

Компетенция

«Инженерия космических систем» - Юниоры (14+)



**Конкурсное задание для возрастной группы 14+**

**Компетенция «**Инженерия космических систем**»**

**Главный эксперт:** Егоров Александр Валентинович педагог ДО

**Возрастная категория:** 14-16 лет (Примечание: на момент участия в региональном этапе чемпионата до 31.08.2021г. участнику не должно быть 17 лет).

**Дата проведения**: 04 декабря 202г.

**Формат проведения:** дистанционно (оффлайн), с использованием платформы ZOOM

**Время проведения:** 10.00 ч.

**Форма участия в конкурсе***:* командная из 3-х человек

**Количество часов на выполнение задания:** 6 ч.

**Взнос с команды**: 300 рб.

**При себе иметь (обязательно):**

**-** сотовый телефон

- ноутбук (с программой SolidWorks, GroundControl)

- интернет

**Общие требования**

Участникам предлагается выполнить конкурсное задание - разработать проект малого космического аппарата - искусственного спутника, способного выполнять различные целевые задачи. В процессе проведения соревнования конкурсантам необходимо выполнить 3D-модель, осуществить сборку функционального макета и провести основные полунатурные испытания, выполнив инженерные расчеты и провести имитационное моделирование КА.

Также они выполняют программирование бортового компьютера для обеспечения целевой задачи.

Уже спроектированная модель спутника собирается командой в условно чистой комнате с соблюдением правил работы и нахождения в ней, используя

детали, системы, устройства, элементы крепления, изготовленные собственными силами, а также стандартные компоненты, примером которых могут служить компоненты, входящие в состав набора конструктора спутника «ОрбиКрафт». Описание стандартного набора компонент «ОрбиКрафт», из которых собирается спутник, представлено здесь: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>

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

Собранный аппарат должен пройти испытания на специальном стенде

полунатурного моделирования и подтвердить свою работоспособность. Возможное описание стенда, в составе которого должны быть проведены испытания макета, приводится здесь: <http://sputnix.ru>

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

Конкурсантам необходимо обеспечить получение на компьютере, на котором установлена программа GroundControl, являющейся имитатором программы Центра управления полетами (ЦУП), определенного количества качественных изображений в заданной программной ориентации. При этом МКА должен быть стабилизирован и камера ДЗЗ, установленная на спутнике должна быть ориентирована на имитатор Земли по заданным в КЗ углам относительно солнечного света (имитатор Солнца) и (или) магнитного поля Земли (магнитная рамка). Работу модели космического аппарата необходимо продемонстрировать в полной циклограмме работы МКА.

Оценка производится членами жюри – экспертами на конкурсной площадке,

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

Конкурсное задание должно выполняться по модулям. Оценка также происходит по результатам выполнения модуля.

**МОДУЛИ ЗАДАНИЯ И НЕОБХОДИМОЕ ВРЕМЯ**

Модули и время сведены в таблице 1

Таблица 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование модуля | Рабочее время | Время на задание |
| 1 | **Модуль 1.** 3D-проектирование компоновки МКА.  **Модуль 2.** Разработка технологической карты сборки функциональной модели космического аппарата. Расчет и проектирование отдельных систем МКА.  **Модуль 3.** Проверка и программирование датчиков, систем МКА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника  **Модуль 4.** Разработка и отладка программного кода полной циклограммы работы МКА.  Изготовление, сборка, проверка  работоспособности систем МКА. | С1 10.00-13.00  С1 14.00-18.00 | 3 часа  4 часа |
| 2 | **Модуль 5.** Сборка спутника  **Модуль 6.** Полунатурные испытания МКА.  **Модуль 7.** Решение целевой задачи. | С2 09.00-13.00  С2 14.00-18.00 | 3 часа  4 часа |
| 4 | **Модуль 8.** Бережливое производство.  Соблюдение ТБ и ОТ. Организация рабочего места. | С2 15.00-16.00 | 1 час |

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

Приложении итогового отчета:

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

Необходимая информация, документация и программы, необходимые для

выполнения конкурсного задания находятся на рабочем компьютере участника в папке на рабочем столе с названием, идентичным дате проведения соревнований - это день С1 чемпионата, пример: 01\_01\_2021 (см. Рис. 1). Для сохранения всех результатов работы на рабочем столе компьютера каждого участника создается папка с названием на английском языке Project\_номер рабочего места (см. Рис. 5), где после нижнего подчеркивания печатается номер команды, полученный при жеребьевке рабочих мест, например, Project\_2.

Участником, выполняющего роль системного программиста, на его рабочем

компьютере, в корне жесткого диска С(с:) создается папка с названием на

английском языке: «Project\_с\_номер рабочего места». В эту папку сохраняются

все проекты кода программиста, например, Project\_2

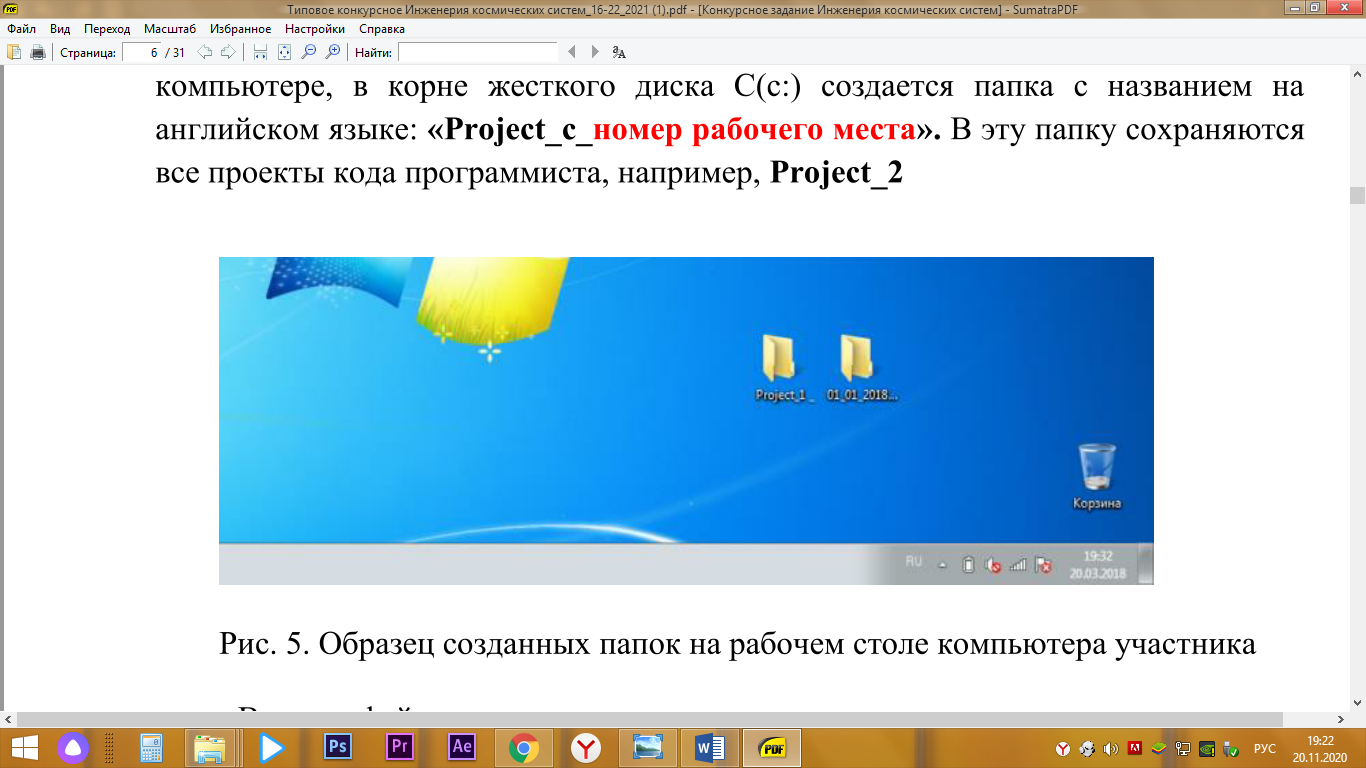


Рис.1Образец созданных папок на рабочем столе компьютера участника

Важно: файл итогового отчета заполняется на одном из компьютеров команды и предоставляется к проверке экспертам только этот итоговый отчет. (папка Project\_номер рабочего места (см. Рис. 1)).

После этого конкурсантам на каждый компьютер участника требуется установить все программы, необходимые для выполнения конкурсного задания

каждому участнику, ответственному за выполнение модуля.

**Модуль1: 3D-проектирование компоновки МКА.**

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

Разработка функциональной модели МКА выполняется в ПО твердотельного

моделирования (типа SolidWorks) и проходит в несколько этапов:

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

При проектировании необходимо учитывать:

* возможность дальнейшего изготовления деталей собственными силами на конкурсной площадке. Для этого выполняется сохранение результатов моделирования элементов корпуса спутника, навесного оборудования в форматах файла, необходимого для работы на 3D принтерах и станке лазерной резки. Функции оператора станка возложить на технического эксперта, который изготовит эти детали по моделям участников. Параметры рабочего материала и размеров рабочих столов и поверхностей станков указываются в день С-2.
* ограничение габаритов изготавливаемых деталей согласно размеру рабочего стола лазерной резки и 3D принтеров.
* использование измерительного инструмента, который входит в перечень

предоставляемого инструмента на площадке.

* повторение цветовой гаммы представленного образца, шаблона МКА;
* геометрические и массово-инерционные характеристики. Положение центра масс МКА для проведения испытаний на стенде полунатурного моделирования по осям OX, OY должно быть максимально приближено к нулевым значениям 0<|OX|<10, 0<|OY|<10 (допустимое отклонение по этим параметрам не должно превышать -10…+10 мм). Допустимое отклонение положения центра масс по оси OZ (ось вращения) до плоскости крепления аэродинамического подвеса должно быть в пределах от 0 мм до -50 мм. Построение («вытягивание») деталей в ПО 3D моделирования необходимо производить в две стороны от центральной точки, а сборку деталей в программе необходимо начинать от точки подвеса – от центра масс подшипника аэродинамического подвеса.
* тип, размеры, внешний вид корпуса спутника указываются в день С-2 в качестве изменений 30% КЗ. При этом допускается свободное проектирование систем раскрытия и поворота БС, антенн, отдельных элементов крепления для обеспечения работоспособности аппарата в целом;
* поля и углы зрения датчиков, их состав и количество для обеспечения работоспособности МКА и выполнения поставленной задачи,
* особенности взаимного расположения камеры, отдельных систем, датчиков,
* системы раскрытия, поворота солнечных панелей, а также системы энергоснабжения для нее и других требований, специфичных для выполняемой спутником задачи.

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

Размеры для выполнения задания по 3D моделированию получают различными

способами, которые указываются в день С-2 в качестве изменений 30% КЗ:

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

Специалист выполняет следующие виды работ по проектированию и

моделированию:

* Деталей, узлов, элементов конструкции и крепления корпуса (уголок), резьбовые соединения (винт, шайба, гайка), их соответствие цветовой гамме образцов.
* Технологических отверстий, скруглений, фасок, прорезей в конструкции МКА для крепления систем и датчиков, плат, аккумуляторных отсеков, солнечных панелей и т.д.
* Деталей подвеса, крепления МКА на аэродинамический стенд (подшипник и посадочное место).

**Модуль 2. Разработка технологической карты сборки функциональной модели МКА. Расчет и проектирование отдельных систем МКА**.

Дать название разрабатываемому малому космическому аппарату любым

известным способом и в дальнейшем использовать эту аббревиатуру.

Необходимо разработать технологическую карту последовательности сборки

функциональной модели космического аппарата в комнате с ограничением

доступа и требованием соблюдать правила работ и условия нахождения в чистой комнате класса 100000). Технологическая карта должна быть оформлена на стандартных листах формата А4 и включать в себя:

* сборочный чертеж, где будут представлены три вида и изометрия сборки,

габаритные размеры;

* спецификация;
* материалы;
* инструменты и оборудование, используемые при сборке МКА;
* анализ возможности разделения трудовых процессов на многопоточность;
* рекомендации к сборке, конструктивные особенности;

По окончании работ на площадке необходимо предоставить таблицу масс всего МКА, с указанием расчетной массы из документации и фактически получившейся. Затем необходимо изготовить бортовую кабельную сеть. При этом большинство разъемов обжимаются с помощью специального приспособления - кримпера (англ. crimp — обжим, опрессовка), а один шлейф (подключения камеры к БКУ) изготавливается путем пайки.

**Экспертами оценивается:**

* Соответствие количества изготовленных кабелей проекту бортовой кабельной сети.
* Пайка. Лужение.
* Отсутствие повреждений изоляции и разъемов, термоусадочной трубки.
* Наличие термоусадки на каждом отдельном проводе в жгуте проводов.
* Наличие маркировки кабельной сети.
* Изготовление всех шлейфов и кабелей для соединения систем и устройств спутника.
* Выполнить жгутовку проводов (жгут проводов должен содержать 2 отрезка по 30 мм термоусадочной трубки через равные промежутки между ними).

**Модуль 3. Проверка и программирование датчиков, систем МКА,**

**целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем**

**спутника.**

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

* Составить общую схему работы всех систем и устройств, установленных на борту МКА;
* Составить подробную схему работы системы ориентации, установленной на МКА;
* Составить подробную схему работы системы стабилизации, установленной на МКА;
* Составить подробную схему работы полезной нагрузки (целевой аппаратуры), установленной на МКА;
* Составить подробную схему работы всех систем, установленной на МКА и схему взаимодействия ПО между собой в составе МКА;
* Установить программы и драйверы для работы с системами и датчиками конструктора спутника «ОрбиКрафт» из комплекта программ, рекомендуемых к использованию
* Написать, скомпилировать коды для проверки всех систем и датчиков из состава набора конструктора спутника конструктора «ОрбиКрафт» и Arduino Shield.
* Разработать коды калибровки датчика угловой скорости, магнитометра, солнечных датчиков, других систем и датчиков спутника, для которых это может быть необходимо.
* Провести автономные испытания всех систем, датчиков, устройств, устанавливаемых на спутник, включая автономные испытания устройств, подключаемых через Shield Arduino.
* При проведении автономных испытаний камеры полезной нагрузки добиться наиболее четких показателей резкости и фокусировки при помощи миры.

Выполнить PrintScreen экрана компьютера при выполнении работ и внести данные в Приложение итогового отчета.

**Модуль 4. Разработка и отладка программного кода полной**

**циклограммы работы МКА. Изготовление, сборка, проверка**

**работоспособности систем МКА.**

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

Используя ранее разработанный общий алгоритм работы МКА на орбите,

разрабатывает программный код для совместной корректной и правильной работы датчиков, систем, устройств, устанавливаемых на МКА.

* Разрабатывает программный код для проведения функциональных испытаний спутника, которые входят в соответствующий модуль конкурсного задания.

Радиоэлектронщик-схемотехник:

* Изготовление резервного стабилизированного источника питания, радиатора охлаждения для микросхемы стабилизатора напряжения.
* Сборка систем раскрытия, поворота и управления БС и других дополнительных систем, установленных на модель МКА (микроконтроллеры, сервоприводы, шаговые двигатели с драйверами, датчиками и др.)
* Проведение автономных испытаний собранных систем с демонстрацией результатов экспертам.
* Адаптация всей системы с корпусом МКА

Результаты выполнения задания заносятся в приложение отчета в виде снимков экрана, фотографий, презентаций.

**Модуль 5. Сборка спутника**

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

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

**Экспертами оценивается:**

* Правильность финальной сборки аппарата и соответствие с ранее разработанной 3D моделью.
* Соответствие кабельной сети модели космического аппарата документации.
* Хомутовка кабельной сети к корпусу МКА
* Наличие контровочной проволоки на резьбовых соединениях крепления маховика к корпусу МКА в нужном для этого направлении, отсутствие провисания контровочной проволоки и не затянутых резьбовых соединений.
* Использование защитных очков, халатов, шапочек, бахил, перчаток.
* Контрольное взвешивание готового изделия
* Заполнение Приложения итогового отчета

**Итог:** Спутник собран, проверен, стоит в «чистой комнате» в ожидании этапа

проведения комплексных испытаний на стенде полунатурного моделирования.

**Модуль 6. Полунатурные испытания МКА.**

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

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

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

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

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

Необходимым условием является демонстрация количества итераций, полученных данных, значений датчиков (например, для датчика угловой скорости

- количество опросов и угловая скорость по осям OX, OY, OZ), во время

исполнения кода программы на экране компьютера.

**Модуль 7. Решение целевой задачи.**

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

* Раскручивание корпуса аппарата из неподвижного положения влево (по ходу часовой стрелки) и вращение с постоянной угловой скоростью
* Раскручивание корпуса аппарата из неподвижного положения вправо (против хода часовой стрелки) и вращение с постоянной угловой скоростью.
* Поворот спутника из неподвижного состояния на заданный угол

Стабилизация спутника и заданные значения времени и точности удержания

корпуса аппарата (10 секунд). Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 1 шт)

* Включают имитатор магнитного поля Земли, проверяют точность

определения угла по магнитометру;

* Выполняют ориентацию спутника по магнитометру на подвесе с помощью имитатора магнитного поля Земли по нескольким углам. Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 3 шт).
* Включают прожектор и контролируют правильность реакции системы управления на источник света. Необходимо выполнить ориентацию МКА с использованием солнечных датчиков по нескольким углам. Получение контрольных снимков с камеры ДЗЗ (не менее 3 шт).
* Работу системы раскрытия, поворота и управления ориентацией солнечных панелей на источник освещения.
* Работу системы механического раскрытия дополнительных устройств (антенн, рефлектора и др.)
* Работу системы управления поворотом солнечных панелей
* Качество изображения, полученного с камеры: ориентация, четкость (исследуется при помощи миры)
* Число изображений, полученных с борта в заданной системной ориентации
* Работу бортовой системы управления по циклограмме (циклограмма задается во время внесения изменений в конкурсное задание экспертами, в день с -2)

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

**Модуль 8. Организация рабочего места. Бережливое производство.**

**Соблюдение правил ТБ и ОТ.**

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 литераторы.

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

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

Под организацией рабочего места понимается комплекс мероприятий, направленных на создание на рабочем месте необходимых условий для высокопроизводительного труда, на повышение его содержательности и охрану здоровья участников. Каждому члену команды необходимо так организовать рабочее пространство, чтобы комфортно было каждому. Эти условия труда должны иметь рациональную планировку и бесперебойноевыполнение следующих функций:

- Конструктор - проектировщик

- Радиоэлектронщик - схемотехник

- Системный программист

- Слесарь-сборщик МКА