

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

«Инженерия космических систем»

Организация «WorldSkills International», согласно резолюции Технического комитета и в соответствии с Конституцией, Регламентом и Правилами конкурса, приняла следующие минимальные требования к данной компетенции для конкурсов «WorldSkills».

Техническое описание включает в себя следующие разделы:

ВВЕДЕНИЕ

КВАЛИФИКАЦИЯ И ОБЪЕМ РАБОТ

КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ НАВЫКАМИ И КОММУНИКАЦИЯ

ОЦЕНКА

ОТРАСЛЕВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО НАВЫКА ПОСЕТИТЕЛЯМ И ЖУРНАЛИСТАМ

Дата вступления в силу:

Разработчик: Национальный эксперт Карпенко Станислав Олегович

(подпись)

Тымчиков Алексей Юрьевич, Технический директор WorldSkillsRussia

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Название и описание профессии (компетенции)

1.1.1 Название профессии (компетенции): инженер космических систем

WSR2016_TD_RU

Дата:

© WorldSkills International (WSI) сохраняет за собой все права на документы, разработанные WSI или от имени WSI, включая перевод и электронное распространение. Этот материал разрешено воспроизводить с целью использования в некоммерческих профессионально-образовательных целях, при условии, что международный логотип «WorldSkills International» и уведомление об авторском праве останутся на своем месте.

1 из 15

Авторское право © «WorldSkills International». Авторские права защищены.

1.1.2. Описание профессии (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 2.0», связанная с созданием силами небольшой команды эффективных недорогих малых космических аппаратов, запускаемых в качестве попутных полезных грузов, 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 грузов 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 а 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.

1.2. Область применения

1.2.1. Каждый Эксперт и Участник обязан ознакомиться с данным Техническим описанием.

1.2.2. В случае возникновения разночтений в версиях Технического описания на разных языках, английская версия превалирует.

1.3. Сопроводительная документация

1.3.1. Поскольку данное Техническое описание содержит лишь информацию, относящуюся к соответствующему профессиональному навыку, его необходимо использовать совместно со следующими документами:

- Правила проведения конкурса
- Онлайн-ресурсы, указанные в данном документе
- Правила техники безопасности и санитарные нормы.

2. КВАЛИФИКАЦИЯ И ОБЪЕМ РАБОТ

Конкурс проводится для демонстрации и оценки квалификации в данной компетенции. Конкурсное задание состоит только из практической работы.

2.1. Требования к квалификации

Участники конкурса должны обладать знаниями и пониманием следующих аспектов, принимая во внимание тот факт, что конкурсное задание может включать в себя любые из приводимых ниже элементов знаний.

Соблюдение общих требований техники безопасности для операций по «инженерии космических систем»

Знание и понимание:

- Безопасное, правильное использование инструментов, обычно используемых для инженерии космических систем;
- Безопасное, правильное использование любого оборудования, обычно используемого для инженерии космических систем.

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ КОМПЕТЕНЦИИ

Тезисно перечислим эти операции (раскрыты будут дальше):

Разработка и численное моделирование циклограммы работы бортовых систем спутника

- выбор параметров потребления бортовых приборов и систем,
- выбор циклограммы работы режимов ориентации,
- выбор коэффициентов управления магнитной системы стабилизации,
- выбор коэффициентов усиления PD-регулятора системы маховичной стабилизации,
- расчет энергобаланса на борту,
- выбор типа фотоэлементов,
- выбор типа аккумуляторов,
- расчет площади панелей солнечных батарей (СБ),
- расчет 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 выполнения сборочных и монтажных чертежей и спецификаций;
- 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++.
- Самостоятельная разработка высокоуровневых протоколов обмена, использование открытых высокоуровневых протоколов информационного обмена.
- Работа в среде разработки Qt/Eclipse или Notepad++.
- Использование GNU tool chains, cross-compiling, GNU make. Оптимальное использование ресурсов аппаратной части. Максимально широкое использование open-source-решений; использование системы контроля версий;
- чтение разработчиком ПО принципиальных электрических схем;
- использование интерпретирующего языка Python. Организация тестирования разработанного встроенного ПО.

Разработка, изготовление, проверка бортовой кабельной сети

- Пайка разъемов, жгутование проводов.
- 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;

Проведение виброиспытаний

- умение готовить программу испытаний;
- Подготовка оснастки для проведения испытаний;
- установка аппарата на стенде, умение выбирать места установки датчиков при их ограниченное число;
- контроль проведения виброиспытаний согласно Документу контроля интерфейсов с носителем (ДКИ);
- умение интерпретировать результаты при сравнении их с теоретической информацией;
- проведение ПМИ после испытаний;

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 «прозванивать» и опрашивать телеметрию 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 «прозванивать» и опрашивать телеметрию основных цепей и блоков КА через отладочные разъёмы в соответствии с инструкцией после установки на адаптер;
- исполнение четких инструкций предстартовой подготовки;

2.2. Теоретические знания

2.2.1 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
- Околосредная космическая среда
- Программирование на C/C++
- 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

2.2.2. Знание правил и постановлений не проверяется.

2.3. Практическая работа

Ниже перечислены технические навыки, необходимые участнику конкурса для самостоятельного выполнения конкурсных задач:

- Умение использовать паяльную станцию в объеме, достаточном для сборки кабельной сети МКА;
- Навыки работы в чистых комнатах класса 10000;
- Умение использовать проверочную аппаратуру (тестер, осциллограф, спектроанализатор и пр.) для проверки качества электрического монтажа;
- Умение выявлять и исправлять неисправности электрооборудования с использованием проверочной аппаратуры;
- Умение составить программу испытания по электрическим параметрам в объеме, достаточном для оценки работоспособности собранного МКА;
- Умение использовать оборудование для виброиспытаний;
- Умение найти нужные ГОСТы в области проектирования КА, понимание системы соответствий между российскими ГОСТами и аналогичными европейскими нормами в области проектирования, испытания КА и подсистем;
- Умение работать с программным обеспечением Solid Works, Autodesk Inventor, Компас 3D или аналогичным в объеме, достаточном для конфигурирования параметров программного обеспечения и выполнения расчетов средней сложности;
- Умение работать с программным обеспечением численного моделирования MatLab, SciLab;

- Чтение рабочих чертежей, соответствующих ГОСТам или аналогам;
- Умение программировать на языке C/C++

3. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ

3.1. Формат и структура Конкурсного задания

По своему формату, Конкурсное задание представляет собой серию модулей.

- Инструкции для участников конкурса должны быть составлены в письменной форме, в едином стиле и формате.

3.2. Требования к проекту Конкурсного задания

Формулировка конкурсного задания для космических инженеров

Задание выдается заранее и корректируется на 30% на месте.

Необходимо спроектировать, собрать из стандартных компонент, а затем испытать на специальном стенде функциональный макет микроспутника, предназначенного для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Описание стандартного набора компонент «ОрбиКрафт», из которых собирается спутник, представлено здесь: <http://wiki.orbicraft.ru/doku.php>. Описание стенда, в составе которого должны быть проведены испытания макета, приведено здесь: http://sputnix.ru/ru/products/test-stands-system/item/244-adcs_stands_sx_25_ru

В качестве профессиональной альтернативы набору «ОрбиСат», может быть использован стандартный набор компонент «Таблетсат-Аврора-LL» и комплексе со стендом полунатурного моделирования SX-150 (<http://sputnix.ru/ru/products/test-stands-system/item/259-facility-gnd-120-ru>).

Далее в описании по умолчанию всюду подразумевается наличие набора «ОрбиСат» или «Таблетсат-Аврора-LL». Если пункт задания имеет отношение только к «Таблетсат-Аврора-LL», это оговаривается отдельно.

В качестве полезной нагрузки на микроспутник, макет которого собирается во время конкурса, должна быть установлена камера дистанционного зондирования (ДЗЗ) среднего разрешения с заданными характеристиками, собираемой из нескольких (от 1 до 4) идентичных независимых оптико-электронных систем (ОЭС), каждая из которых представляет собой независимый модуль с характеристиками:

- Тип сенсора: матрица KLI-08050, формат 3296x2472, пиксель 5.5x5.5 мкм
- Число спектральных каналов: 1 (430..950 нм)
- Разрешение в надир (проекция пикселя) с высоты 600 км, м: 15.6
- Ширина полосы захвата, км: 51 (кадр 51x38 км);
- Рабочие углы Солнца, градусы: 5 — 90° ;
- Отношение сигнал/шум при угле Солнца 30° : не менее 130;
- Фокусное расстояние объектива: 210 мм;
- Диаметр входного зрачка объектива: 26 мм;
- Геометрическое относительное отверстие объектива: 1:8;
- Полный угол поля зрения объектива: 6.16° ;
- Разрядность АЦП: 12 бит;
- Рабочий диапазон температур: минус 10° С..+40° С;
- Объем внутреннего ЗУ: 64 Гбит;
- Скорость заполнения ЗУ: до 60 Мбит/сек;

- Передача данных целевой информации на физическом уровне: LVDS (ANSI/TIA/EIA-644-A);
- Интерфейс командного управления: CAN2B (1МБит/сек);
- Масса блока электроники: 1.5 кг;
- Масса объектива с блендой: 1.0 кг;
- Габариты: 92.5x92.5x292 мм
- Напряжение питания: 12 В
- Энергопотребление: 8 Вт пиковое потребление, 1 Вт дежурный режим.

Для работы каждой команде выдается, вместе с заданием, за 3 месяца до конкурса, 3D-модель полезной нагрузки, а также предлагается выбрать бортовые системы из перечня, из которых требуется собрать спутник, с документацией на них. Количество устанавливаемых на аппарат блоков ОЭС определяется жребием. Команде также озвучивают используемый для попутного запуска способ (попутный запуск на РН «Днепр», попутный запуск на РН «Союз-2» в составе РБ «Фрегат», запуск «Союз-2» составе ТГК «Прогресс»).

В течение срока подготовки (3 месяца до соревнований) команда:

- выполняет компоновку спутника,
- готовит системный проект аппарата (циклограмма работы, его основные проектные параметры),
- разрабатывает бортовой софт для организации работы по циклограмме,
- готовит предварительную программу испытаний на вибростенде на основе знаний о собственном аппарате, используемом носителе, а также о составе испытательной аппаратуры на месте проведения соревнований;

При моделировании предлагается использовать модели бортовых приборов любых производителей (SSTL, ClydeSpace, AeroAstro, ISIS, SPUTNIX и т.д.) или собственной разработки в любом количестве. Имеются следующие ограничения:

- По маховикам: управляющий момент до 0.05 Нм, максимальный кинетический момент до 0.6 Нмс, масса одного исполнительного органа до 0.8 кг, энергопотребление в пике до 50 Вт;
- По электромагнитным катушкам: магнитный момент до 6 Ам², масса до 0.5 кг, длина до 350 мм;
- По бортовому компьютеру: масса не больше 0.4 кг, габариты не больше 300x300x200 мм, потребление не более 5 Вт;
- По солнечным датчикам: точность выдаваемого орта направления на Солнце не хуже 1 град, масса не больше 0.2 кг, габариты не больше 40x40x40 мм;
- По датчикам угловой скорости: точность по трем осям не хуже 0.01 град/сек; диапазон измерений не хуже +-10 град/сек; масса до 200 гр, габариты до 200x200x100 мм;
- по магнитометру: точность по трем осям не хуже 50 нТл, диапазон не хуже +-60000 нТл; масса не больше 0.2 кг, габариты не больше 200x200x100 мм;
- По системе энергоснабжения: суммарная мощность для борта до 250 Вт; наличие телеметрируемых параметров; наличие датчиков температуры; возможность подключения до 6 нагревателей мощностью до 5 Вт каждый;
- По аккумуляторным батареям: суммарная емкость не более 50 Ач;
- По УКВ-приемопередатчику и антенне: диапазон 145..146 и/или 435...438 МГц, потребление в пике (на передачу) не больше 10 Вт, мощность излучения 0.5..2 Вт; скорость приема и передачи данных до 9600 бит в сек; возможность формирования и передачи сигнала маяка (в телеграфном или цифровом режиме); должен быть совместим с собственным наземным ЦУПом;
- По высокоскоростному передатчику: время непрерывной работы до 10 мин; потребляемая мощность до 100 Вт; скорость передачи данных до 350 Мбит/сек;
- По коммутаторам питания: токи до 5 А, защита от короткого замыкания, напряжения 5, 12, 27 В;
- По бортовому навигатору: точность определения местоположения на орбите не хуже 12 м, масса до 0.5 кг, габариты до 300x300x100 мм;

- По конструкции: суммарная масса элементов кон до 15 кг. Материал: АМГ6, композиты, сотопанели.

Следует отметить, что исходные данные, полученные командой заранее, достаточны для разработки эскизного проекта космического аппарата.

Непосредственно перед началом соревнований часть исходных данных будет изменена. Как следствие, это приведет к необходимости внести изменения в конструкцию, циклограмму работы, бортовое программное обеспечение. Именно внесение изменений в уже готовый проект и их реализация в «железе» из компонентов специального спутника-конструктора на месте соревнований является основным предметом соревновательной активности: какая команда сделает это быстрее, полноценнее, качественнее, при обеспечении максимальной эффективности своего проекта для конечного пользователя, та и выиграет соревнования.

Непосредственно перед соревнованиями каждой команде выдается стандартный набор спутника-конструктора «ОрбиСат» (или «Таблетсат-Аврора-LL») для создания функционального макета создаваемого спутника. Озвучиваются следующие вводные для реального спутника:

- параметры орбиты спутника: в любом случае она остается низкой круговой, высота может измениться в диапазоне 500..800 км,
- географическое положение и число центров управления полетом (ЦУП): задается число (от 1 до 3) и географические координаты каждого из ЦУПов;
- количество и географическое положение объектов для съемки разрабатываемым спутником: задается число (от 1 до 3) и координаты каждого из этих мест;

В конечном итоге, разработанный и смоделированный с учетом новых вводных данных аппарат должен быть максимально производительным (эффективным): обеспечить получение Центрами управления полетом максимально оперативно как можно большего количества изображений заданных географических областей в течение заданного срока активного существования. Важно подчеркнуть, что данный параметр подтверждается расчетным путем в конце соревнований судейской командой, основываясь на результатах проектирования и наземных испытаний созданной инженерной модели спутника.

При этом разработанный и собранный во время конкурса из конструктора «Орбисат» (или «Таблетсат-Аврора-LL») функциональный макет аппарата должен пройти испытания на стенде полунатурного моделирования, на вибростенде (только в случае «Таблетсат-Аврора-LL») и подтвердить свою работоспособность. Собранный макет должен продемонстрировать на стенде полунатурного моделирования работу по циклограмме «съемки Земли из космоса», подобной разработанной для реального спутника. В случае использования «Таблетсат-Аврора-LL», макет фактически создается из «железа», функционально идентичного летным образцам, и подвергается механическим испытаниям, согласно требованиям оператора соответствующей ракеты-носителя.

В качестве исходных данных организаторами за 3 месяца до проведения соревнований также предоставляются:

- Документ контроля интерфейсов (ДКИ), требуемый для интеграции будущего аппарата на борт носителя "Днепр" или «Союз-2»; в нем указаны в том числе максимально допустимая масса и габариты спутника, требования к его механическим интерфейсам, вибро- и ударостойкости, описание процедур для интеграции аппарата на носитель.
- заготовки бортового ПО для бортового вычислителя, реализующего ряд режимов работы и алгоритмов (не привязан к аппаратной части).

Модульность соревнований

Участник конкурса должен продемонстрировать диапазон умений в области *инженерии космических систем*. Необходимо подготовить как минимум *пять (5) или шесть (6) модулей*, в зависимости от наличия на площадке специального оборудования.

Модуль 1. Проектирование спутника

Системный инженер рассчитывает количество сеансов съемки, количество сеансов связи с использованием ПО типа STK (https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_Tool_Kit). оценивает циклограмму работы спутника на орбите с учетом полученных исходных данных. На основании информации о полученной циклограмме работы бортовых систем рассчитывает циклограмму работы системы энергопитания (СЭП) с использованием *SputnixSatelliteModeler (SSM)* (<http://sputnix.ru/ru/technologies/numerical-simulation>) и приложения *OBControl*. По этим данным он вместе с инженером-электронщиком оценивает параметры аккумуляторной батареи, размеры солнечных батарей.

После выполнения численного моделирования и коррекции параметров аккумулятора, панелей СБ, инженер-конструктор выполняет в ПО типа *SolidWorks* корректировку сборки 3D-модели аппарата, созданной заранее (тремя месяцами ранее). После этого он приступает к разработке 3D-модели функционального макета спутника-конструктора («Орбитсат» или «Таблетсат-Аврора-LL»), используя предоставленные в качестве исходных данных 3D-модели всех имеющихся в распоряжении приборов и систем. При компоновке он, как и в случае с настоящим спутником, стремится максимально учесть требования соотношения моментов инерции, положения центра масс (для проведения испытаний на стенде полунатурного моделирования), обеспечения полей зрения датчиков ориентации и других требований, специфичных для выполняемой спутником задачи.

Программист разбирается архитектурой бортового программного обеспечения, средой разработки, способом сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения.

После изменения компоновки реального аппарата в 3D, специалист по системе ориентации и стабилизации выполняет численное моделирование движения спутника по орбите с использованием открытого программного обеспечения *SSSR*, 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 должны будут 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.

Судьями контролируется правильность компоновки реального спутника в 3D, а также компоновки функционального макета, с точки зрения работы бортовых систем и проведения испытаний на аэродинамическом подвесе; наличие и качество проекта бортовой кабельной сети; правильность составления расчетных моделей в ПО *SSM*; наличие технологической карты сборки аппарата; результат расчета коэффициентов управления PD-регулятора; результат расчетов работы магнитной системы стабилизации; адекватность составления циклограммы работы спутника на орбите и соответствующая бортовая программа для наземных автономных «настольных» испытаний макета; оценка стоимости спутника. Проверяется качество кода системного программиста.

Каждая команда заполняет отчет вида как в Приложении 2, 3, 4.

Модуль 2. Сборка спутника

Перед сборкой спутника программист проводит автономные тестирования блоков спутника с использованием ПО Центра управления полетом (из состава «ОрбиСат» или «Таблетсат-Аврора-LL»), собственных заготовок ПО и примеров «из коробки» конструктора «ОрбиСат» («Таблетсат-Аврора-LL»), а также собственных примеров, разработанных во время выполнения Модуля 1. После этого он приступает к реализации бортовой циклограммы работы, а также к настройке бортовых алгоритмов ориентации и стабилизации, которые впоследствии нужно будет проверить на стенде полунатурного моделирования.

Конструктор проверяет и документирует проект бортовой кабельной сети, в частности, указывая длину кабелей, требуемую распиновку. Затем он вместе с электронщиком выполняет ее изготовление (большинство кабелей – под обжим, три самых длинных – под пайку).

После этого начинается сборка аппарата, для чего работа переносится в «чистую комнату» (условно чистая комната с ограничением доступа и требованием соблюдать правила нахождения в чистой комнате класса 100000). Все необходимые приборы, конструктив, крепеж, инструмент и вспомогательная оснастка заносятся в чистую комнату. Здесь конструктор с электронщиком собирают спутник на столе в соответствии с ранее разработанной моделью, согласно технологической карте сборки.

Все работы ведутся по правилам работ в чистых комнатах класса 10000. Судьями контролируются заполнение бланков программ и методик испытаний, качество изготовления кабелей (пайка, наличие термоусадки, наличие маркировки) и кабельной сети (хомутовка), правильность финальной сборки аппарата (соответствие чертежам), соответствие последовательности сборки технологической карте; соответствие кабельной сети документации; использование заземляющих браслетов, наличие халатов и шапочек, бахил; снятие и установка предохранительных кожухов. Итог: макет спутника полностью собран и находится в чистой комнате.

Команды заполняют отчеты как в Приложении 5, 6.

Модуль 3. Автономные испытания аппарата

Программист выполняет пошаговое тестирование всех бортовых приборов в составе макета, используя разработанное им «стендовое» ПО. Далее аппарат тестируют «на столе» по заложенной программистом циклограмме работы: маховики крутятся, передатчик передает, приемник принимает, камера снимает, СЭП работает, батареи разряжаются и заряжаются, солнечный датчик реагирует на свет, датчик угловой скорости адекватно измеряет угловую скорость.

Далее программист прошивает на борт все коэффициенты управления, выбранные в процессе численного моделирования. Затем занимается составлением блок-схемы работы бортового ПО, реализующего циклограмму работы во время комплексных испытаний КА.

Опциональное задание: ремонт электромагнитной катушки. Электромагнитную катушку магнитной системы стабилизации потребуется отремонтировать. Прибор проверяется электронщиком автономно, с использованием

специального блока управления, осциллографа и магнитометра, с целью определить ее собственный магнитный момент.

Судьями контролируется правильность контроля работоспособности всех приборов по отдельности в соответствии с программой-методикой испытаний (ПМИ), результат ремонта электромагнитной катушки (опционально), правильность заполнения форм ПМИ; наличие оформленной блок-схемы работы бортового ПО.

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

Модуль 4. Функциональные испытания. Оценка возможности выполнения спутником поставленной задачи

Функциональный макет спутника выносят из «чистой» комнаты и устанавливают на стенд полунатурных испытаний (аэродинамический подвес), пока неподвижно. Затем участники контролируют на неподвижном стенде:

- ▲ Правильность установки датчиков ориентации и исполнительных элементов: адекватность, размерность единиц и правильность показания направления на источник света (прожектор) в измерениях солнечных датчиков; адекватность, правильность размерности единиц, и правильность измерений датчика угловой скорости (неподвижный спутник, спутник равномерно вращается), а также и магнитометра (с включенным вдоль заданного направления имитатором магнитного поля стенда полунатурных измерений); адекватность работы электромагнитных катушек бортовой магнитной системы стабилизации (правильная полярность); адекватность, управляемость двигателя-маховика (правильность направления вращения маховика, адекватность измерений скоростей вращения и частоты их выдачи).
- ▲ *Опционально:* собственную намагниченность аппарата: программист, электронщик и конструктор определяют собственное магнитное поле аппарата и потенциальные источники магнитного поля внутри него; вносят соответствующие поправки в бортовое ПО измерений бортового магнитометра;

Затем аэроподвес опускают и приступают к испытаниям на подвижном стенде:

- проверяют балансировку макета на аэроподвесе: если положение центра масс выше центра вращения, дальше испытания можно не проводить, т.к. ничего не получится;
- включают магнитное поле, проверяют работоспособность магнитной системы демпфирования угловой скорости;
- включают прожектор и контролируют правильность реакции системы управления на источник света (должен начать разворачиваться на аэроподвесе в нужную сторону с использованием маховиков);
- проверяют правильность работы системы определения ориентации спутника по трем осям по показаниям магнитометра и солнечного датчика,
- проверяют возможность разворота макета в заданном направлении с использованием маховиков: задают целеуказание, контролируют скорость разворота на аэроподвесе; точность удержания цели после отработки требуемого разворота.
- работу бортовой системы управления по циклограмме: разворот, фотографирование, передачу фотографии на Землю в Центр управления полетом.

- качество изображения, полученного с камеры: ориентация, четкость,
- число хороших изображений, полученных за заданный интервал времени.

Судьи контролируют качество балансировки макета на аэроподвесе; точности измеряемых величин путем сравнения с эталонами; количественные параметры работы системы управления (быстродействие, точность), качество и объем полученных с «борта» данных камеры.

В случае использования функционального макета «Таблетсат-Аврора-LL», командой может быть выполнено дополнительное задание – проведение виброиспытаний аппарата на вибростенде МРА102-L620М в соответствии с заранее составленной программой, с целью определить его собственные частоты колебаний и сравнить полученные результаты с требованием оператора ракеты-носителя, выбранного для запуска. В этом случае судьи анализируют адекватность программы виброиспытаний, а также соответствие полученных результатов требованиям документа контроля интерфейсов (ДКИ) выбранной заранее ракеты-носителя.

Модуль 5. Оценка стоимости проекта. Качество оформления документации. Культура производства

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 Small Satellite Cost Model (<http://www.aerospace.org/research/space-systems-infrastructure/small-satellite-cost-model/>), формулы которой предоставляются участникам. Оценивается стоимость разработки, изготовления, наземных испытаний, запуска и эксплуатации первого опытного образца малого спутника, а также стоимость его отдельных подсистем. Результаты расчета должны быть оформлены в виде отчета, см. Приложение 7.

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.

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

Модуль 6. Интеграция на ракету-носитель

В случае использования макета «Таблетсат-Аврора-LL», испытанный функциональный макет спутника интегрируют на адаптер ступени РН, установив на специальное посадочное место (у каждой команды свое).

Модуль 6. Адаптация на ракету-носитель

Важно установить аппарат в соответствии с документацией на адаптер и соблюдая все правила безопасности, чтобы не повредить остальные спутники и имитаторы пиропустройств системы отделения.

В финале собранный проверенный и заряженный спутник установлен на ступени РН, после чего команда может считать работу выполненной.

Контролируются соответствие установки документации, культура проведения работ, а именно: работа в перчатках, халатах, шапочках, безопасная работа со стендами, соблюдение требований документации и т.д.

3.3. Разработка конкурсного задания

Конкурсное задание необходимо составить по образцам, представленным «WorldSkills International» (<http://www.worldskills.org/competitionpreparation>). Используйте для текстовых документов образец в формате Word, а для чертежей – образец в формате DWG.

Время	Вид деятельности
За 12 месяцев до конкурса	По возможности, Организатор конкурса дает рекомендации относительно назначения собираемого космического аппарата, состава задания, используемого носителя, а также состава наземных средств испытаний.
За 4 месяца до конкурса	Группа разработчиков заданий разрабатывает пять или шесть модулей конкурсного задания. Модули отбираются Экспертами на Дискуссионном форуме forum.worldskills.ru
За 3 месяца до конкурса	Выбранное конкурсное задание обнародуется на веб-сайте www.worldskills.ru
Во время конкурса	Эксперты вносят и утверждают 30% изменение конкурсного задания.

3.3.1. Кто разрабатывает конкурсные задания / модули

Конкурсные задания / модули разрабатывает:

Для участия в группе разработки задания отбирается небольшая группа заинтересованных в такой работе Экспертов. Участники группы выбирают кого-либо из своего числа лидером группы. В группе разработки должен участвовать Эксперт из страны-хозяйки конкурса.

3.3.2. Как и когда разрабатывается конкурсное задание / модули

Конкурсные задания / модули разрабатываются совместно на Дискуссионном форуме forum.worldskills.ru Группой разработки.

3.3.3. Когда разрабатывается конкурсное задание

Конкурсное задание разрабатывается: За 4 месяца до текущего конкурса.

3.4. Схема выставления оценок за конкурсное задание

Каждое конкурсное задание должно сопровождаться проектом схемы выставления оценок, основанным на критериях оценки, определяемой в Разделе 5.

3.4.1. Проект схемы выставления оценок разрабатывает лицо (лица), занимающееся разработкой конкурсного задания. Подробная окончательная схема выставления оценок разрабатывается и утверждается всеми Экспертами на конкурсе.

3.4.2. Схемы выставления оценок необходимо подать в CIS (Информационная система конкурса) до начала конкурса.

3.5. Утверждение конкурсного задания

Группа экспертов разрабатывает пять модулей и шкалу выставления оценок согласно данным производителя по методам ремонта. Эти модули будут обнародованы для тренировок участников.

3.6. Выбор конкурсного задания

Выбор конкурсного задания происходит следующим образом:

Выбор конкурсного задания совершается посредством голосования Экспертов на Дискуссионном форуме за 4 месяца до конкурса. После того, как модули конкурсного задания будут разработаны Группой разработки конкурсного задания, они будут размещены на Дискуссионном форуме для обсуждения. Комментарии и обсуждение будут приняты в расчет при утверждении окончательной версии модулей конкурсного задания.

3.7. Обнародование конкурсного задания

Конкурсное задание обнародуется на веб-сайте www.worldskills.ru за три месяца до текущего конкурса.

3.8. Согласование конкурсного задания (подготовка к конкурсу)

Согласованием конкурсного задания занимаются Главный эксперт и Заместитель главного эксперта.

3.9. Изменение конкурсного задания во время конкурса

Если информация о проекте обнародуется заранее, то в задание будут внесены 30% изменений. Эти изменения определяются Экспертами в период подготовки конкурса. Однако же, если подробная информация не обнародуется или подлежит уточнению, то такая информация будет составлять часть 30% изменения.

3.10. Свойства материала или инструкции производителя

Организатор конкурса обязан проинформировать Главного эксперта за 12 месяцев до начала конкурса о номенклатуре используемого на конкурсе оборудования, материалов, образцов и т.п., которые будут представлены для конкурса, с тем, чтобы группа разработчиков могла начать составление заданий.

Насколько это возможно, номенклатура должна быть «международной».

Технический координатор размещает необходимую техническую информацию (инструкции для оборудования, материалов и т.п.) в Инфраструктурном списке сразу же после утверждения номенклатуры.

Список имеющихся в наличии уникальных расходных материалов должен быть размещен в Инфраструктурном листе с фотографиями и номерами артикулов сразу же после утверждения такого списка.

4. УПРАВЛЕНИЕ НАВЫКАМИ И КОММУНИКАЦИЯ

4.1. Дискуссионный форум

До начала конкурса все обсуждения, обмен сообщениями, сотрудничество и процесс принятия решений по какому-либо профессиональному навыку происходят на дискуссионном форуме, посвященном соответствующей специальности (<http://forum.worldskills.ru>). Все решения, принимаемые в отношении какого-либо навыка, имеют силу лишь, будучи принятыми на таком форуме. Модератором форума является Главный эксперт (или Эксперт, назначенный на этот пост Главным экспертом). Временные рамки для обмена сообщениями и требования к разработке конкурса устанавливаются Правилами конкурса.

4.2. Информация для участников конкурса

Всю информацию для зарегистрированных участников конкурса можно получить на сайте <http://www.worldskills.ru>.

Такая информация включает в себя:

- Правила (Регламент) конкурса
- Технические описания
- Конкурсные задания
- Другую информацию, относящуюся к конкурсу.

4.3. Конкурсные задания

Обнародованные конкурсные задания можно получить на сайте forum.worldskills.ru

4.4. Текущее руководство

Текущее руководство определяется в Плане работы на площадке чемпионата, который составляет Группа управления компетенцией, возглавляемая Главным экспертом. Группа управления компетенцией состоит из Председателя жюри, Главного эксперта и Заместителя Главного эксперта. План работы на площадке чемпионата разрабатывается за 6 месяцев до начала конкурса, а затем окончательно дорабатывается во время Конкурса совместным решением Экспертов. С Планом работы на площадке чемпионата можно ознакомиться на сайте www.worldskills.ru

5. ОЦЕНКА

В данном разделе описан процесс оценки конкурсного задания / модулей Экспертами. Здесь также указаны характеристики оценок, процедуры и требования к выставлению оценок.

5.1. Критерии оценки

В данном разделе определены критерии оценки и количество выставяемых баллов (субъективные и объективные). Общее количество баллов по всем критериям оценки составляет 100.

Раздел	Критерий	Оценки		
		Субъективная (если это применимо)	Объективная	Общая
A	Твердотельное моделирование	0	10	10
B	Сборка и оценка характеристик	0	15	15
C	Автономные испытания	0	20	20
D	Возможность выполнения спутником поставленной задачи	0	25	25

Е	Оценка стоимости проекта. Качество оформления документации. Культура производства	10	20	30
Итого				100

5.2. Субъективные оценки

Оценки выставляются по шкале от 1 до 10. Оценка «10» выставляется, если задание выполнено полностью и правильно. Оценка «0» выставляется, когда участник не приступал к выполнению задания. Отрицательный балл: штраф за ошибку при выполнении задания, которая приведет усугубит проблему по сравнению с ситуацией, когда ее лучше вообще не пытаться решать.

5.3. Критерии оценки мастерства

Эксперты подготавливают аспекты критерия.

Регламент выставления оценок по конкурсному заданию (используется жюри конкурса) должен включать в себя критерии оценки и все объяснения вычета баллов (штрафные очки).

Далее перечислен перечень оцениваемых критериев.

А. Твердотельное и численное моделирование

А.1 Правильность компоновки с точки зрения работы бортовых систем				
Суть	Подход	Точки	Баллы	Примечание
Контроль правильности компоновки с точки зрения работы бортовых систем	Экспертная оценка	0 – больше двух приборов установлены неверно 1 – один из приборов установлен неправильно 2 – все приборы установлены правильно	2	Солнечные датчики, маховики, электромагнитные катушки, магнитометр и ДУС
Точность положения центра масс в 3D-модели	Количественная оценка	0 – отклонение центра масс от оси вращения больше 20 мм 1 - отклонение центра масс от оси вращения больше 10 мм и меньше 20 мм 2 - отклонение центра масс от оси вращения менее 10 мм и больше 5 мм 3 - отклонение центра масс от оси вращения менее 5 мм	2	Отклонение ЦМ от оси вращения, важно для балансировки на аэроподвесе
Наличие и качество исполнения проекта бортовой	Экспертная оценка	0 – проект не оформлен, 1 – проект есть, есть ошибки	2	Схема соединения

кабельной сети		2 - проект есть, ошибок нет		приборов на борту кабельной сетью
Моделирование элементов каркаса спутника	Экспертная оценка	0 – нет модели 1 – модель есть, есть ошибки 2 - модель есть, ошибок нет	2	Почти все элементы сборки предоставляются в готовом виде, но несколько элементов придется нарисовать на месте.
Контроль правильности компоновки с точки зрения испытаний на аэроподвесе	Количественная оценка	0 – нет осей связанной системы координат 1 – оси связанной системы координат выбраны неверно 2 – оси связанной системы координат выбраны верно	3	Оси должны быть обозначены, центр координат в центре вращения
Симметричность компоновки 3D-модели (тензор инерции)	Количественная оценка	0 – недиагональные элементы тензора составляют более 15% от минимального диагонального элемента 1– недиагональные элементы тензора составляют менее 15%, до больше 5% от минимального диагонального элемента 2 – недиагональные элементы тензора составляют менее 5%	2	Относительно связанной СК
А.2 Правильность составления численных моделей в ПО Spurnix Satellite Modeler				

Правильность ввода исходных данных	Контроль заполнения полей	0 – хотя бы одно поле заполнено неверно 1 – все заполнено неверно, не все параметры контролируются при моделировании 2 – все заполнено правильно, все графики контролируются	2	См. Руководство Пользователя. ПО можно скачать и изучить заранее
Правильность выбора коэффициентов маховичной стабилизации PD-регулятором	Количественная оценка	0 – спутник не стабилизируется 1 – спутник стабилизируется больше пол часа 2 - спутник стабилизируется больше чем за 15 мин, но меньше чем за полчаса 3- спутник стабилизируется менее чем за 15 мин	3	См. Руководство Пользователя. Нужно построить графики, см. Приложение 8
Правильность определения моментов включения и выключения камеры и передатчика	Количественная оценка	0 – погрешность определения времени больше 5 минут 1 - погрешность определения времени меньше 5 минут, больше 30 сек 2 погрешность определения времени меньше 30 сек	2	По результатам баллистических расчетов
Выполнение моделирования циклограммы работы системы энергопитания с учетом требований к ПН	Количественная оценка	0 – моделирование не выполнено 1 – выполнено, не учтена работа полезной нагрузки по циклограмме 2 - выполнено, учтена работа полезной нагрузки по циклограмме	2	Кроме постоянно работающих бортовых систем, нужно учесть включение и выключение ПН в требуемые моменты времени
Правильность	Количественная	0 – отрицательный энергобаланс	3	Требуется

коррекции параметров сист.энергопитания с учетом имеющихся ограничений по энергобалансу	оценка	1 – энергобаланс нулевой, глубина просадки АБ больше 40%, меньше 50% 2– энергобаланс нулевой, глубина просадки АБ больше 20%, меньше 30% 3– энергобаланс положительный, глубина просадки АБ не больше 20%		отчет, Приложение 9
---	--------	---	--	------------------------

В. Автономные испытания бортовых систем спутника

В.1 Автономные испытания приборов микроспутника				
Суть	Подход	Точки	Баллы	Примечание
Автономные испытания и калибровка солнечных датчиков	Количественная оценка	0 – ни один датчик не испытан 1 – один датчик испытан 2 – два датчика испытано 3 – три датчика испытаны 4 – четыре датчика испытаны	4	Испытан значит – засвечен солнцем, откалиброван. Отчет см. Приложение 10
Автономные испытания датчика угловой скорости	Количественная оценка	0 – не испытан 1 – включен, не откалиброван 2 – включен, откалиброван	2	Откалиброван значит – есть формула пересчета из единиц показаний в град/сек
Автономные испытания маховика	Количественная оценка	0 – не испытан 1 – включен, не откалиброван 2 – включен, откалиброван	2	Откалиброван значит – есть формула пересчета из единиц показаний в об/мин
Автономные	Экспертная	0 – не включена	2	Качество

испытания камеры	оценка	1 – включена, снимки некачественные 2 – включена, снимки качественные		означает четкость и нормальную засветку изображений
Автономные испытания высокоскоростного Передатчика	Экспертная оценка	0 – не включен 1 – включен, ничего не передал 2 - включен, передал свежий снимок с камеры	2	Настольные испытания
В.2 Изготовление бортовой кабельной сети				
Разработка принципиальной схемы соединений приборов на борту	Экспертная оценка	0 – схемы нет 1 – схема есть, есть хотя бы серьезная ошибка 2 - схема есть, есть незначительные ошибки 3 - схема есть, без ошибок	3	Значительная ошибки – то, что заведомо приведет к неработоспособности схемы и порче оборудования. Незначительные ошибки – работать будет, но есть потенциальные проблемы;
Изготовление кабелей из шлейфов путем обжимки Разъемов	Экспертная оценка	0 – хотя бы одно соединение согласно принципиальной схеме отсутствует 1 – все соединения есть	1	Контролируется на заданный момент хода конкурса
Качество пайки кабелей бортовой кабельной сети	Экспертная оценка	0 – не спаяно вовсе, или кабель неработоспособен, с угрозой для соединяемых приборов 1 – спаяно, кабель неработоспособен, без угрозы для соединяемых приборов, 2 – кабель работоспособен, спаяно	3	Непропай, сопли, КЗ, ошибка в распиновке, непровон

		некачественно 3– кабель работоспособен, спаяно хорошо		
Наличие термоусадки на изготавливаемых кабелях	Экспертная оценка	0 – нет термоусадки 1 – есть термоусадка только на соединительных проводах 2 – есть термоусадка как на проводах, так и на жгутах	2	
Соответствие распайки документации	Экспертная оценка	0 – не соответствует схеме, 1 – соответствует схеме, не соответствует по длине кабелей (отличается на более чем на 15%) 2 – соответствует, длина кабелей не отличается больше чем на 15% от документации	2	
Экономное использование материала	Экспертная оценка	0 – неэкономно (длина обрезков больше 10% длины сети) 1 – экономно (длина обрезков меньше 10%, больше 5% длины сети) 2 – очень экономно (длина обрезков меньше 5%)	2	

С. Сборка и оценка характеристик спутника

С.1 Сборка спутника				
Суть	Подход	Точки	Баллы	Примечание
Собираемость спутника в соответствии с 3D-моделью	Экспертная оценка	0 – не собирается (есть пересечения приборов) 1 – собирается с трудом (не продумана схема), т.е. больше чем за 2 часа; 2 – собирается легко, т.е. менее чем за 2 часа	2	Работа в «чистой комнате». Во время сборки разрешено использовать ПК с 3D-

				моделями
Соответствие сборки 3D-модели	Экспертная оценка	0 – не соответствует по установке хотя бы одного элемента сборки: датчика, элемента конструкции 1 – небольшая ошибка (ориентация датчиков) 2 – полностью соответствует	2	
Собираемость бортовой кабельной сети	Экспертная оценка	0 – длины хотя бы одного кабеля не хватило 1 – хотя бы кабель «в натяг» 2 – кабельная сеть подошла, полностью соответствует документации	2	Провода должны иметь небольшую слабинку, чтобы легко отстыковываться и подстыковываться
Работоспособность бортовых систем после сборки	Экспертная оценка	0 – не работает процессор 1 – не работает хотя бы один прибор, только не процессор 2 – все работает нормально	2	Проверка в «чистой комнате»
Культура работы в чистой комнате	Экспертная оценка	0 – больше пяти нарушений на команду в течение нахождения в «чистой комнате» 1 - менее пяти нарушений на команду в течение нахождения в «чистой комнате»	1	Нарушения: не одел или не снял халат; не одел или не снял шапочку; работает без заземления; работает без перчаток
Соответствие массы аппарата 3D-модели	Количественная оценка	0 – отличается при взвешивании больше чем на 10% от проектной 1 - отличается при взвешивании менее чем на 10% от	1	Типичные ошибки: неверно выбраны характеристики материала в

		проектной		модели; не учтена кабельная сеть; не учтен крепеж
Правильность расположения маховика и датчиков	Экспертная оценка	0 – неверно расположен маховик и/или больше 1 датчика ориентации 1 – не больше одной ошибки в установке датчиков 2 – все установлено правильно	2	Маховик установили сбоку; поля зрения солнечных датчиков неверно ориентированы
С.2 Функциональные испытания				
Бортовой компьютер и маховик включились и работоспособны с первой попытки	Количественная оценка	0 – что-то не включилось 1 – все включилось штатно	1	маховик вращается со скоростью 2000+-500 об/мин
Показания датчиков солнца соответствуют положению имитатора Солнца относительно	Количественная оценка	0 – показания больше чем одного датчика неверно интерпретируются бортовым ПО 1 – показания больше чем одного датчика верно интерпретируются бортовым ПО, но неточны 2 – показания не менее 2 датчиков точны	2	«Неверно» означает, что неверно интерпретируется даже знак; «Верно» означает, что знак верен; погрешность показаний датчика на расположение имитатора Солнца – более 20 град «Точно» -

				означает, что знак верен; погрешность показаний датчика на расположение имитатора Солнца – менее 20 град
Показания магнитометра соответствуют ориентации спутника	Количественная оценка	0 – измерительные оси неверно интерпретируются; 1 – измерительные оси интерпретируются верно	1	Неверная интерпретация – следствие того, что измерительные оси перепутаны
Показания датчика угловой скорости соответствуют поворотам спутника	Количественная оценка	0 – измерительные оси неверно интерпретируются; 1 – измерительные оси интерпретируются верно	1	Неверная интерпретация – следствие того, что измерительные оси перепутаны
Составлена правильная блок-схема работы бортовой системы управления	Экспертная оценка	0 – нет блок-схемы 1 – блок-схема неработоспособна 2 – есть небольшие неточности 3 – схема в порядке	3	Алгоритм стабилизации и выполнения съемки в виде блок-схемы

D. Возможность выполнения спутником задачи

D.1 Балансировка на аэроподвесе				
Суть	Подход	Точки	Баллы	Примечание
Спутник после установки на аэроподвес не требует	Количественная оценка	0 – требует, поскольку касается аэроподвеса в положении	1	

пересборки		равновесия 1 – не требует, т.к. не касается аэроподвеса в положении равновесия		
Спутник после установки на аэроподвес не требует Балансировки	Количественная оценка	0 – требует: угол крена в положении равновесия больше 15 град; 1 требует: угол крена в положении равновесия больше 10, меньше 15 град; 2 – не требует: угол крена в положении равновесия меньше 5	2	
D.2 Качество работы бортовых алгоритмов				
Спутник наводится на имитатор Солнца хотя бы одним солнечным датчиком с точностью не хуже +- 20 град	Количественная оценка	0 – алгоритм ведет себя непредсказуемо 1 – алгоритм реагирует только на знак направления 2– алгоритм стабилизирует и наводит с точностью хуже 20 град 3 – алгоритм стабилизирует и наводит с точностью лучше 20 град	3	Проверяется на всех имеющихся датчиках, выбирается лучший результат
Спутник включил и выключил бортовую камеру в заданное время	Количественная оценка	0 – ничего не сделал 1 – только включил 2 – включил и выключил	2	Погрешность срабатывания – не больше 5 сек
Спутник включил и выключил бортовой высокоскоростной передатчик в заданное время	Количественная оценка	0 – ничего не сделал 1 – только включил 2 – включил и выключил	2	Погрешность срабатывания – не больше 5 сек
Для определения ориентации	Количественная оценка	0 – ни одного датчика 1 – один датчик	4	«Используется» значит –

используется больше одного датчика Солнца		2 – два датчика 3 – три датчика 4 – четыре датчика		больше 0 баллов согласно п. 1 в данной таблице
Для определения ориентации используется магнитометр	Экспертная оценка	0 – не используется 1 – измерения используются в контуре управления, но неэффективно 2 - измерения используются в контуре управления, эффективно	2	«Неэффективно» означает, что точность не зависит от того, работает датчик или нет. Эффективно значит – использование улучшает точность работы стабилизации
Для определения ориентации используется датчик угловой скорости	Экспертная оценка	0 – не используется 1 – измерения используются в контуре управления, но неэффективно 2 - измерения используются в контуре управления, эффективно	2	«Неэффективно» означает, что точность не зависит от того, работает датчик или нет. Эффективно значит – использование улучшает точность работы стабилизации
D.3 Получение изображения с камеры				
Получено изображение,	Количественная оценка	0 – не получено 1 - получено	1	Во время работы

выполненное бортовой Камерой				системы стабилизации, по высокоскоростному радиоканалу
Получено изображение хорошего качества	Экспертная оценка	0 – плохое качество 1 – хорошее качество	1	«Плохое» качество – изображение размыто, проблема с контрастностью и яркостью «мишени»
Получено изображение с камеры в требуемой программной ориентации	Количественная оценка	0 – не получено 1 – получено, погрешность разворота больше 20 град; 2 получено, погрешность разворота меньше 20 град;	2	
Получено изображение, выполненное в заданный программой интервал времени	Количественная оценка	0 – не получено 1 – получено, погрешность разворота больше 20 град; 2 получено, погрешность разворота меньше 20 град;	3	Погрешность времени выполнения съемки не больше 10 сек

Е. Оценка стоимости спутника. Качество оформления документации. Культура производства

Е.1 Оценка стоимости проекта				
Суть	Подход	Точки	Баллы	Примечание
Выполнен расчет стоимости спутника по модели SSCM	Экспертная оценка	0 – не выполнен 1 - выполнен	1	Отчет, Приложение 12

Е.2 Качество оформления документации				
Имеются все отчеты по этапам, где это требовалось	Количественная оценка	0 – нет хотя бы одного 1 – есть все	1	См. Приложения к Конкурсному Заданию
Е.3 Культура производства				
Использование инструмента только по назначению	Экспертная оценка	0 – есть много замечаний к культуре 1 – замечаний к культуре нет	1	См.приложения, форма 13
Аккуратность и чистота на рабочем месте	Экспертная оценка	0 - есть много замечаний к аккуратности (порядок на рабочем месте) 1 – замечаний к аккуратности нет	1	См.приложения, форма 14

Проведение виброиспытаний

Наличие программы испытаний; соответствие ее ДКИ

Наличие оснастки для проведения испытаний.

Правильность выбора места установки тензодатчиков при их ограниченное число;

Контроль хода проведения виброиспытаний

Контроль результатов испытаний, их соответствие Документа контроля интерфейсов;

Степень соответствия результатов с расчетной моделью

Контроль результатов комплексных функциональных испытаний КА

Адаптация КА на ракету-носитель

Выполнение правил техники безопасности при работе на пусковой базе;

Контроль электрических проверок и опроса телеметрии основных цепей и блоков КА через отладочные разъемы в соответствии с инструкцией;

Контроль подключения системы отделения

Контроль срабатывания системы отделения

6. ОТРАСЛЕВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

См. документацию по технике безопасности и охране труда страны-участницы конкурса.

- Находясь на участке проведения работ, все участники обязаны использовать, там где это необходимо, соответствующие средства индивидуальной защиты.
- Находясь на участке проведения работ участниками конкурса с целью общения, инспекции или выставления оценок, Эксперты также обязаны использовать соответствующие средства индивидуальной защиты.

7. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

7.1. Инфраструктурный лист

В Инфраструктурном листе перечислено все оборудование, материалы и устройства, которые предоставляет Организатор конкурса.

С Инфраструктурным листом можно ознакомиться на веб-сайте организации: <http://www.worldskills.ru>

Организатор конкурса обновляет Инфраструктурный список, указывая необходимое количество, тип, марку/модель предметов.

В ходе каждого конкурса, Эксперты рассматривают и уточняют Инфраструктурный лист для подготовки к следующему конкурсу. Эксперты дают Техническому директору рекомендации по расширению площадей или изменению списка оборудования.

В ходе каждого конкурса, Технический наблюдатель проверяет Инфраструктурный лист, использовавшийся на предыдущем конкурсе.

В Инфраструктурный лист не входят предметы, которые участники и/или Эксперты должны иметь при себе, а также предметы, которые участникам запрещается иметь при себе. Эти предметы перечислены ниже.

7.2. Материалы, оборудование и инструменты, которые участники имеют при себе в своем инструментальном ящике

Участник конкурса должен иметь при себе инструменты, специализированное оборудование и необходимые ему материалы, не охваченные Инфраструктурным списком. Их необходимо предъявить Экспертам для осмотра до начала конкурса.

- свои станки механ.обработки
- покупные инженерные модели любых бортовых систем, выпускаемых серийно, или компоненты для сборки бортовых систем собственной разработки для их сборки и испытаний во время проведения соревнований, с учетом перечисленных выше ограничений по характеристикам;
- элементы конструкции аппарата и материал для ее доработки;
- вспомогательное оборудование массой до 100 кг;
- оборудование ЦУПа;
- Контрольно-поверочное оборудование бортовых приборов, которые команда собирается использовать в своем спутнике.

Инструментальный ящик участника должен иметь размеры, подходящие для его рабочего места: он не может находиться в проходе, нарушать границы рабочего места других участников, или создавать препятствия для свободного передвижения участника или Экспертов по участку проведения работ.

7.3. Материалы, оборудование и инструменты, предоставляемые Экспертами

- На каждую команду: один набор «Орбитсат» или «Таблетсат-Аврора-LL» (Спутникс);
- Один вибростенд Tіга TV 55240/LS-180 или аналог, с тензодатчиками и системой управления (УниверсалПрибор);
- Один имитатор Солнца (Спутникс);
- Один имитатор магнитного поля (Спутникс);
- Один аэродинамический подвес грузоподъемностью до 25 или 150 кг (Спутникс);
- Один имитатор последней ступени РН "Днепр" или "Союз-2" (Московский политех);
- Три комплекта измерительного оборудования: блоки питания, осциллографы, анализаторы спектра, мультиметры (Спутникс);
- Три паяльные станции (Спутникс);
- Одни весы.

7.4. Материалы и оборудование, запрещенные на площадке

Эксперты могут запретить использование любых предметов, которые не будут сочтены обычными инструментами, и могут дать какому-либо участнику несправедливое преимущество Их иметь при себе нельзя. Все предметы подобного рода необходимо изготовить на месте, если в этом есть необходимость.

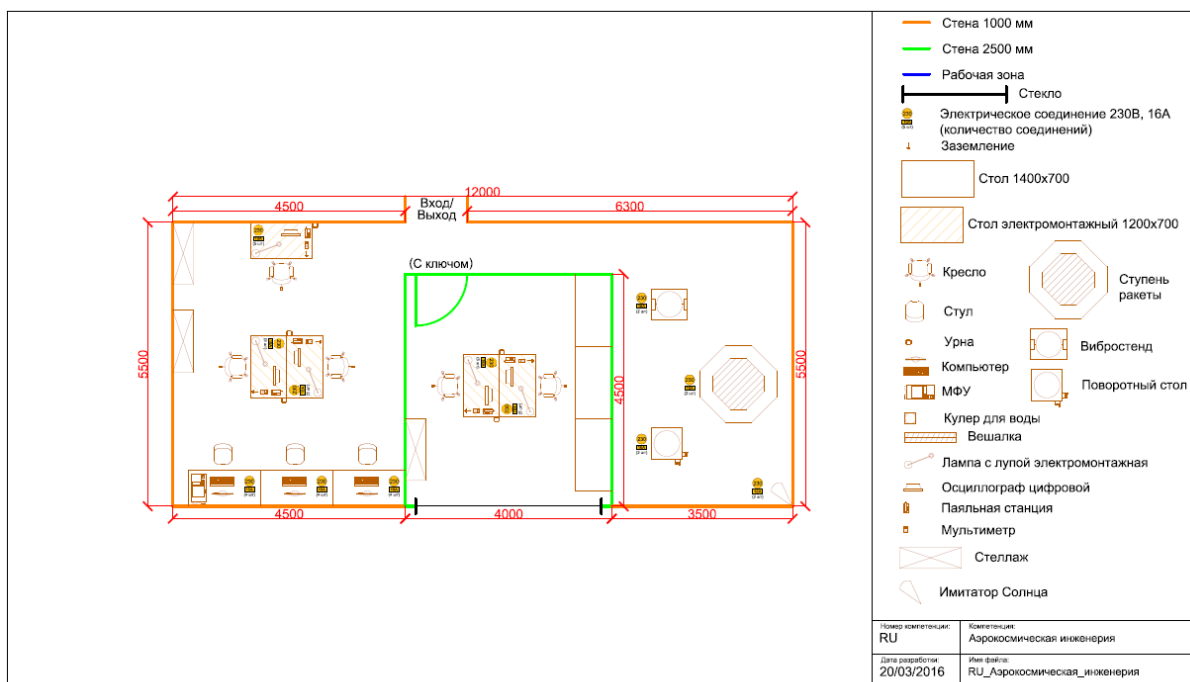
Нельзя привозить:

- заранее готовый спутник или заранее собранные составные сборки его узлов,
- собственные стенды для любых видов испытаний, кроме КПА покупных приборов,
- готовую бортовую кабельную сеть спутника или заготовки для нее,
- собственные уникальные бортовые приборы и системы в собранном виде (должны быть разобраны до уровня печатных плат, без корпусов),
- опасные материалы (ВВ, яды и т. д.).

7.5. Предлагаемая схема застройки рабочего места

С Планами застройки можно ознакомиться на веб-сайте www.worldskills.ru

Схема мастерской:



8. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАСТЕРСТВА ПОСЕТИТЕЛЯМ И ЖУРНАЛИСТАМ

8.1. Максимальное вовлечение посетителей и журналистов

Ниже приводится список возможных способов максимизации вовлечения посетителей и журналистов в процесс кузовного ремонта.

- Предложение попробовать себя в профессии;
- Демонстрационные экраны;
- Описания конкурсных заданий;
- Понимание того, чем занимаются участники конкурса;
- Информация об участниках («профили» участников);
- Карьерные перспективы;
- Ежедневное освещение хода конкурса.

8.2. Самодостаточность

- Повторная переработка;
- Использование «экологичных» материалов;
- Использование законченных конкурсных заданий после окончания конкурса;
- Уменьшение количества случаев выдачи одинакового оборудования.