

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.....	12
2. СПЕЦИФИКАЦИЯ СТАНДАРТА WORLDSKILLS (WSSS).....	13
2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПЕЦИФИКАЦИИ СТАНДАРТОВ WORLDSKILLS (WSSS)	13
3. ОЦЕНОЧНАЯ СТРАТЕГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ	16
3.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ	16
4. СХЕМА ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ	17
4.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	17
4.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ.....	18
4.3. СУБКРИТЕРИИ	19
4.4. АСПЕКТЫ	19
4.5. МНЕНИЕ СУДЕЙ (СУДЕЙСКАЯ ОЦЕНКА).....	20
4.6. ИЗМЕРИМАЯ ОЦЕНКА	21
4.7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИМЫХ И СУДЕЙСКИХ ОЦЕНОК	21
4.8. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИИ.....	21
4.9. РЕГЛАМЕНТ ОЦЕНКИ	21
5. КОНКУРСНОЕ ЗАДАНИЕ	22
5.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.....	22
5.2. СТРУКТУРА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ	22
5.3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ.....	23
5.4. РАЗРАБОТКА КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ.....	36
5.5. УТВЕРЖДЕНИЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ.....	38
5.6. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА И ИНСТРУКЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ	38
6. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ И ОБЩЕНИЕ	39
6.1 ДИСКУССИОННЫЙ ФОРУМ	39
6.2. ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ ЧЕМПИОНАТА	39

6.3. АРХИВ КОНКУРСНЫХ ЗАДАНИЙ	39
6.4. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЕЙ	39
7. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ	40
7.1 ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЧЕМПИОНАТЕ	40
7.2 СПЕЦИФИЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА, ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОМПЕТЕНЦИИ	40
8. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	40
8.1. ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ЛИСТ	40
8.2. МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ЯЩИКЕ (ТУЛБОКС, TOOLBOX).....	41
8.3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАПРЕЩЕННЫЕ НА ПЛОЩАДКЕ.....	41
8.4. ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА КОНКУРСНОЙ ПЛОЩАДКИ.....	41
9. ОСОБЫЕ ПРАВИЛА ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ 14-16 ЛЕТ	43

Copyright © 2017 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 им подобных
- 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 численное моделирование циклограммы работы 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 емкости аккумуляторных батарей (АБ),
- проверочный расчет энергобаланса на борту,
- оценка стоимости проекта.

- Компонировка 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++.
- самостоятельная разработка высокоуровневых протоколов обмена, использование открытых высокоуровневых протоколов информационного обмена.
- работа в среде разработки Qt/Eclipse или Notepad++.
- чтение принципиальных электрических схем;
- использование интерпретирующего языка Python. Организация тестирования разработанного встроенного ПО.

- Разработка, изготовление, проверка бортовой кабельной сети

- пайка разъемов, жгутовка 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;

- 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» 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	Твердотельное моделирование	25
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • архитектуру бортового программного обеспечения, среду разработки, способы сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения; • алгоритм компоновки реального спутника в 3D, а также компоновки функционального макета, с точки зрения работы бортовых систем и проведения испытаний на аэродинамическом подвесе; • принцип расчета: коэффициентов управления PD-регулятора; работы магнитной системы стабилизации; оценки стоимости спутника; • материаловедение, сопротивление материалов, электростатику и электромагнитную совместимость; • общие принципы и правила работы в чистых помещениях; • требования техники безопасности при выполнении работ; • принципы продуктивной работы в команде; • принципы устранения распространенных проблем программных приложений; • важность тщательного тестирования решения; • важность документирования испытаний. 	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассчитывать количество сеансов съемки и сеансов связи с использованием ПО; • составлять и оценивать циклограмму работы спутника на орбите с учетом полученных исходных данных; • рассчитывать циклограмму работы системы энергопитания; • читать сборочные чертежи, электрические схемы, спецификации и перечни элементов; • разрабатывать проект бортовой кабельной сети и изготавливать ее; • оценивать параметры аккумуляторной батареи, размеры солнечных батарей; • разрабатывать 3D-модель функционального макета спутника-конструктора; • сохранять результаты работы в САПР в формате *. dwg, *.dxf, *.dgn, *.stl для работы на станках лазерной резки и 3D печати • выполнять численное моделирование движения спутника по орбите; • составлять коды; • проводить автономные тестирования блоков спутника; • настраивать бортовые алгоритмы ориентации и стабилизации; • производить сборку спутника согласно разработанной 3D-модели; • выполнять сборочные и монтажные чертежи и спецификации; • пользоваться инструментом, фиксаторами, лаками. 	
2	Автономные испытания бортовых систем спутника	25
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • электромеханические устройства автоматики; • теории гироскопических систем, систем управления и устойчивости движения; • силовую электронику и электроприводы; • основы проектирования, моделирования и программирования на C/C++. 	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выполнять пошаговое тестирование всех бортовых приборов в составе макета, используя разработанное им «стендовое» ПО. • тестировать «на столе» по заложенной программистом циклограмме работы; 	

	<ul style="list-style-type: none"> прошивать на борт все коэффициенты управления, выбранные в процессе численного моделирования; составлять блок-схемы работы бортового ПО, реализующего циклограмму работы во время комплексных испытаний космического аппарата. 	
3	Сборка и оценка характеристик спутника	20
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> динамику вращения твердого тела, особенности околоземной космической среды, активные и пассивные системы ориентации и стабилизации; идентификацию систем; основы испытаний космической техники. 	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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; определять собственное магнитное поле аппарата и потенциальные источники магнитного поля внутри него; вносить соответствующие поправки в бортовое ПО измерений бортового магнитометра. 	
4	Возможность выполнения спутником задачи	25
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> механику космического полета, прикладную небесную механику, асимптотические методы нелинейной механики; основы радиосвязи, методы связи и протоколы передачи данных; статистическую обработку измерений. 	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> проверять балансировку макета спутника на аэроподвесе; включать магнитное поле, проверять работоспособность магнитной системы демпфирования угловой скорости; контролировать правильность реакции системы управления на источник света; проверять правильность работы системы определения ориентации спутника по трем осям по показанием магнитометра и солнечного датчика; проверять возможность разворота макета в заданном направлении с использованием маховиков и точность удержания цели после отработки требуемого разворота; налаживать работу бортовой системы управления по разработанной циклограмме; отслеживать качество изображения, полученного с камеры. 	
5	Оценка стоимости спутника. Качество оформления документации. Культура производства	5
	<p>Специалист должен знать и понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> модели стоимости разработки космических систем; экономику космической деятельности; важность тщательного документирования разработанных решений. 	
	<p>Специалист должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> рассчитывать оценку стоимости создания настоящего микроспутника с функциональными характеристиками, аналогичными требуемым в проекте. оформлять необходимую документацию в соответствии с требованиями к ней; 	

	<ul style="list-style-type: none"> • демонстрировать культуру производства; • правильно использовать инструмент; • экономично расходовать ресурсы и материалы. 	
	Всего	100

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						
	1	25								25	25	0
	2		25							25	25	0

	3			20						20	20	0
	4				25					25	25	0
	5					5				5	5	0
Итого баллов за критерий		25	25	20	25	5				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
A	Твердотельное моделирование	25	25	25
B	Сборка и оценка характеристик	25	25	25
C	Автономные испытания	20	20	20
D	Возможность выполнения спутником поставленной задачи	25	25	25
E	Оценка стоимости проекта. Качество оформления документации. Культура производства	5	5	5
Всего		100	100	100

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 5 модулей:

Модуль 1 (А). Твердотельное и численное моделирование.

Модуль 2 (В). Сборка и оценка характеристик.

Модуль 3 (С). Автономные испытания.

Модуль 4 (D). Возможность выполнения спутником поставленной задачи.

Модуль 5 (Е). Оценка стоимости проекта. Качество оформления документации.

Культура производства.

5.3. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНКУРСНОГО ЗАДАНИЯ

Общие требования:

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 аналого-цифрового преобразователя: 12 бит;
- Рабочий диапазон температур: минус 10°C .. $+40^\circ \text{C}$;
- Объем внутреннего запоминающего устройства: 64 Гбит;
- Скорость заполнения запоминающего устройства: 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: 92.5х92.5х292 мм
- Напряжение питания: 12 В
- Энергопотребление: 8 Вт пиковое потребление, 1 Вт дежурный режим.

В течение срока подготовки 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 300х300х200 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 40х40х40 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 200х200х100 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 200х200х100 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 ЦУП;
- 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, 27В;
- 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, сотовые панели.

Следует отметить, что исходные данные, полученные командой заранее, достаточны для разработки эскизного проекта космического аппарата. Примеры исходных данных приведены в Приложении 1.

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 данные для реального спутника:

- параметры орбиты спутника: в любом случае она остается низкой круговой, высота может измениться в диапазоне 400...800 км,
- географическое положение и число центров управления полетом (ЦУП): задается число (от 1 до 3) и географические координаты каждого из ЦУП;

- 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.

Конкурсное задание состоит из следующих модулей:

Участник конкурса должен продемонстрировать диапазон знаний и умений в области инженерии космических систем. Необходимо подготовить

как минимум пять (5) модулей, в зависимости от наличия на площадке специального оборудования.

Модуль А. Твердотельное и численное моделирование

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 (три месяца 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 с 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 системы ориентации и стабилизации с помощью маховиков, 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.

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 В. Сборка и оценка характеристик

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. Форма отчета о сборке спутника представлена в Приложении 7.

Модуль С. Автономные испытания

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).

При выполнении усложненной задачи целесообразно использовать вариант задания, приведенного в Приложении 10.

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.

Модуль D. Возможность выполнения спутником поставленной задачи

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 показанием 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 Е. 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 8.

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. Пример листа эксперта по оценке культуры производства рассмотрен в Приложении 9.

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

Материалы, оборудование и инструменты, предоставляемые на площадку:

- на каждую команду:

- один набор «Орбитсат» или «Таблетсат-Аврора-LL»
- один комплект измерительного оборудования: блоки питания, осциллографы, анализаторы спектра, мультиметры
- Одна паяльная станция

- на все команды:

- Один вибростенд Tira TV 55240/LS-180 или аналог, с тензодатчиками и системой управления
- Один имитатор Солнца
- Один имитатор магнитного поля
- Один аэродинамический подвес грузоподъемностью до 25 или 150 кг
- Один имитатор последней ступени РН "Днепр" или "Союз-2"
- Одни весы.

Компоновка рабочего места команды из трех участников:

Рабочее место должно быть оборудовано в строгом соответствии с перечнем, указанном в инфраструктурном листе. Общая компоновка места для проведения соревнований команды из трех участников должно включать в себя два стола с установленным оборудованием. Один из них должен быть оборудован КИП, оборудованием для пайки составляющих и сборки КА, на

другом должны быть установлены оргтехника, компьютер и ноутбук(и) для проектирования, моделирования работы и полета, программирования спутника.

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. документацию по технике безопасности и охране труда предоставленные оргкомитетом чемпионата.

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)

Toolbox неопределенный.

8.3. 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.).

Участник конкурса должен иметь при себе инструменты, специализированное оборудование и необходимые ему материалы, не

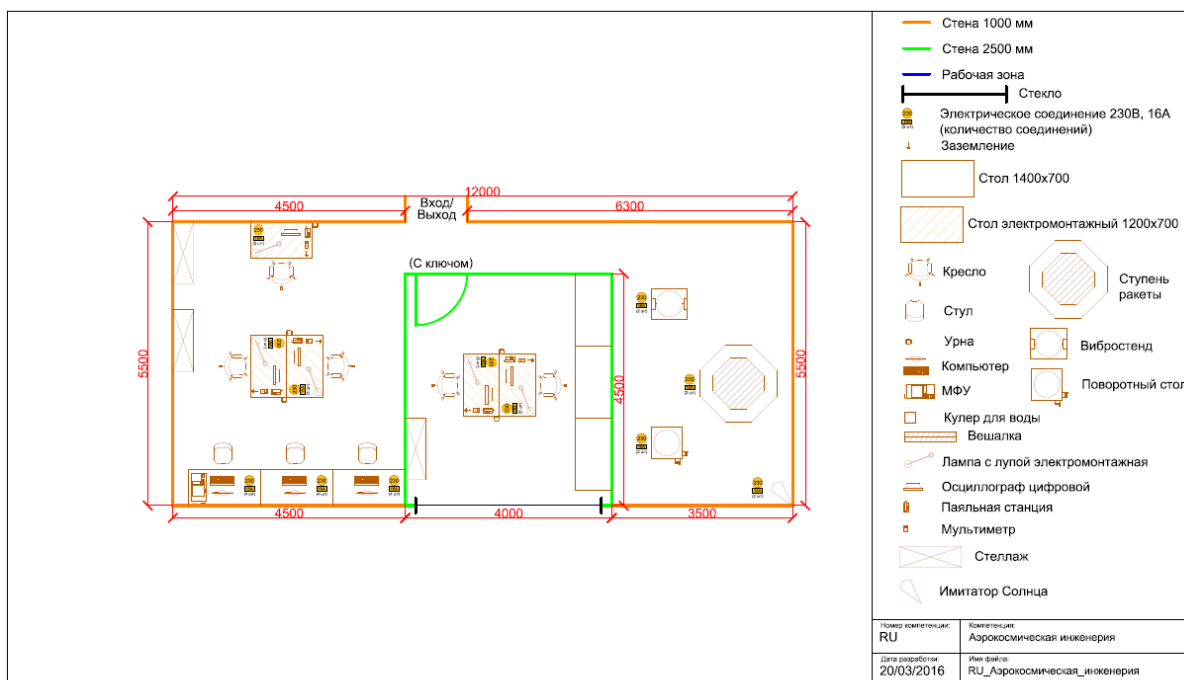
охваченные Инфраструктурным списком. Их необходимо предъявить Экспертам для осмотра до начала конкурса.

- свои станки механической 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.

8.4. ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА КОНКУРСНОЙ ПЛОЩАДКИ

Схема конкурсной площадки (см. иллюстрацию).



9. ОСОБЫЕ ПРАВИЛА ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ 14-16 ЛЕТ

Время на выполнения задания 5 часов 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 14-16 ЛЕТ

Тезисно перечислим эти операции:

Разработка и численное моделирование циклограммы работы бортовых систем спутника

- выбор бортовых приборов и систем

- выбор циклограммы работы режимов ориентации
- настройка коэффициентов усиления PD-регулятора системы стабилизации и ориентации с помощью маховиков
- 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 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 C/C++
- 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 встроенного 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 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 основные цепи и блоки КА через отладочные разъёмы в соответствии с инструкцией.

Приложение 1

Пример конкурсного задания

1. имя сценария

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Имя сценария	Var1	Var2	Var3	Var4

2. имя спутника

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Имя спутника	Chibis-M	Chibis-M	Chibis-M	Chibis-M

3. время начала моделирования

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Время начала моделирования, ГГГГ/ММ/ДД ЧЧ:ММ:СС (UTC)	2016/10/18 12:00:00			

4. Параметры орбиты

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Тип модели	кеплерова			
Наклонение, градусы	97.9371			
Эксцентриситет	0.005			
Аргумент перигентра, градусы	25			
Параметр орбиты, м	7235121			
Долгота восходящего узла, градусов	108			
Время с момента последнего прохождения перигентра, сек	600			

5. Координаты зоны съемки

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Название	Москва			
Широта, град	55.44 сш			
Долгота, град	37.35 вд			

6. координаты приемной станции

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Название	Уссурийск			
Широта	43.8 сш			
Долгота	131.9 вд			

7. Характеристики спутника

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Масса	20			
Момент инерции J_{xx}, кг*м²	0,4			
Момент инерции J_{yy}, кг*м²	0,4			
Момент инерции J_{zz}, кг*м²	0,5			
Максимальный недиагональный элемент, кг*м²	0.003			
Макс.погрешность опред.J_{ij}, %	3			
Габарит по оси X, м	0.4			
Габарит по оси Y, м	0.4			
Габарит по оси Z, м	0.3			
Положение центра масс X, м	0.004			
Положение центра масс Y, м	-0.008			
Положение центра масс Z, м	0.014			

9. Энергопотребления систем спутника: токи (напряжение = 12В), А

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
БВМ	0.1			
Блок управления полезной нагрузкой	0.1			
Камера	1,5			
Передатчик	5			
Блок управления системы определения ориентации	0.5			
Магнитометр	0.05			

Солнечный датчик	0.03			
Блок управление системой стабилизации	0.2			
Электромагнитные катушки	0.1			
Двигатели- маховики	1			
Система энергоснабжения	0,4			

10. характеристики системы энергопитания спутника

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
КПД, в %	0,7			
Ёмкость аккумулятора, Ач	12			
Нормальная глубина разряда АБ, в %	95			
Допустимая глубина разряда АБ, в %	80			
Критическая глубина разряда АБ, в %	60			
Макс. ток заряда АБ, А	10			
Макс. ток разряда АБ, А	10			
Напряжение борт.сети, В	12			

11. расположение панелей солнечных батарей

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
+X	-			
-X	-			
+Y	-			
-Y	-			
+Z	+			
-Z	-			
SX, м2	0			
SY, м2	0			
SZ, м2	0,5			

11. начальные условия по отделению от носителя

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Нутация, град	12			
Прецессия, град	45			
Собственное вращение, град	58			

WX, град/сек	1			
WY, град/сек	2,5			
WZ, град/сек	-2,8			

Приложение 2

Отчет о проведении численного моделирования

Расчет циклограммы работы системы энергопитания спутника для съемки Земли из космоса.

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

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Общий вид системы моделирования: карта с трассой спутника

Общий вид системы моделирования: 3D-вид спутника с опорной и связанной системами координат

За околоземную орбиту запущен спутник со следующими характеристиками: **TBD**

Характеристики орбиты: **TBD**

Координаты зоны съемки: **TBD**

Координаты приемной станции: **TBD**

Время начала моделирования: **TBD**

Моделирование в приложении Sputnik Modeler показало, что требуемые моменты включения камеры и передатчика:

	Т вкл ГГГГ.ММ.ДД, ЧЧ:ММ:СС	Т выкл ГГГГ.ММ.ДД, ЧЧ:ММ:СС
Съемка	TBD	TBD
Передача данных	TBD	TBD

Результат численного моделирования циклограммы работы системы энергопитания (график):

Максимальный уровень разряда аккумулятора на витке: **TBD**

Особенности работы по циклограмме:

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

Приложение 3

Отчет о проведении численного моделирования

Расчет трехосной стабилизации спутника на околоземной орбите

Цель: оценка времени, необходимого на стабилизацию спутника, с использованием электромагнитных катушек и двигателей-маховиков

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Общий вид системы моделирования: 3D-вид спутника с опорной и связанной системами координат

TBD

Характеристики электромагнитных катушек:

Магнитный момент, Ам²: TBD

Длина, мм: TBD

Масса, кг: TBD

Характеристики двигателей-маховиков:

Управляющий момент, Нм TBD

Максимальный кинетический момент, Нмс TBD

Масса, кг: TBD

Коэффициент управления электромагнитными катушками: TBD

Коэффициенты PD-регулятора стабилизации двигателями-маховиками

KA = TBD

KD = TBD

Графики зависимости угловой скорости вращения спутника от времени в случае магнитной стабилизации:

TBD

График изменения углов при стабилизации маховиками:

TBD

Вывод:

На демпфирование угловой скорости вращения электромагнитной системой уходит TBD минут.

На трехосную стабилизацию спутника двигателями-маховиками уходит TBD минут.

Приложение 4

Отчет о разработке бортовой кабельной сети

Цель: разработка бортовой кабельной сети спутника

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Картинка : способ межблочного соединения (с сайта)

Картинка: распайка кабеля (распиновка)

Картинка: Принципиальная схема соединений блоков между собой, с обозначением номерами кабельных переходов, а также номеров блоков.

Кабельные переходы

Номер	Длина	Примечание
		Шлейф
		...

Таблица соответствий номеров блоков

Номер	Наименование
1	Бортовой компьютер
2	Блок системы энергоснабжения
3	Датчик солнца 1
...	...

Пайка кабеля:

Требования:

- правильная распайка,
- прочное соединение,
- качественная пайка (однородность, отсутствие КЗ и т. д.);
- наличие термоусадки на каждом проводе в разъемах
- наличие термоусадки на жгуте

Фото: пайка кабеля, результат

Выводы: TBD

Приложение 5

Отчет о проведении 3D-проектирования спутника

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

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Картинка : общий вид путника, картинка в изометрии, положение камеры

Картинка: общий вид спутника с указанием приборов стрелками,

Картинка: указание связанных осей систем координат с центом в центре масс

	Координаты центра масс, мм	Допуск, \pm , мм	Вывод
X	TBD	-10..+10	
Y	TBD	-10..+10	
Y	TBD	-100..-200	

Тензор инерции, кг*м²

	X	Y	Z
X			
Y			
Z			

Допустимое отклонение недиагональных элементов, относительно самого малого диагонального, не более 10%.

Расчетная масса аппарата, кг: TBD

Выводы: TBD

Приложение 6

Отчет о разработке алгоритма стабилизации

Цель: разработка алгоритма стабилизации спутника

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Зачем нужен алгоритм: **описание**

Картинка: системы координат, установка датчиков ориентации,

Таблица: расположение датчиков Солнца

Номер датчика	Ось спутника	Ориентация	Примечания
1	TBD	TBD	TBD
2	TBD	TBD	TBD
3	TBD	TBD	TBD
4	TBD	TBD	TBD

Таблица: расположение измерительных осей магнитометра

Ось датчика	Ось спутника	Примечания
X	TBD	TBD
Y	TBD	TBD
Z	TBD	TBD

Таблица: расположение измерительных осей датчика угловых скоростей

Ось датчика	Ось спутника	Примечания
X	TBD	TBD
Y	TBD	TBD
Z	TBD	TBD

Принципиальная блок схема работы алгоритма

TBD

Приложение 7

Отчет о сборке спутника

Цель: сборка и тестирование бортовых систем

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Картинка : собранный спутник

Таблица соответствия установки приборов 3D-модели

Номер	Название	Соответствие (Да, нет)	Примечания
1	Борт компьютер	TBD	TBD
2	Солнечный датчик 1	TBD	TBD
3	Магнитометр	TBD	TBD
...		TBD	TBD

Таблица проверки работоспособности систем

Номер	Название	Работоспособность (Да, нет)	Примечания (показания датчиков)
1	Борт компьютер	TBD	TBD
2	Солнечный датчик 1	TBD	TBD
3	Магнитометр	TBD	TBD

Приложение 8

Отчет по оценке стоимости спутника

Цель: рассчитать стоимость бортовых систем, а также стоимости сборки, испытаний, запуска и эксплуатации разрабатываемого спутника

Номер варианта _____

ФИО _____

Дата _____

Расчетная модель: SSCM

Средство расчета: Sputnik Satellite Modeler

Результаты:

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

Приложение 9

Лист эксперта: культура производства и аккуратность на рабочих местах. Команда:

Поз	Время	Проблема	Комментарий	Примечания
День 1				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
День 2				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
День 3				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Приложение 10

