответствовать WSSS. Информационная система чемпионата (CIS) обеспечивает своевременную и

точную запись оценок, что способствует надлежащей организации соревнований.

Схема выставления оценки в общих чертах является определяющим фактором для процесса разработки Конкурсного задания. В процессе дальнейшей разработки Схема выставления оценки и Конкурсное задание будут разрабатываться и развиваться посредством итеративного процесса для того, чтобы совместно оптимизировать взаимосвязи в рамках WSSS и Стратегии оценки. Они представляются на утверждение Менеджеру компетенции вместе, чтобы демонстрировать их качество и соответствие WSSS.

## 4. СХЕМА ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

### 4.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В данном разделе описывается роль и место Схемы выставления оценки, процесс выставления экспертом оценки конкурсанту за выполнение конкурсного задания, а также процедуры и требования к выставлению оценки.

Схема выставления оценки является основным инструментом соревнований WSR, определяя соответствие оценки Конкурсного задания и WSSS. Она предназначена для распределения баллов по каждому оцениваемому аспекту, который может относиться только к одному модулю WSSS.

Отражая весовые коэффициенты, указанные в WSSS, схема выставления оценок устанавливает параметры разработки Конкурсного задания. В зависимости от природы навыка и требований к его оцениванию может быть полезно изначально разработать Схему выставления оценок более детально, чтобы она послужила руководством к разработке Конкурсного задания. В другом случае разработка Конкурсного задания должна основываться на обобщённой Схеме выставления оценки. Дальнейшая разработка Конкурсного задания сопровождается разработкой аспектов оценки.

В разделе 2.1 указан максимально допустимый процент отклонения, Схемы выставления оценки Конкурсного задания от долевых соотношений, приведенных в Спецификации стандартов.

Схема выставления оценки и Конкурсное задание могут разрабатываться одним человеком, группой экспертов или сторонним разработчиком. Подробная и окончательная Схема выставления оценки и Конкурсное задание, должны быть утверждены Менеджером компетенции.

Кроме того, всем экспертам предлагается представлять свои предложения по разработке Схем выставления оценки и Конкурсных заданий на форум экспертов для дальнейшего их рассмотрения Менеджером компетенции.

Во всех случаях полная и утвержденная Менеджером компетенции Схема выставления оценки должна быть введена в информационную систему соревнований (CIS) не менее чем за два дня до начала соревнований, с использованием стандартной электронной таблицы CIS или других согласованных способов. Главный эксперт является ответственным за данный процесс.

## **4.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ**

Основные заголовки Схемы выставления оценки являются критериями оценки. В некоторых соревнованиях по компетенции критерии оценки могут совпадать с заголовками разделов в WSSS; в других они могут полностью отличаться. Как правило, бывает от пяти до девяти критериев оценки, при этом количество критериев оценки должно быть не менее трёх. Независимо от того, совпадают ли они с заголовками, Схема выставления оценки должна отражать долевые соотношения, указанные в WSSS.

Критерии оценки создаются лицом (группой лиц), разрабатывающим Схему выставления оценки, которое может по своему усмотрению определять критерии, которые оно сочтет наиболее подходящими для оценки выполнения Конкурсного задания.

Сводная ведомость оценок, генерируемая CIS, включает перечень критериев оценки.

Количество баллов, назначаемых по каждому критерию, рассчитывается CIS. Это будет общая сумма баллов, присужденных по каждому аспекту в рамках данного критерия оценки.

### 4.3. СУБКРИТЕРИИ

Каждый критерий оценки разделяется на один или более субкритериев. Каждый субкритерий становится заголовком Схемы выставления оценок.

В каждой ведомости оценок (субкритериев) указан конкретный день, в который она будет заполняться.

Каждая ведомость оценок (субкритериев) содержит оцениваемые аспекты, подлежащие оценке. Для каждого вида оценки имеется специальная ведомость оценок.

### 4.4. АСПЕКТЫ

Каждый аспект подробно описывает один из оцениваемых показателей, а также возможные оценки или инструкции по выставлению оценок.

В ведомости оценок подробно перечисляется каждый аспект, по которому выставляется отметка, вместе с назначенным для его оценки количеством баллов.

Сумма баллов, присуждаемых по каждому аспекту, должна попадать в диапазон баллов, определенных для каждого раздела компетенции в WSSS. Она будет отображаться в таблице распределения баллов CIS, в следующем формате:

Критерий	Итого баллов за раздел WSSS	БАЛЛЫ СПЕЦИФИКАЦИИ СТАНДАРТОВ WORLD SKILLS НА КАЖДЫЙ РАЗДЕЛ	ВЕЛИЧИНА ОТКЛОНЕНИЯ
----------	-----------------------------------	---	------------------------

Разделы Спецификации стандарта WS (WSSS)		A	B	C	D	E	F	G	H	I			
	1	5	4		1	2	3		1	1	17	17	
	2	2			1	1	1	1	1	1	8	8	
	3			5	2		8	10			25	25	
	4	5	2	5	3	2	5	4			26	26	
	5	2	1	4	2	1	2	5			17	17	
	6	1	1	1	1	1	1		1		7	7	
Итого баллов за критерий		15	8	15	10	7	20	20	3	2	100	100	0

#### 4.5. МНЕНИЕ СУДЕЙ (СУДЕЙСКАЯ ОЦЕНКА)

При принятии решения используется шкала 0–3. Для четкого и последовательного применения шкалы судейское решение должно приниматься с учетом:

- эталонов для сравнения (критериев) для подробного руководства по каждому аспекту
- шкалы 0–3, где:
  - 0: исполнение не соответствует отраслевому стандарту;
  - 1: исполнение соответствует отраслевому стандарту;
  - 2: исполнение соответствует отраслевому стандарту и в некоторых отношениях превосходит его;
  - 3: исполнение полностью превосходит отраслевой стандарт и оценивается как отличное

Каждый аспект оценивают три эксперта, каждый эксперт должен произвести оценку, после чего происходит сравнение выставленных оценок. В случае расхождения оценок экспертов более чем на 1 балл, экспертам необходимо вынести оценку данного аспекта на обсуждение и устранить расхождение.

## 4.6. ИЗМЕРИМАЯ ОЦЕНКА

Оценка каждого аспекта осуществляется тремя экспертами. Если не указано иное, будет присуждена только максимальная оценка или ноль баллов. Если в рамках какого-либо аспекта возможно присуждение оценок ниже максимальной, это описывается в Схеме оценки с указанием измеримых параметров.

## 4.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИМЫХ И СУДЕЙСКИХ ОЦЕНОК

Окончательное понимание по измеримым и судейским оценкам будет доступно, когда утверждена Схема оценки и Конкурсное задание. Приведенная таблица содержит приблизительную информацию и служит для разработки Оценочной схемы и Конкурсного задания.

Критерий		Баллы		
		Мнение судей	Измеримая	Всего
<b>A</b>	3D-проектирование компоновки КА	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>B</b>	Имитационное моделирование КА в ПО SX Modeler. Расчет энергобаланса на борту.	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>C</b>	Проверка и программирование датчиков, систем КА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>D</b>	Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>E</b>	Сборка спутника	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>F</b>	Полунатурные испытания КА.	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>G</b>	Решение целевой задачи.	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>H</b>	Оценка стоимости проекта. Бережливое производство.	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>I</b>	Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Всего</b>		<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 4.8. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИИ

Оценка Конкурсного задания будет основываться на следующих критериях (модулях):

#### **4.9. РЕГЛАМЕНТ ОЦЕНКИ**

Главный эксперт и Заместитель Главного эксперта обсуждают и распределяют Экспертов по группам (состав группы не менее трех человек) для выставления оценок. Каждая группа должна включать в себя как минимум одного опытного эксперта. Эксперт не оценивает участника из своей организации. Если необходимо привлечь эксперта к оценке участника из своей организации, это подтверждается общим решением с занесением результата голосования в протокол.

### **5. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ**

#### **5.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ**

Разделы 2, 3 и 4 регламентируют разработку Конкурсного задания. Рекомендации данного раздела дают дополнительные разъяснения по содержанию КЗ.

Продолжительность Конкурсного задания не должна быть менее 15 и более 22 часов.

Возрастной ценз участников для выполнения Конкурсного задания от 14 до 22 лет.

Вне зависимости от количества модулей, КЗ должно включать оценку по каждому из разделов WSSS.

Конкурсное задание не должно выходить за пределы WSSS.

Оценка знаний участника должна проводиться исключительно через практическое выполнение Конкурсного задания.

При выполнении Конкурсного задания не оценивается знание правил и норм WSR.

#### **5.2. СТРУКТУРА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ**

Конкурсное задание содержит 9 модулей:

Модуль 1 (А). 3D-проектирование компоновки КА.



Модуль 2 (В). Имитационное моделирование КА в ПО SX Modeler. Расчет энергобаланса на борту.

Модуль 3 (С). Поверка и программирование датчиков, систем, целевой аппаратуры. Автономные испытания спутника

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

Модуль 5 (Е). Сборка спутника.

Модуль 6 (F). Полунатурные испытания КА.

Модуль 7 (G). Решение целевой задачи.

Модуль 8 (H). Оценка стоимости проекта. Бережливое производство.

Модуль 9 (I). Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места

### 5.3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ

#### Общие требования:

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.

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 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 9.00-13.00 C1 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.

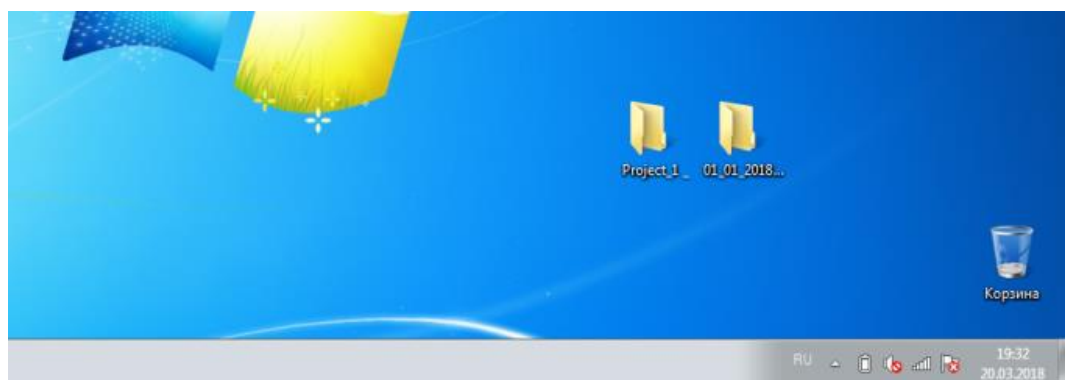


Рис. 5. Образец созданных папок на рабочем столе компьютера участника

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.



## Модуль 1: 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.

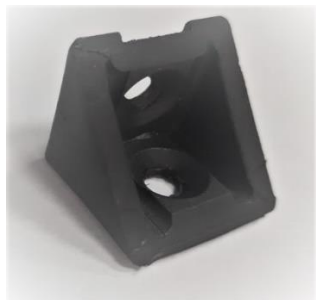


Рис. 6. Внешний вид уголка для крепления корпуса спутника

- 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.

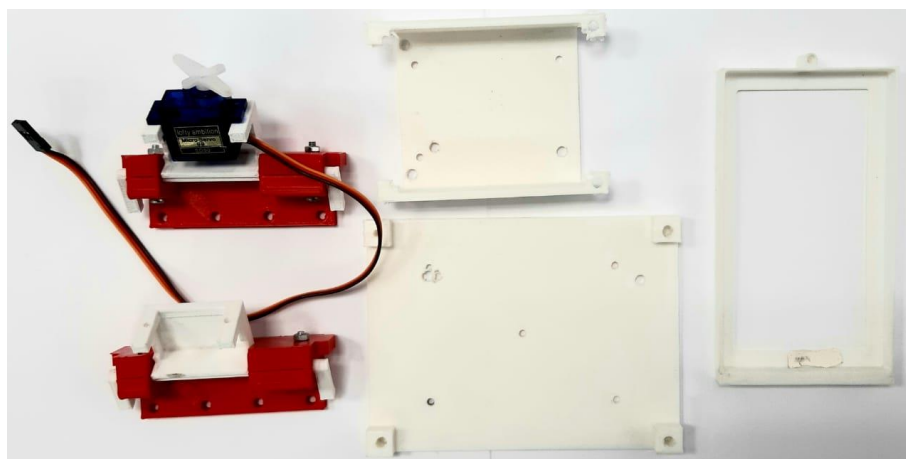


Рис.8. Образец системы раскрытия и управления солнечными панелями с помощью сервоприводов

- 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 энергоснабжения (СЭП).

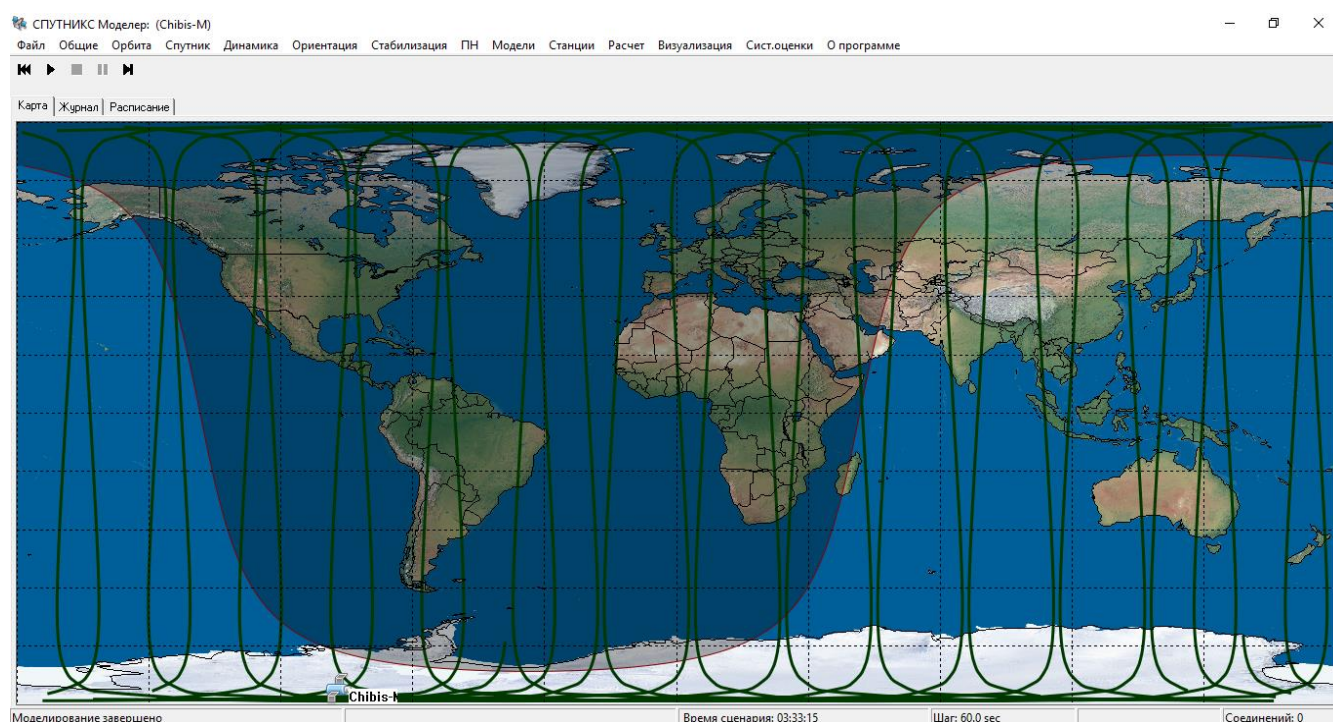


Рис. 9. Общий вид трассировки орбиты Chibis-M

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.

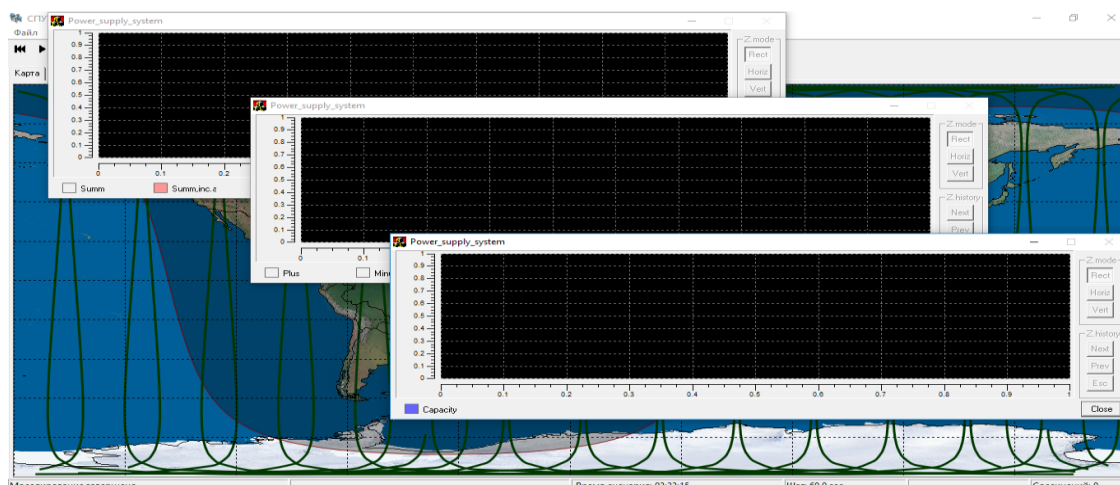


Рис. 10. Графики визуализации энергобаланса на борту

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

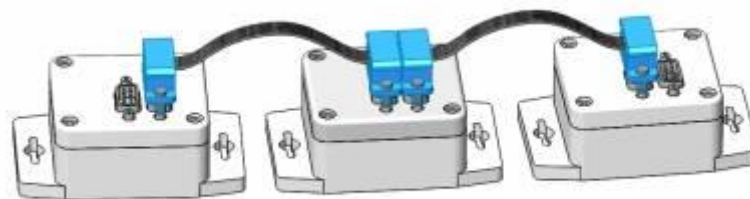


Рис. 11. Блок-схема соединений датчиков «Орбикрафт»

- 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 спутника.

**Системный программист** – это разработчик операционной системы, программных комплексов, обеспечивающих слаженную работу компонентов микроспутника. **Системный программист** разбирается с выбором языка программирования, 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.

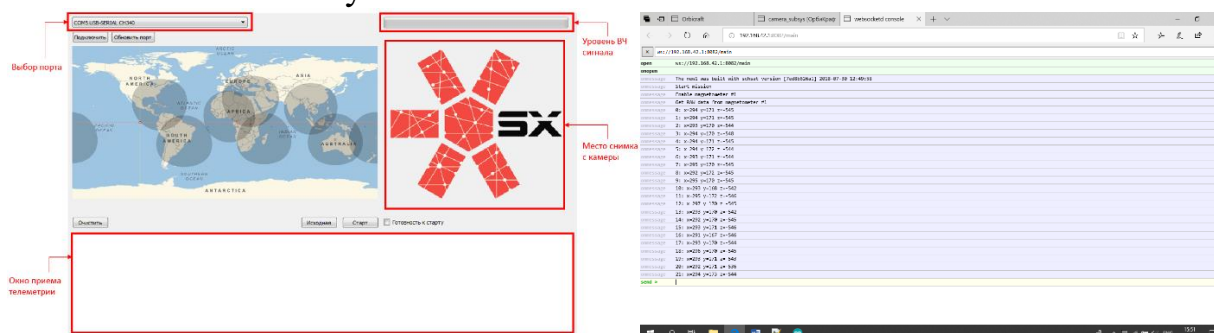


Рис. 12. Окно программы ЦУП (GroundControlX ) и образец проверки магнетометра

- 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:



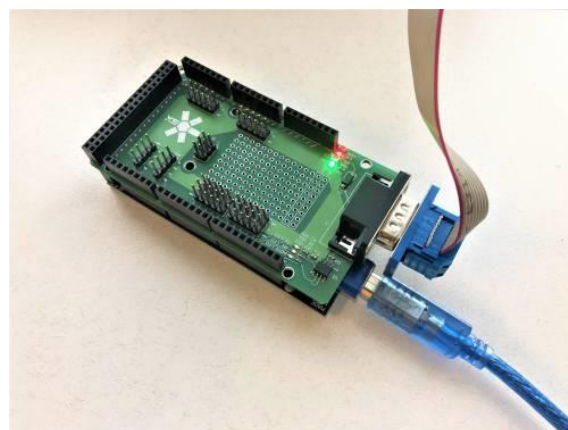


Рис. 14. Солнечная панель и плата расширения Arduino

- 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)

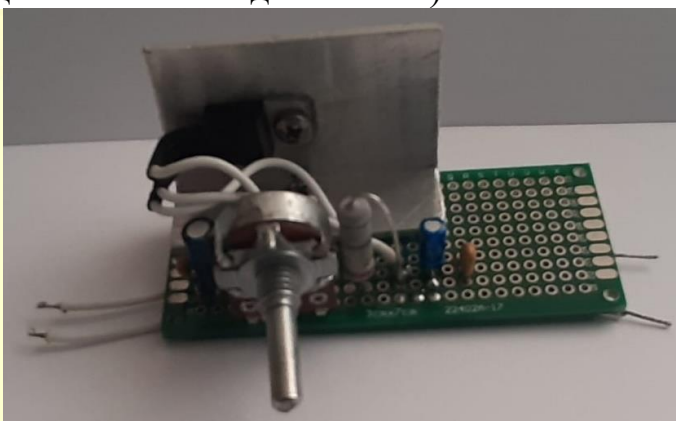
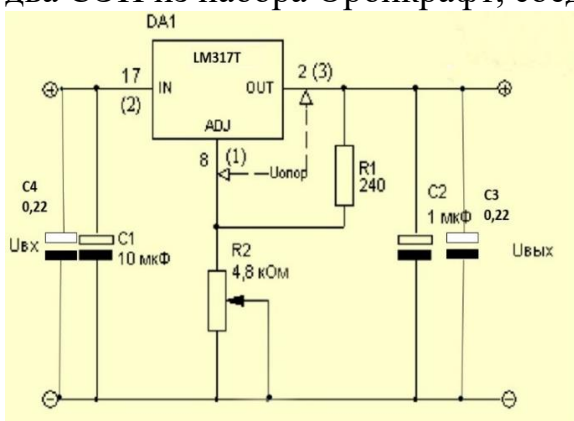


Рис. 15. Стабилизатор напряжения

- 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

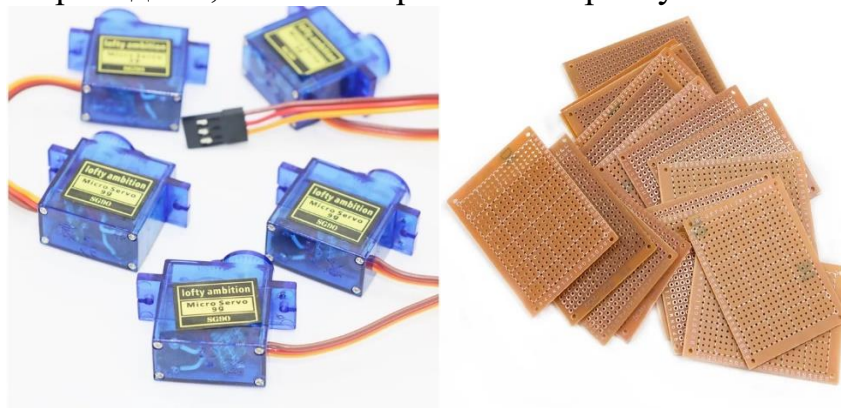


Рис. 16. Сервоприводы и монтажные платы

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

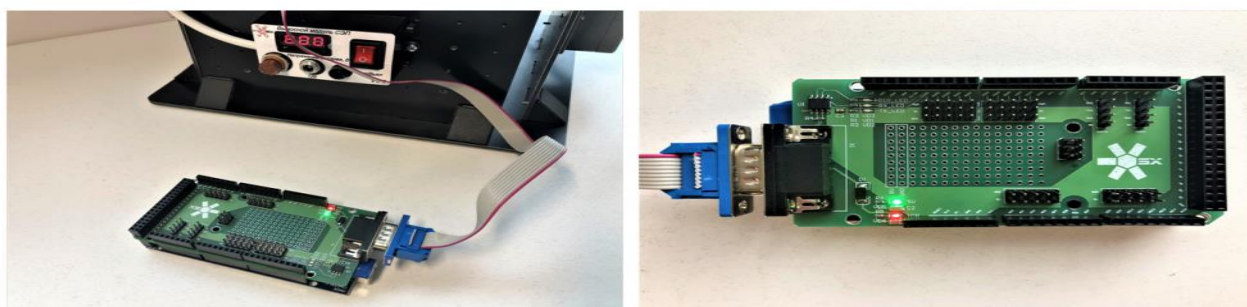


Рис.17. Подключение платы расширения Arduino в бортовую сеть спутника

- 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 «ОрбиКraft». 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.

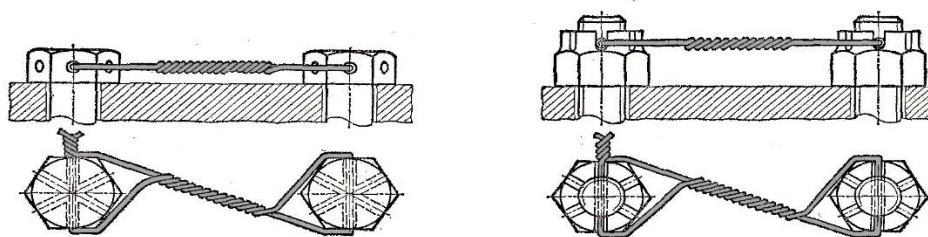


Рис. 18. Пример контровки резьбового соединения.

- 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 микроскопа)
  - 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
A	3D-проектирование компоновки КА	0	15	15
B	Имитационное моделирование КА. Расчет энергобаланса на борту.	0	8	8
C	Проверка и программирование датчиков, систем, целевой аппаратуры. Автономные испытания спутника.	0	15	15
D	Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы КА. Изготовление, сборка, проверка работоспособности систем КА	0	10	10
E	Сборка спутника	0	7	7
F	Полунатурные испытания КА.	0	20	20
G	Решение целевой задачи.	0	20	20
H	Оценка стоимости проекта. Бережливое производство.	0	3	3
I	Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места	0	2	2
Итого =		0	100	100

## 5. ПРИЛОЖЕНИЯ К КОНКУРСНОМУ ЗАДАНИЮ

Приложение №1.

### Итоговый отчет о проведении соревнований

Название чемпионата:

---

Рабочее место № \_\_\_\_\_

Распределение ролей участников в команде:

---

---

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 D- модели, 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\*м<sup>2</sup>

	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



3. Общая площадь внешней поверхности конструкции мм<sup>2</sup>

4. Таблица взвешивания деталей конструкции, датчиков, узлов, систем КА, подвеса и транспортировки.

№	Наименование детали или устройства	Вес, грамм	Примечание

Вывод:

## VI. Отчет о разработке алгоритма стабилизации

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
<b>Подсистемы</b>			
1	Система ориентации стабилизации		
2	Система энергопитания		
3	Система телеметрии и телекоманд		
4	Система терморегулирования		
5	Система навигации		
6	Конструкция		
7	Полезная нагрузка		
<b>Сборка, испытания</b>			
8			
<b>Запуск</b>			
9	Транспортировка		
10	Работа на космодроме		
11	Услуга по запуску		
<b>Эксплуатация</b>			
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 <sup>2</sup>	
Момент инерции $J_{yy}$ , кг*м <sup>2</sup>	
Момент инерции $J_{zz}$ , кг*м <sup>2</sup>	
Максимальный недиагональный элемент, кг*м <sup>2</sup>	
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	

### Приложение №3

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

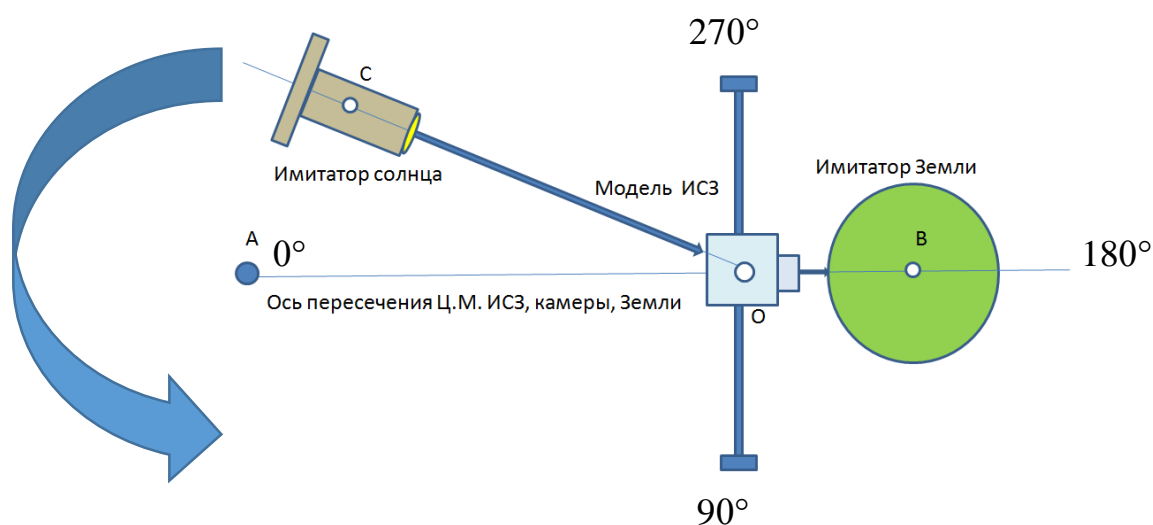


Рис.1.1 – Схема использования магнитной рамки

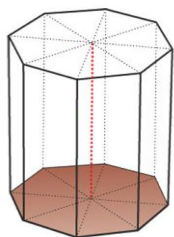
Пример задания:

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



## 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. Резьбовое 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 кабельной сети.



Рис. 1.2. Образец кабеля для пайки.

**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 раскрывания СП.

Приложение № 8.

**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.orbicraft.sputnix.ru/doku.php>
2. Необходимое ПО для работы с конструктором «Орбикрафт»:
  - <http://www.orbicraft.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.***

### **Требования к конкурсной площадке:**

Конкурсная площадка должна быть обеспечена и оборудована в соответствии с ИЛ и планом застройки. При этом на площадке должен быть устойчивый прием интернета через роутер Wi-Fi на скорости не менее 30 Мб/с

## **5.4. РАЗРАБОТКА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ**

Конкурсное задание разрабатывается по образцам, представленным Менеджером компетенции на форуме WSR (<http://forum.worldskills.ru> ). Представленные образцы Конкурсного задания должны меняться один раз в год.

### **5.4.1. КТО РАЗРАБАТЫВАЕТ КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ/МОДУЛИ**

Общим руководством и утверждением Конкурсного задания занимается Менеджер компетенции. К участию в разработке Конкурсного задания могут привлекаться:

- Сертифицированные эксперты WSR;
- Сторонние разработчики;
- Иные заинтересованные лица.

В процессе подготовки к каждому соревнованию при внесении 30 % изменений к Конкурсному заданию участвуют:

- Главный эксперт;
- Сертифицированный эксперт по компетенции (в случае присутствия на соревновании);
- Эксперты принимающие участия в оценке (при необходимости привлечения главным экспертом).

Внесенные 30 % изменения в Конкурсные задания в обязательном порядке согласуются с Менеджером компетенции.

Выше обозначенные люди при внесении 30 % изменений к Конкурсному заданию должны руководствоваться принципами объективности и



беспристрастности. Изменения не должны влиять на сложность задания, не должны относиться к иным профессиональным областям, не описанным в WSSS, а также исключать любые блоки WSSS. Также внесённые изменения должны быть исполнимы при помощи утверждённого для соревнований Инфраструктурного листа.

#### 5.4.2. КАК РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

Конкурсные задания к каждому чемпионату разрабатываются на основе единого Конкурсного задания, утверждённого Менеджером компетенции и размещённого на форуме экспертов. Задания могут разрабатываться как в целом так и по модулям. Основным инструментом разработки Конкурсного задания является форум экспертов.

#### 5.4.3. КОГДА РАЗРАБАТЫВАЕТСЯ КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

Конкурсное задание разрабатывается согласно представленному ниже графику, определяющему сроки подготовки документации для каждого вида чемпионатов.

Временные рамки	Локальный чемпионат	Отборочный чемпионат	Национальный чемпионат
Шаблон Конкурсного задания	Берётся в исходном виде с форума экспертов задание предыдущего Национального чемпионата	Берётся в исходном виде с форума экспертов задание предыдущего Национального чемпионата	Разрабатывается на основе предыдущего чемпионата с учётом всего опыта проведения соревнований по компетенции и отраслевых стандартов за 6 месяцев до чемпионата
Утверждение Главного эксперта чемпионата, ответственного за разработку КЗ	За 2 месяца до чемпионата	За 3 месяца до чемпионата	За 4 месяца до чемпионата

Публикация КЗ (если применимо)	За 1 месяц до чемпионата	За 1 месяц до чемпионата	За 1 месяц до чемпионата
Внесение и согласование с Менеджером компетенции 30% изменений в КЗ	В день С-2	В день С-2	В день С-2
Внесение предложений на Форум экспертов о модернизации КЗ, КО, ИЛ, ТО, ПЗ, ОТ	В день С+1	В день С+1	В день С+1

## 5.5 УТВЕРЖДЕНИЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ

Главный эксперт и Менеджер компетенции принимают решение о выполнимости всех модулей и при необходимости должны доказать реальность его выполнения. Во внимание принимаются время и материалы.

Конкурсное задание может быть утверждено в любой удобной для Менеджера компетенции форме.

## 5.6. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА И ИНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

Если для выполнения задания участнику конкурса необходимо ознакомиться с инструкциями по применению какого-либо материала или с инструкциями производителя, он получает их заранее по решению Менеджера компетенции и Главного эксперта. При необходимости, во время ознакомления Технический эксперт организует демонстрацию на месте.

Материалы, выбираемые для модулей, которые предстоит построить участникам чемпионата (кроме тех случаев, когда материалы приносит с собой

сам участник), должны принадлежать к тому типу материалов, который имеется у ряда производителей, и который имеется в свободной продаже в регионе проведения чемпионата.

## **6. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ И ОБЩЕНИЕ**

### **6.1 ДИСКУССИОННЫЙ ФОРУМ**

Все предконкурсные обсуждения проходят на особом форуме (<http://forum.worldskills.ru>). Решения по развитию компетенции должны приниматься только после предварительного обсуждения на форуме. Также на форуме должно происходить информирование о всех важных событиях в рамках компетенции. Модератором данного форума являются Международный эксперт и (или) Менеджер компетенции (или Эксперт, назначенный ими).

### **6.2. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ЧЕМПИОНАТА**

Информация для конкурсантов публикуется в соответствии с регламентом проводимого чемпионата. Информация может включать:

- Техническое описание;
- Конкурсные задания;
- Обобщённая ведомость оценки;
- Инфраструктурный лист;
- Инструкция по охране труда и технике безопасности;
- Дополнительная информация.

### **6.3. АРХИВ КОНКУРСНЫХ ЗАДАНИЙ**

Конкурсные задания доступны по адресу <http://forum.worldskills.ru>.

### **6.4. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ**

Общее управление компетенцией осуществляется Международным экспертом и Менеджером компетенции с возможным привлечением экспертного сообщества.

Управление компетенцией в рамках конкретного чемпионата осуществляется Главным экспертом по компетенции в соответствии с регламентом чемпионата.

## **7. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **7.1 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЧЕМПИОНАТЕ**

См. комплект документов по охране труда компетенции.

### **7.2 СПЕЦИФИЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОМПЕТЕНЦИИ**

Специфических требований нет.

Концепция экологической ответственности предполагает:

- вторичное использование материалов;
- использование экологически чистых материалов.

## **8. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

### **8.1. ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ЛИСТ**

Инфраструктурный лист включает в себя всю инфраструктуру, оборудование и расходные материалы, которые необходимы для выполнения Конкурсного задания. Инфраструктурный лист обязан содержать пример данного оборудования и его чёткие и понятные характеристики в случае возможности приобретения аналогов.

При разработке Инфраструктурного листа для конкретного чемпионата необходимо руководствоваться Инфраструктурным листом, размещённым на форуме экспертов Менеджером компетенции. Все изменения в Инфраструктурном листе должны согласовываться с Менеджером компетенции в обязательном порядке.

На каждом конкурсе технический эксперт должен проводить учет элементов инфраструктуры. Список не должен включать элементы, которые попросили включить в него эксперты или конкурсанты, а также запрещенные элементы.

По итогам соревнования, в случае необходимости, Технический эксперт и Главный эксперт должны дать рекомендации Оргкомитету чемпионата и Менеджеру компетенции об изменениях в Инфраструктурном листе.

## **8.2. МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ЯЩИКЕ (ТУЛБОКС, TOOLBOX)**

Нулевой тулбокс

## **8.3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАПРЕЩЕННЫЕ НА ПЛОЩАДКЕ**

Участник конкурса должен иметь при себе инструменты, специализированное оборудование и необходимые ему материалы, охваченные Инфраструктурным листом.

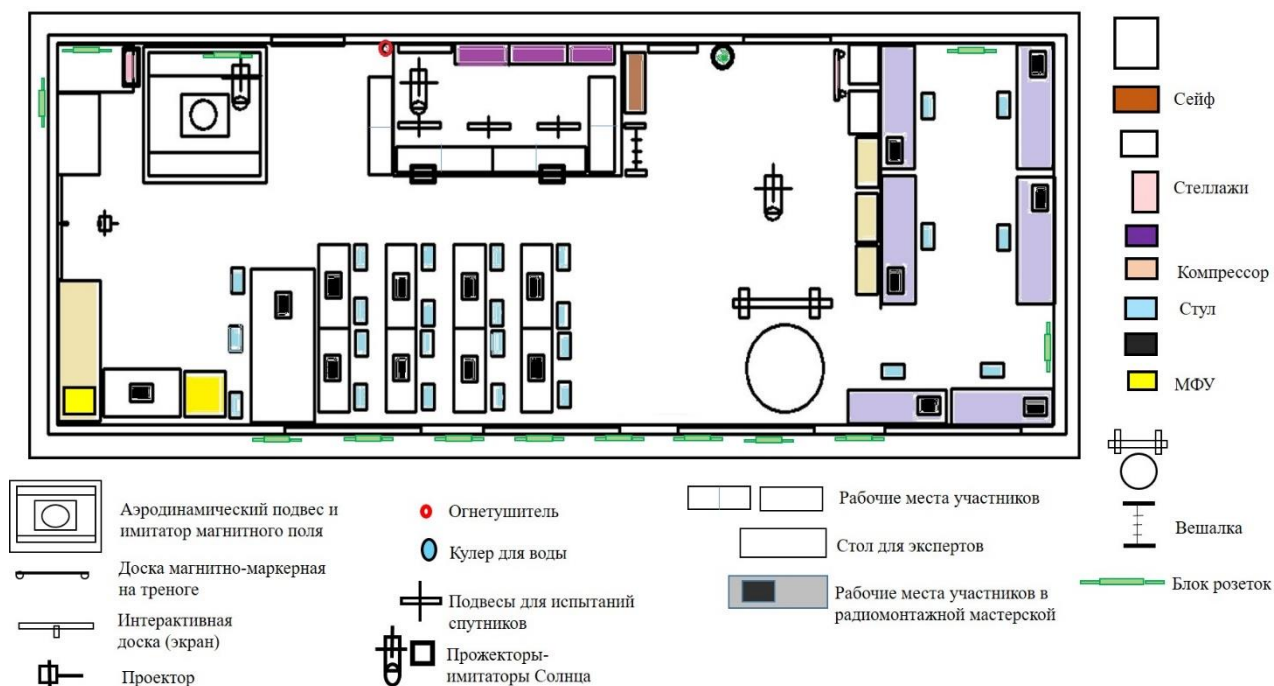
Запрещены к использованию на площадке:

- Электронные носители информации (флеш-накопитель, внешний жесткий диск и т.п.)
- Телефоны, смартфоны, планшеты, «умные» часы и подобные устройства. Во время выполнения конкурсного задания должны находиться в комнате участников.

## **8.4. ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА КОНКУРСНОЙ ПЛОЩАДКИ**

Схема конкурсной площадки (см. иллюстрацию).

**План застройки компетенции WorldSkills Russia  
«Инженерия космических систем» для возрастной категории 16-20 лет**



## 9. ОСОБЫЕ ПРАВИЛА ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ 10-16 ЛЕТ

Время на выполнения задания 4 часа в день.

При разработке Конкурсного задания и Схемы оценки учитывается специфика и ограничения применяемой техники безопасности и охраны труда для данной возрастной группы. Так же учитываются антропометрические, психофизиологические и психологические особенности данной возрастной группы. Тем самым Конкурсное задание и Схема оценки затрагивает не все блоки и поля WSSS.

### ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ КОМПЕТЕНЦИИ ДЛЯ ВОЗРАСТНОЙ КАТЕГОРИИ 10-16 ЛЕТ

Тезисно перечислим эти операции:

- разработка и численное моделирование циклограммы работы бортовых систем спутника
- выбор бортовых приборов и систем



- выбор циклограммы работы режимов ориентации
- расчет энергобаланса на борту
- расчет площади панелей солнечных батарей (СБ)
- расчет требуемой ёмкости аккумуляторных батарей (АБ)
- проверочный расчет энергобаланса на борту
- оценка стоимости проекта.

#### Компоновка спутника в 3D

- Работа в САПР SolidWorks (SW), базовые умения работы с простыми деталями и сборками, понятия центра масс и момента инерции и принципов действий для их приведения к требуемым значениям, умение подготавливать рациональные расчётные 3D-модели изделий, владение общими понятиями об эргономике при сборке и эксплуатации изделия
- умение выполнять сборочные и монтажные чертежи и спецификации;

#### Разработка бортового ПО

- Проектирование архитектуры бортовой информационной сети
- На основе шаблонов кода, реализация требуемого функционала и алгоритмов без привязки к аппаратной части, с использованием открытых библиотек и компиляторов на Python
- Самостоятельная разработка высокоуровневых протоколов обмена, использование открытых высокоуровневых протоколов информационного обмена
- работа в среде разработки Notepad++
- чтение принципиальных электрических схем
- использование интерпретирующего языка Python
- организация тестирования разработанного ПО.

#### Разработка, изготовление, проверка бортовой кабельной сети

- пайка разъемов, жгутовка проводов
- Контроль целостности проводки
- резервирование линий

- контроль надежности пайки
- выбор типа проводки и изоляции
- контроль изоляции, масса проводки
- наличие защиты от КЗ
- наличие экранирования

Автономные испытания бортовых приборов систем управления, ориентации и стабилизации

- Выполнение программы и методика испытаний отдельных приборов (ПМИ).

Калибровка и юстировка датчиков ориентации

- использование имитатора Солнца для испытаний солнечного датчика
- использование имитатора магнитного поля для магнитометра
- использование поворотного стола для датчика угловой скорости
- статистическая обработка результатов измерений
- контроль полей зрения приборов;

Сборка космического аппарата

- умение читать сборочные чертежи, электрические схемы, спецификации и перечни элементов
- соблюдение последовательности сборки
- разработка и изготовление специальной оснастки
- умение пользоваться инструментом, фиксаторами, лаками
- культура производства
- фактическая прокладка кабельной сети
- соответствие фактической конструкции 3D-модели
- знание типов применяемого инструмента для выполнения типовых операций
- выполнения правил техники безопасности

- умение быстро и рационально устранять неисправности и заменять вышедшие из строя блоки и приборы
- знать общие принципы и правила работы в чистых помещениях
- разработка ПМИ аппарата;

#### Комплексные функциональные испытания КА

- Автономные испытания приборов в составе спутника согласно ПМИ
- проведение ПМИ аппарата
- контроль работы датчика отделения основных режимов работы спутника;

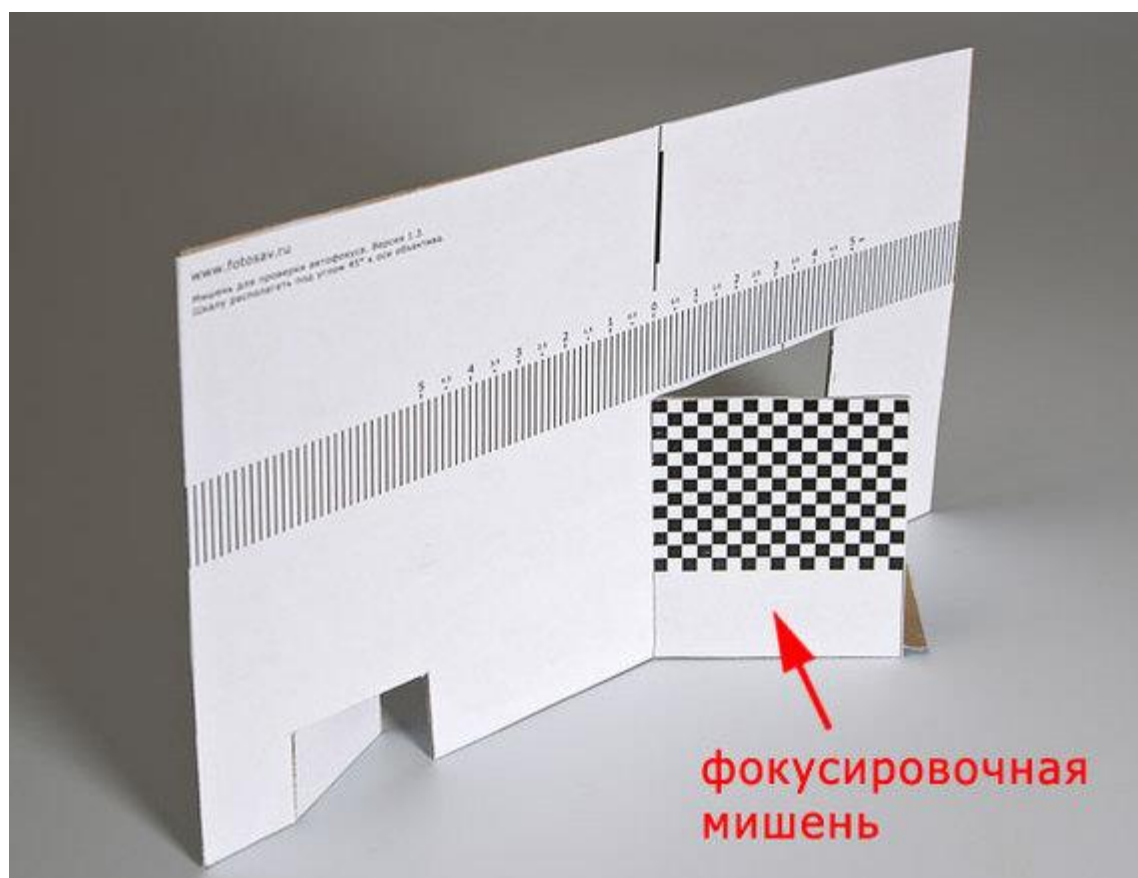
#### Комплексные испытания бортовых систем ориентации и стабилизации

- Адаптация аппарата на аэродинамический подвес
- создание необходимой оснастки
- контроль работы режима системы ориентации, необходимого для выполнения спутником целевой задачи;

#### Обслуживание КА

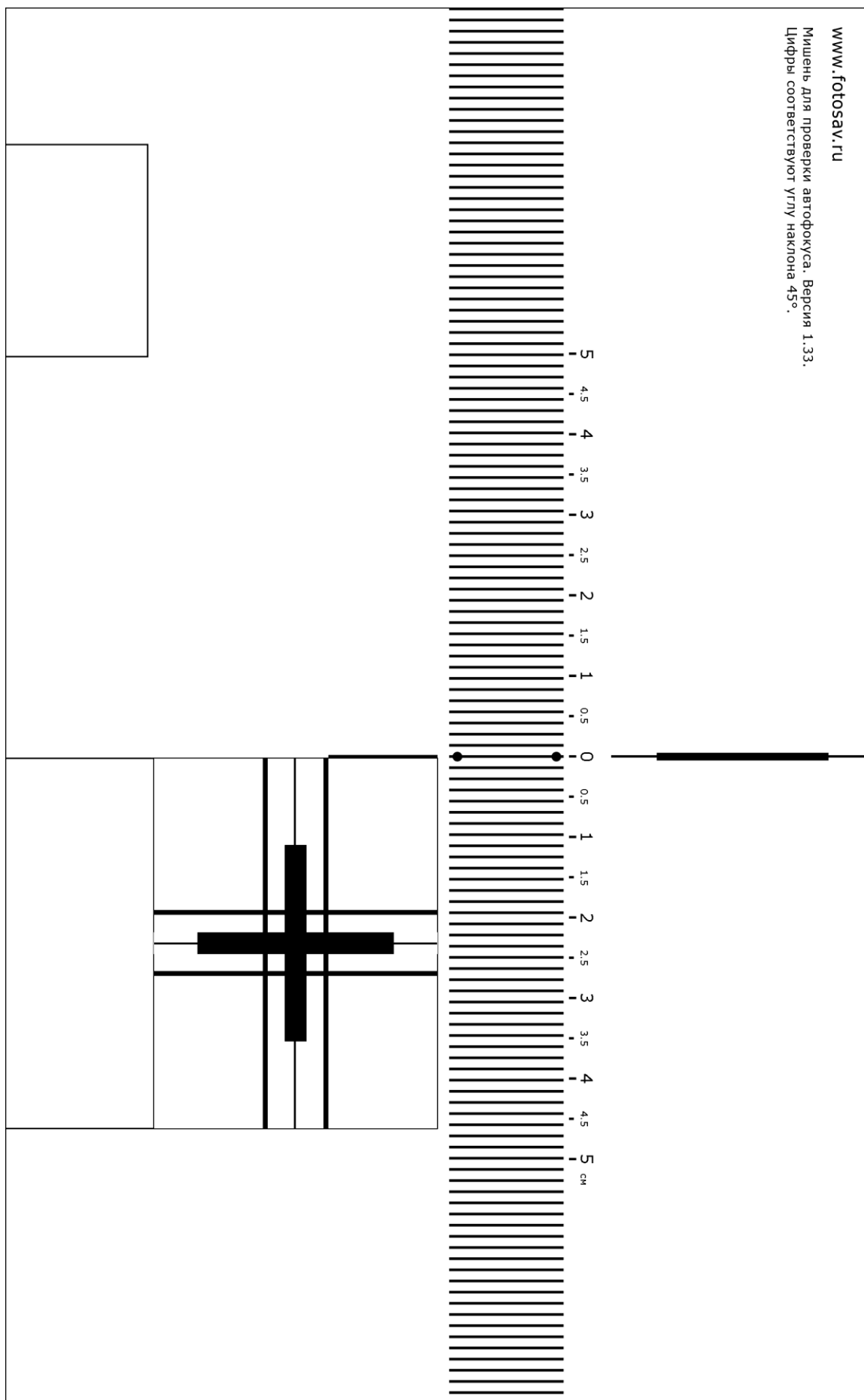
- выполнения правил техники безопасности
- умение быстро и рационально устранять неисправности и заменять вышедшие из строя блоки и приборы, не требующие полной разборки КА
- знать общие принципы и правила работы в чистых помещениях
- уметь «прозванивать» и опрашивать основные цепи и блоки КА через отладочные разъёмы в соответствии с инструкцией.

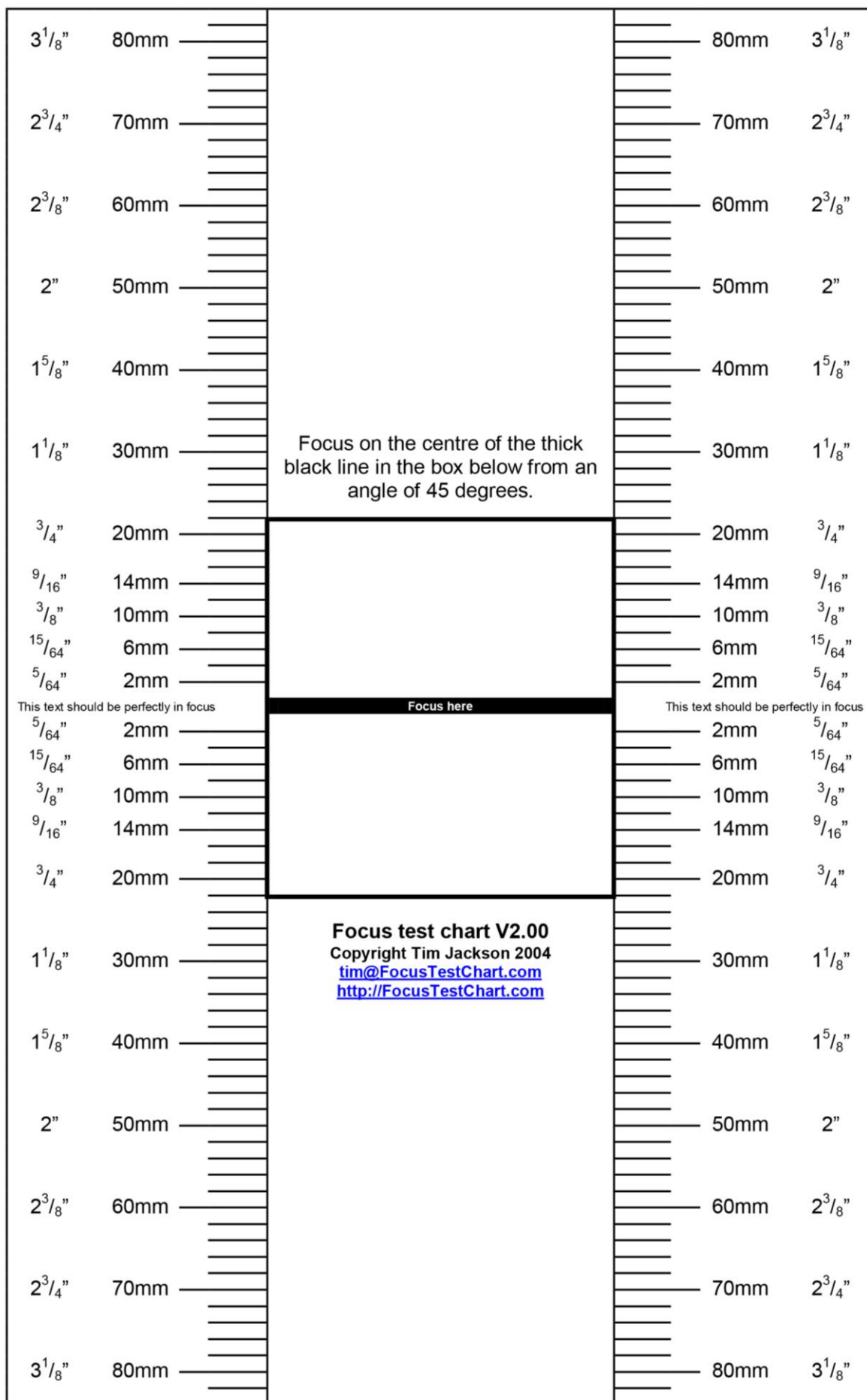
## ПРИЛОЖЕНИЯ К ЗАДАНИЮ



[www.fotosav.ru](http://www.fotosav.ru)

Мишень для проверки автофокуса. Версия 1.33.  
Цифры соответствуют углу наклона 45°.







www.airgunturk.com