

**Руководство по эксплуатации конструктора и набора
имитаторов космической среды**

Введение	4
Описание и работа изделия	4
2.1 Назначение изделия	4
2.2 Технические характеристики	4
2.2.1 Основные характеристики соленоида магнитной рамки:	4
2.2.2 Основные характеристики глобуса:	5
2.2.3 Характеристики системы управления глобусом:	5
2.2.4 Основные параметры имитатора Солнца:	5
2.3 Состав изделия	6
2.3.1 Состав конструктора	6
2.3.2 Имитатор магнитного поля Земли	8
2.3.3 Имитатор Земли	8
2.3.4 Имитатор Солнца	10
2.3.5 Состав программного обеспечения	10
2.4 Описание и работа составных частей изделия.	11
2.4.1 Система энергопитания	11
2.4.2 Бортовой компьютер управления	12
2.4.3 Магнитометр	12
2.4.4 Датчик угловой скорости	13
2.4.5 Солнечный датчик	13
2.4.6 Двигатель-маховик	14
2.4.7 Камера ДЗЗ	15
2.4.8 Высокочастотный передатчик и приемник	16
2.4.9 УКВ-передатчик и приемник	17
2.4.10 Солнечная батарея	18
3. Использование по назначению	18
3.1 Подготовка изделия к использованию	18
3.2 Меры безопасности	18
3.3 Объем и последовательность внешнего осмотра изделия	19
3.4 Монтаж и демонтаж изделия	19

3.5 Меры безопасности	19
4 Сборка конструктора	19
4.1 Сборка кабельной сети	19
4.1.1 Сборка шлейфов.	20
4.1.2 Проверка шлейфов.	22
4.1.3 Сборка кабельной сети.	23
4.2 Сборка конструктора	23
4.2.1 Установка маховика	23
4.2.2 Установка СЭП	24
4.2.3 Установка боковой пластины	24
4.2.4 Установка выносного блока СЭП	24
4.2.5 Установка верхней крышки	25
4.3 Запуск аппаратной части	25
4.3.1 Загрузка и запуск программы	26
Шаг 1. Загрузите архив	26
Шаг 2. Выбрать загруженное задание из списка	27
Шаг 3. Запустить выполнение программы	27
Шаг 4. Запустить программу	28
Шаг 5. Завершение работы с программой	29
4.3.2 Работа с ПО ЦУП	29
4.3.3 Установка ПО ЦУП и драйвера кабеля USB-RS485	29
4.3.4 Интерфейс	30
4.3.5 Получение снимка с камеры	31
4.3.5.1 Подключение Камеры	31
4.3.5.2 Подключение ВЧ-передатчика	31
4.3.5.3 Установка статического IP адреса	32
4.3.5.4 Отключение Брандмауэра Windows	34
4.3.5.5 Запуск ЦУП	36
5 Техническое обслуживание изделия	37
5.1 Состав и квалификация персонала	37
5.2 Проверка работоспособности изделия	37

6 Текущий ремонт	37
7 Хранение	38
7.1 Условия хранения изделия	38
7.2 Срок хранения	38
7.3 Предельный срок хранения	38
7.4 Правила постановки изделия на хранение	38
7.5 Правила снятия изделия с хранения	38
8 Транспортирование	38
8.1 Условия транспортирования	38
8.2 Подготовка к транспортированию	38
9 Утилизация	39

1. Введение

Руководство по эксплуатации (далее по тексту – РЭ) включает в себя общие сведения, предназначенные для ознакомления обслуживающего персонала с работой и правилами эксплуатации конструктора и набора имитаторов космической среды. Документ содержит технические характеристики, описание конструкции и принципа действия, а также сведения, необходимые для правильной эксплуатации изделия. Перед началом работы необходимо ознакомиться с настоящим руководством, так как эксплуатация изделия должна проводиться лицами, ознакомленными с принципом работы и конструкцией изделия. Изделие может обслуживать персонал, знакомый с принципами его работы. Запрещается производить какие-либо работы на незакрепленном изделии. Запрещается производить монтаж и демонтаж изделия при включенном электропитании изделия. Изделие не требует проведения каких-либо видов технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Предприятие-производитель оставляет за собой право производить не принципиальные изменения, не ухудшающие технические характеристики изделия. Данные изменения могут быть не отражены в тексте настоящего документа.

2. Описание и работа изделия

2.1 Назначение изделия

Конструктор вместе с набором имитаторов космической среды является комплексом полунатурного моделирования, предназначенным для обучения основам разработки космических аппаратов.

Главная особенность конструктора в том, что он позволяет сделать упор на системное проектирование космического аппарата в целом и быстрое получение результата — работающего прототипа.

2.2 Технические характеристики

2.2.1 Основные характеристики соленоида магнитной рамки:

- Зона однородности (5%, 1 градус) совпадает с размером конструктора
- Материал: каркас алюминий, проводник - медь;
- Габариты: обеспечивают свободное вращение макета внутри нее на струне с возможностью регулировки по высоте на величину ± 5 см.
- Время непрерывной работы на полной мощности: не менее 4 часов;
- Напряжение питания: не более 27 В
- Безопасная при лабораторном использовании.

2.2.2 Основные характеристики глобуса:

- диаметр 130 см.
- масса всего имитатора (глобус и спрятанный внутри привод с системой управления) 40 кг,
- масса глобуса 20 кг, материал глобуса - прочный стеклопластик,
- хорошая контрастность покрытия глобуса,
- карта с видом Земли из космоса и сеткой из параллелей и меридианов

- вертикальная ось вращения глобуса,
- скорость вращения глобуса может плавно или ступенчато регулироваться от ПК от 0 до 1 об/мин, максимальная погрешность поддержания скорости вращения не больше $\pm 2\%$; на турнире скорость вращения будет выставлена равной 0.2 об/мин,
- все привода, электроника и прочее – расположены внутри глобуса,
- глобус подключается к розетке 220 В и к порту USB управляющего ПК

2.2.3 Характеристики системы управления глобусом:

- одноосный электропривод
- драйвер привода и плата управления драйвером
- подключение к компьютеру по интерфейсу USB
- система управления «наземными» пунктами телеметрии, а также фотодиод для детектирования света лазерной указки «борта».

2.2.4 Основные параметры имитатора Солнца:

- непараллельность пучка не хуже 12 град,
- спектр излучения - максимально приближенный к солнечному,
- диаметр пучка света, концентрирующий 90% мощности, не более 20 см,
- мощность видимого излучения близка к Солнечной 1367 Вт/м² на расстоянии не менее 0.2 м от источника света,
- безопасность для глаз (защита в виде очков),
- во время проведения эксперимента имитатор неподвижен, и может быть легко перемещен одним человеком на любое расстояние между экспериментами,
- питание от обычной сети 220 В,
- наличие системы крепления (штатива), позволяющей возможность плавной регулировки источника света по высоте (от 0.5 до 1.5 м), по углу наклона к горизонту (-60..60 град),

2.3 Состав изделия

2.3.1 Состав конструктора

Внешний вид собранного макета спутника и набора имитаторов космической среды.



Конструктор включает в себя:

- центральный бортовой компьютер на основе Raspberry Pi;
- систему энергоснабжения, включая аккумулятор и блок управления;
- систему определения ориентации и стабилизации, включая солнечные датчики, магнитометр, датчик угловой скорости, а также двигатель-маховик;
- систему радиопередачи телеметрии;
- полезную нагрузку (камеру для съемки).

Внешний вид конструктора в чемодане



Внешний вид составных частей конструктора.



- а — система энергопитания с выносным блоком управления (СЭП);
- б — тестер шлейфов;
- в — бортовой компьютер управления (БКУ);
- г — кримпер для обжима разъемов на шлейф;
- д — отвертка;
- е — кусачки;
- ж — двигатель маховик;
- з — датчики и передатчики;

и, м — корпус;
к — зарядное устройство (адаптер);
л — «солнечные батареи»;
н — шлейф;
о — разъемы;
п — уголки.

2.3.2 Имитатор магнитного поля Земли

Имитатор магнитного поля Земли – замкнутый соленоид (кольцо Гельмгольца), предназначенный для создания управляемой величины магнитного потока, направленного сквозь вертикально установленную его плоскость (рабочую плоскость). Такая рамка играет роль упрощенного одноосного имитатора магнитного поля Земли.



Токовая рамка устанавливается на пол и обеспечивает возможность размещения на нити конструктора так, чтобы его центр масс был размещен в рабочей плоскости – экваториальной плоскости глобуса, на высоте примерно 80 см от пола, и обеспечивалось его неограниченное свободное вращение.

2.3.3 Имитатор Земли

Имитатор Земли - земной глобус, обеспечивающий:

- геометрически - масштабированный внешний вид Земли, видимый с борта спутника, диаметром 130 см.
- кинематику движения спутника по подспутниковой трассе вдоль экваториальной орбиты - или в реальном времени, или с использованием обоснованного масштабирования (ускорение, замедление времени), условия съемки определенных участков поверхности аналогично и в тех же терминах, что и съемка реальной земной

поверхности спутниками ДЗЗ (время, орбитальные параметры, координаты точки, координаты региона);

- условия связи с «землей» (наземными измерительными пунктами – НИПами) по телеметрической и телекомандной радиолинии, когда наземный пункт оказывается в зоне геометрической радиовидимости борта – включаются светодиоды соответствующей «наземной станции»;
- условия передачи данных «на землю» по высокоскоростному каналу связи, когда наземный пункт оказывается в зоне геометрической радиовидимости борта.



Спутник «летит по околоземной орбите», а по сути - висит на нити в имитируемом «геомагнитном» поле (внутри токовой рамки) и поворачивается в горизонтальной плоскости на нити - или свободно, или под действием бортовой системы управления, запрограммированной пользователем - в то время, как глобус Земли перед ним равномерно вращается, имитируя движение аппарата по экваториальной орбите. Требуемый для съемки участок поверхности глобуса в районе экватора глобуса рано или поздно оказывается перед повешенным аппаратом, и задача системы управления спутника - к этому моменту сориентировать и стабилизировать спутник на подвесе, направив поле зрения камеры с необходимой точностью на интересующий участок, снять его и затем передать данные съемки «на Землю» пользователю, сопровождая эту возможность ориентацией лазерной указки на требуемый «наземный» пункт приема.

Управление Глобусом осуществляется через порт USB ПК, в задачи которого входит управление вращением глобуса, а также управление сетью «наземных» (на поверхности глобуса) центров приема и обработки телеметрии (НИП), а также «поверхностных» центров приема высокоскоростной информации. Эти центры размещены на поверхности «Земли» в заранее известных, заданных и неизменных во времени географических точках.

Условия связи с «Землей» по телеметрической и телекомандной радиолинии имитируются путем расчета, когда тот или иной НИП на поверхности глобуса находится в зоне геометрической радиовидимости с подвешенным на струне бортом, и выдачи соответствующей команды на включение или выключение радиоприемника этого наземного пункта. После включения наземный пункт по умолчанию находится в режиме приема данных телеметрии.

Условия передачи данных с борта на «Землю» (фотоприемник на поверхности глобуса) по высокоскоростному каналу связи имитируются с использованием засветки и удержания бортовым лазерным лучом указки заданного маркера на поверхности вращающегося глобуса. Факт засветки фотодиода на поверхности глобуса в течение заданного интервала

времени является признаком нормальной ориентации «борта» на «Землю», после чего данные с борта передаются по обычному каналу Wi-Fi все время, пока светодиод ВЧ-передатчика подсвечивает необходимый маркер.

Все геометрические параметры глобуса, кинематические параметры его вращения согласованы с возможностями динамической системы бортовой системы управления макета спутника (быстродействие, точность, число степеней свободы, время непрерывной работы)], а также с возможностями бортовой полезной нагрузки (поле зрения, время экспозиции, условия освещенности, скорость передачи данных), используемой в составе макета для получения специальной информации.

2.3.4 Имитатор Солнца



Имитатор Солнца – источник света, обеспечивающий пучок света, по ряду характеристик схожий с солнечным, с целью воздействия на систему ориентации макета, а также на условия съемки участков глобуса камерой, установленной в составе макета спутника.

Имитатор Солнца должен быть включен пользователем перед началом проведения эксперимента и отключен после проведения эксперимента вручную с использованием обычного выключателя.

2.3.5 Состав программного обеспечения

По комплекс ПО для конструктора, с которым взаимодействует пользователь, состоит из:

1. Web-интерфейса для взаимодействия с конструктором. Для этого требуется любой браузер и Wi-Fi-сеть.
2. Среда разработки программ - NotePad ++ в котором предусмотрен плагин для компилирования программ и проверки кода.

Для работы NotePad ++ требуется операционная система Windows.

2.4 Описание и работа составных частей изделия.

2.4.1 Система энергоснабжения

Виртуальное потребление - 60мА



Система энергоснабжения (СЭП) реальных спутников заряжает аккумуляторы от солнечных батарей и преобразует напряжение аккумуляторов в стабилизированное напряжение борта для различных приборов. В некоторых случаях СЭП позволяет по команде или автоматически отключать, или включать питание отдельных потребителей.

В конструкторе система энергоснабжения содержит аккумуляторную батарею, а наличие панелей солнечных батарей (СБ) и логика заряда-разряда аккумуляторов учитываются «виртуально». «Виртуальность» панелей СБ связана с тем, что зарядка аккумуляторов от реальных солнечных батарей затруднительна в помещении; эффективный заряд потребует слишком большой площади панелей СБ. Поэтому СЭП устроена следующим образом. Первая часть СЭП (реальная) фактически предоставляет энергию всем потребителям, заряжается от сети 220В и содержит достаточно энергии на «полет» длительностью до 4 часов. Вторая часть СЭП (виртуальная) имитирует работу системы энергоснабжения спутника, имеет ограниченный запас виртуальной энергии. Именно её видно при запросе телеметрии СЭП. Эта энергия пополняется при наведении имитатора солнечной батареи на имитатор солнца, а при полном исчерпании виртуальной энергии выполнение задания «бортом» аварийно завершается - как это и происходит в реальной жизни.

Реальная система энергоснабжения представляет из себя преобразователь напряжения, зарядное устройство и аккумулятор. Заряд аккумулятора производится с помощью зарядного устройства, входящего в комплект конструктора. К бортовой информационной сети/сети питания система энергоснабжения подключается стандартными шлейфами.

В нормальной работе собранный из конструктора спутник полностью автономен и запитан только от бортовых аккумуляторов, постепенно тратит свои виртуальные и реальные запасы энергии, выполняя заложенную на борт программу полета.

При «наземном» обслуживании, перед «полетом», бортовые аккумуляторы, естественно, нужно подзаряжать. Для этого зарядное устройство подключается к сети 220В. В этом случае сигнальный светодиод на СЭП загорается зеленым светом.

При работе со спутником не рекомендуется оставлять на длительное время (более 4 часов) систему энергоснабжения подключенной к зарядному устройству при отсутствии нагрузки.

Такое подключение может снизить срок службы аккумулятора. Остальные комбинации включения являются разрешенными.

2.4.2 Бортовой компьютер управления

Виртуальное потребление - 150мА



Бортовой компьютер управления (БКУ) конструктора содержит и выполняет пользовательскую программу полета «микроспутника». Именно программное обеспечение, запущенное на нём, решает в какой последовательности получать данные с каких датчиков, как их интерпретировать, какие выдавать команды управления, когда включить и выключить полезную нагрузку (сделать снимок), когда и какую информацию передать на «Землю».

О том как написать простейшую программу для конструктора Вы можете прочитать в разделе первое знакомство.

2.4.3 Магнитометр

Виртуальное потребление - 40мА



Чаще всего при проектировании космических аппаратов, работающих на низких орбитах, в качестве одного из устройств определения ориентации (как правило, дополняющего солнечные датчики), используют магнитометр.

Магнитометр измеряет магнитное поле вокруг себя, выдавая три компоненты вектора индукции магнитного поля, в единицах, измеряемых в Тесла. В идеальных условиях магнитометр на борту спутника измеряет именно геомагнитное поле Земли - то самое, которое заставляет поворачивать стрелку компаса у наземного пользователя. Однако в реальной жизни конструкция любого спутника содержит в своем составе магнитные материалы (например, постоянные магниты электроприводов), поэтому магнитометр измеряет некое суммарное поле Земли и поле самого спутника - т.н. суперпозицию полей.

Сравнение показаний магнитометра с расчетными значениями модели геомагнитного поля позволяют оценить ориентацию (а в некоторых случаях и положение) космического аппарата в пространстве. При проведении экспериментов с конструктором предполагается использование магнитометра в качестве прибора как для определения ориентации, так и для определения положения спутника на «орбите», т.е. для навигации. При этом «геомагнитное» поле, измеряемое магнитометром на борту, создается специальной лабораторной оснасткой и управляется от компьютера по заранее заданному и известному закону управления.

Внутри конструктора, как и на реальных аппаратах, показания магнитометра зависят не только от внешнего «геомагнитного» поля. Другие приборы (в основном двигатели маховика и система энергоснабжения) могут вносить помехи в измерения, поэтому не рекомендуется установка магнитометра в непосредственной близости от этих устройств.

2.4.4 Датчик угловой скорости

Виртуальное потребление - 40мА



Датчик угловой скорости (ДУС) позволяет измерять текущие угловые скорости аппарата по трем осям. В зависимости от места установки датчика одно из этих показаний, а именно - скорость вращения вокруг нити - будет критически важным для управления аппаратом, а два других помогут оценить колебания его центра масс относительно местной вертикали, что также может быть использовано в управлении.

Угловая скорость, определяемая датчиком, равняется 0.00875 градусам/секунду на одну единицу RAW (см. библиотеку функций, `hyro_request_raw`).

2.4.5 Солнечный датчик

Виртуальное потребление - 45мА



Солнечные датчики на спутниках выполняют роль датчиков ориентации, определяя пространственное положение спутника относительно Солнца. Очень часто они используются для грубой ориентации панелей солнечных батарей спутника на Солнце. Следует заметить, что полностью определить ориентацию спутника только по показаниям солнечных датчиков невозможно - всегда останется неопределенность с углом поворота аппарата вокруг направления «спутник-Солнце».

Датчик возвращает показания с двух сенсоров осматривающих левую и правую полусферы соответственно. При засветке одного из сенсоров по уровню освещенности можно оценить угол наведения на Солнце. При засветке двух датчиков более правильным подходом будет использование отношения уровней освещенности на обоих сенсорах.

Вычисление конкретных зависимостей угла от уровней освещенности называется калибровкой датчика под различные условия. Тем не менее даже без калибровки датчики подобной конструкции могут быть использованы для наведения на солнце путем анализа взаимной освещенности правой и левой полусфер датчика.

Следует обратить внимание, что точность установки самих сенсоров внутри корпусов солнечных датчиков не идеальна - так оно и бывает в реальной жизни, делая каждый датчик по-своему уникальным. Это связано с неточностью изготовления корпусов относительно требуемых размеров, погрешностями установки плат электроники внутри корпусов, неидеальностью самих сенсоров (все они немного отличаются друг от друга).

Большинство подобных погрешностей остается неизменными в течение срока эксплуатации, хотя бывают и погрешности, сильно зависящие от внешних факторов (например, температуры). В нашем случае полагаем, что погрешности измерений каждого из датчиков неизменны во времени, мало зависят от температуры, и это дает возможность выполнить их однократную калибровку перед началом использования.

2.4.6 Двигатель-маховик

Виртуальное потребление - 2000мА



При движении по орбите многим спутникам требуется точная ориентация определенными гранями в нужном направлении - относительно Земли, Солнца, звезд или как-то иначе. Например, чтобы навестись камерой ДЗЗ на Землю или солнечными батареями на Солнце. На малых же аппаратах для обеспечения заданной ориентации спутника в пространстве относительно центра масс чаще всего используются двигатели-маховики.

Двигатель-маховик - электромеханическое устройство, представляющий собой электромотор с насаженным на его ось вращения колесом. Двигатель вращается, то ускоряясь, то замедляясь, и по закону сохранения кинетического момента, вращается быстрее или медленнее сам космический аппарат. Так как в условиях космоса внешние силы отсутствуют и количество движения не может изменяться, вращение маховика по часовой стрелке приводит к вращению всего космического аппарата против часовой стрелки. Таким образом управляя двигателем и вращением двигателя-маховика мы можем управлять движением вокруг центра масс (по сути, вращением) всего аппарата.

В нашей модели свободное вращение конструктора, и, следовательно, маховика, возможно только вокруг одной оси - вертикальной. Поэтому на «спутник» устанавливается только один маховик ориентации.

Позволяет задать скорость маховику, в случае успеха возвращает код LSS_OK и значение confirm равное требуемому RPM. Однако реальный разгон маховика до требуемой скорости может занять продолжительное время.

2.4.7 Камера ДЗЗ

Виртуальное потребление - 200мА



Камера дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) - полезная нагрузка для съемки Земли из космоса, ради которой и проектируется космический аппарат в нашем случае. В реальности, кроме камер для съемки Земли, существует огромный спектр различных полезных нагрузок для космических аппаратов - приборов научного, образовательного, военного, технологического назначения.

Шлейф для подключения камеры должен быть максимально коротким и аккуратным (не длиннее 40см) не должно оставаться отрезков неиспользованного шлейфа за разъемами после сборки шлейфа.

Подключать камеру можно только непосредственно в разъем камеры на центральном компьютере.

О том как работать с камерой конструктора Вы можете прочитать в разделе использование камеры ДЗЗ.

2.4.8 Высокочастотный передатчик и приемник

Виртуальное потребление передатчика - 6100мА



Система радиосвязи является одной из ключевых служебных бортовых систем. Однако, как и многие инженерные системы, она не имеет идеального решения. При проектировании каждого аппарата нужно искать баланс между скоростью передачи данных и энергопотреблением бортовой радиоаппаратуры, а также между шириной диаграммы направленности бортовой антенны и её эффективностью. Каждый новый проект спутника требует своих подходов для решения проблемы обмена данными между бортом и Землей.

Стандартным решением является установка на спутник аппаратуры низкоскоростной связи для передачи телеметрии по линии «борт-Земля», а также команд управления на спутник по линии «Земля-борт». Как правило, в этом случае спутник оснащен или всенаправленной антенной, или системой узконаправленных бортовых антенн. Подобная система позволяет связываться с космическим аппаратом независимо от его ориентации и скорости вращения; она потребляет малую мощность, но и скорость передачи данных обеспечивает небольшую (порядка 9600 бит/сек).

Другой вариант - использовать на линии «борт-Земля» высокочастотный скоростной передатчик с узкой диаграммой направленности антенны, для передачи информации полезной нагрузки на Землю. Скорости передачи данных подобным способом составляют десятки и сотни Мегабит в секунду. Однако подобная аппаратура потребляет большую мощность и требует точной ориентации бортовой антенны, а, следовательно, и всего спутника, относительно Земли, чтобы попасть диаграммой направленности бортовой антенны в наземную приемную станцию.

Высокочастотный (ВЧ) скоростной передатчик реализован в составе конструктора как отдельный модуль, включающий простой светодиод, мигающий с заданной частотой и определенной последовательностью. В тот момент, когда свет от этого «передатчика» попадает на высокочастотный приемник на Земле, считается, что канал связи установлен и можно передавать данные фотографий со спутника на Землю (в реальности - по WiFi).

Высокочастотный (ВЧ) высокоскоростной приемник входит в состав набора конструктора и имитирует наземную станцию приема информации по высокоскоростному каналу. На этапе проведения экспериментов аналогичные приемники будут смонтированы непосредственно на поверхности Земли, т.е. на глобусе. Однако для предварительной отработки «высокоскоростного радиоканала» следует использовать данный модуль.

Данный модуль работает совместно с программным обеспечением Центра управления полетом (ЦУП). При наведении на него «луча» бортового ВЧ-передатчика наземный ВЧ-приемник сигнализирует ЦУПу об установке канала связи. Линию связи нужно еще и удерживать, обеспечив точную стабилизацию «спутника» - только в этом случае по каналу связи можно передавать данные с полезной нагрузки спутника на «Землю». При этом учитывается качество канала связи, зависящее от точности наведения бортового ВЧ-передатчика на ЦУП: оно определяет, будет ли передана фотография, и отображается в виде шкалы от 0 до 100 в правой верхней части интерфейса ПО ЦУП.

Так как ВЧ канал служит для «передачи» снимков с камеры, то пример кода для работы с ним можно найти в разделе Камера ДЗЗ.

2.4.9 УКВ-передатчик и приемник

Виртуальное потребление - 210мА



УКВ радиоканал служит для передачи телеметрии с борта спутника на Землю. Количество телеметрической информации с аппарата, как правило, значительно ниже, чем поток данных с полезной нагрузки, ради которой данный спутник был запущен в космос. С другой стороны, при неполадках на борту и при возможной потере аппаратом ориентации данный канал связи остается доступным, для получения критически важной информации о состоянии бортовых служебных систем и восстановления работоспособности спутника. При этом низкоскоростной канал связи потребляет малое количество энергии по сравнению с ВЧ радиоканалом.

В составе конструктора УКВ-радиоканал реализован в виде двух модулей: бортового модуля УКВ-передатчика и наземного модуля УКВ-приемника. Массив данных, передаваемых с борта на Землю, представляет из себя байтовый массив произвольной длины и состава, который можно передать на Землю, с указанием его длины. На Земле

полученные сообщения во время сеанса связи отображаются в реальном времени в интерфейсе ПО ЦУП «как есть», так что выгоднее всего передавать телеметрию в текстовом виде.

УКВ передатчик космического аппарата - чаще всего работает на частоте 145 или 436 МГц и обеспечивает небольшую скорость передачи данных, с всенаправленной или близкой к всенаправленной бортовой антенной.

УКВ передатчик в конструкторе имеет номер «2» (указан на корпусе).

УКВ-приемник из состава конструктора имитирует работу радиоприемной части наземной станции приема телеметрической информации по низкоскоростному каналу. Во время экспериментов со «спутником» аналогичные приемники будут смонтированы непосредственно на поверхности «Земли» - глобусе. Однако для предварительной отработки работы со спутником в комплекте также поставляется данный УКВ-приемник телеметрии.

Сам приемник работает совместно с ПО ЦУП. При передаче данных телеметрии бортовым радиоканалом и подключенном УКВ-приемнике в наземной сети, эти данные будут автоматически приниматься наземным радиоканалом и отображаться в текстовом поле в левой части пользовательского интерфейса ПО ЦУП.

УКВ приемник в конструкторе имеет номер «1» (указан на корпусе).

2.4.10 Солнечная батарея



Солнечная батарея построена на базе стандартного датчика освещенности. Она генерирует энергию постоянно без каких-то дополнительных действий со стороны пользователя. При наведении солнечной батареей на солнце запас виртуальной энергии СЭП начинает пополняться.

3. Использование по назначению

3.1 Подготовка изделия к использованию

Изделие полностью готово к использованию по назначению по завершении монтажных и пусконаладочных работ. Монтажные и пусконаладочные работы могут производиться представителями предприятия-изготовителя, уполномоченными сервисными центрами и представителями Заказчика.

3.2 Меры безопасности

Во избежание повреждения изделия следует внимательно ознакомиться с манипуляционными знаками, нанесенными на упаковку изделия.

При обращении с глобусом будьте очень аккуратны!

Ни в коем случае не вращайте его, это может привести к выходу глобуса из строя.

3.3 Объем и последовательность внешнего осмотра изделия

При внешнем осмотре изделия следует проверить:

- комплектность изделия в соответствии с формуляром (паспортом);
- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоту гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей, переходников;
- состояния лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- отсутствие отсоединившихся или плохо закрепленных модулей изделия (определяется визуально или на слух при изменении положения изделия).

3.4 Монтаж и демонтаж изделия

К монтажу, наладке и техническому обслуживанию изделия допускаются лица, имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей, прошедшие курс обучения и получившие соответствующее удостоверение. Монтаж изделия должен производиться в помещениях промышленных предприятий, имеющих атмосферу, не содержащую химически активных и агрессивных паров и токопроводящей пыли, с содержанием пыли не более 3 мг/м³, в местах, защищённых от прямого попадания солнечных лучей, воды.

Электропитание изделия должно осуществляться от сети переменного тока напряжением 230 В. Внимание! Корпус изделия заземлять не требуется.

3.5 Меры безопасности

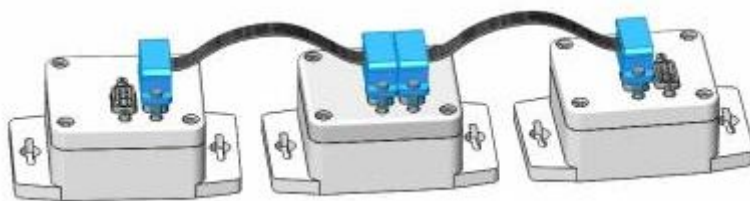
В ходе эксплуатации изделия персоналу надлежит исполнять рекомендации, изложенные в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Запрещается работа с изделием лицам, не сдавшим зачет по технике безопасности в установленном порядке. Запрещается производить какие-либо работы на незакрепленном изделии. Категорически запрещается подсоединение (отсоединение) внешних электрических цепей при включенном электропитании изделия.

4 Сборка конструктора

4.1 Сборка кабельной сети

Шлейфы — важная часть бортовой кабельной сети, которая служит для информационного обмена между подсистемами и центральным компьютером, а также для подачи питания на подсистемы.

Все подсистемы спутника имеют по два дублирующих разъема для подключения к бортовой сети. Таким образом, подключенный к бортовой сети прибор не только сам доступен для информационного обмена, но и предоставляет возможность подключения через себя «гирляндой» последующих подсистем.



Информационная сеть построена на шинной архитектуре с использованием последовательных интерфейсов RS-485. Для облегчения монтажа линии питания и информационная сеть объединены в один шлейф.

Подключение подсистем осуществляется через разъем DB-9F («мама») со стороны жгута и DB-9M («папа») со стороны прибора.

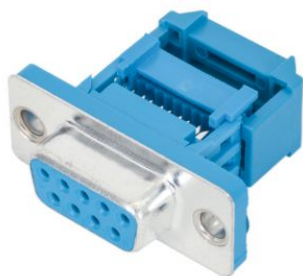


DB-9F "МАМА"

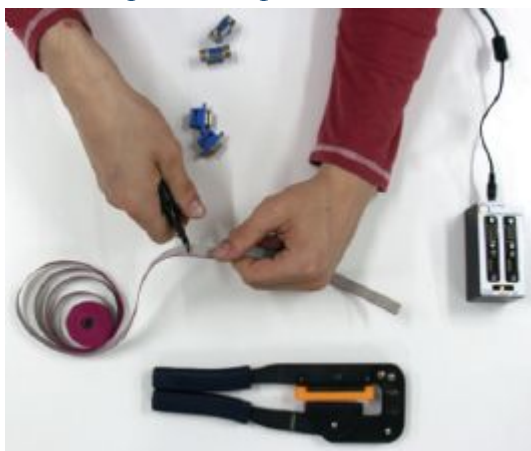
DB-9M "ПАПА"

Поскольку возможна различная компоновка элементов конструктора, то определение длины каждого шлейфа остается за пользователем (в среднем 25-30 см).

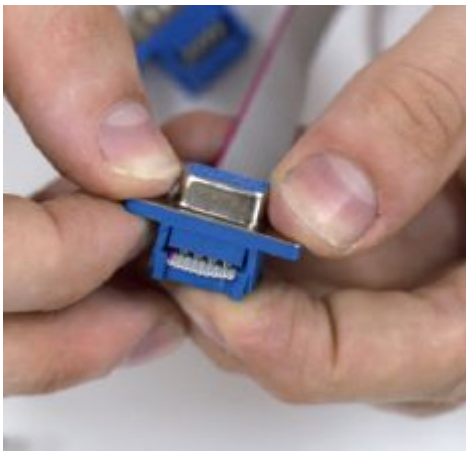
Для сборки основной шины необходимо взять девятиканальный шлейф и разъемы DB-9F.



4.1.1 Сборка шлейфов.



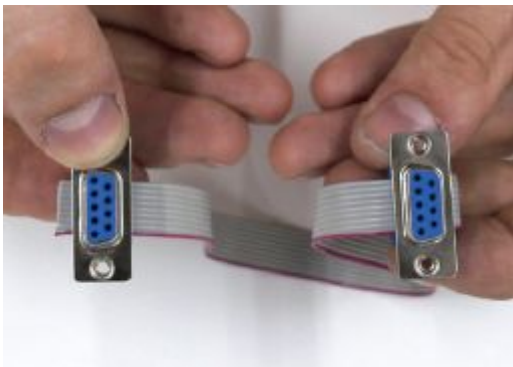
Отрежьте кусачками кусочки шлейфа необходимой длины.



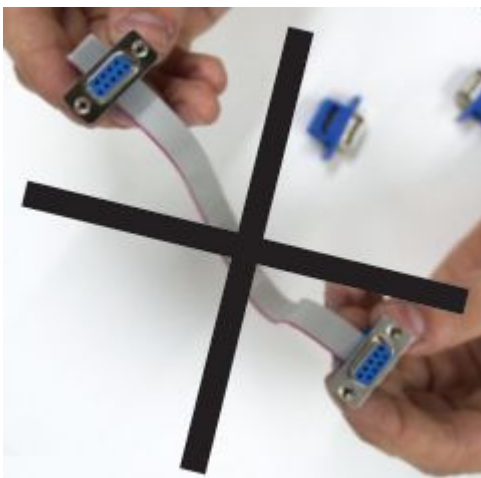
Для сборки разъема нужно убедиться, что каждый из пинов разъема точно совпадает с одним из проводов шины.



Далее помещаем собранный, но необжатый шлейф в кримпер, как указано на фотографии. Поправьте шлейф в разъеме, если он сместился, перед тем, как обжать его.



Обратите внимание, что разъемы на шине должны быть сориентированы одинаково. Если сделать это по-разному, произойдет короткое замыкание.



Неправильная установка разъемов на шлейф.



Необходимо следить, чтобы не произошло смещения шлейфа относительно пинов в разъеме, как показано на фотографии.

Еще раз обратите внимание на важность правильной установки разъемов.

Правильная сборка шлейфа.

Неправильная сборка шлейфа.



Важно!

Кабель для подключения камеры «папа-папа» не должен быть длиннее 40 см.

4.1.2 Проверка шлейфов.

Для проверки шлейфов используется специальное устройство — тестер шлейфов. Перед началом работы тестер шлейфов необходимо подключить к сети 220В с помощью адаптера.



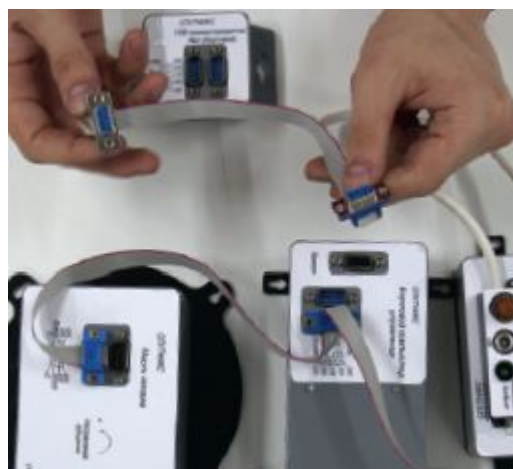
Для проверки шлейфа его необходимо подключить к двум разъемам тестера. По цвету индикатора можно определить исправен ли шлейф.

Если горит желтый огонек «Разрыв», то значит у вас разрыв цепи. Вероятнее всего Вы не до конца обжали шлейф.

Если у Вас загорелся красный огонек «Короткое замыкание», то значит либо Вы повредили изоляцию двух соседних каналов при обжатии шлейфа, либо неправильно поставили два разъема относительно друг друга.

4.1.3 Сборка кабельной сети.

При сборке кабельной сети возможно, как последовательное соединение всех приборов сети с использованием шлейфов типа «точка-точка», так и создание ветвлений при использовании шлейфов с более чем двумя разъемами.



Важно!

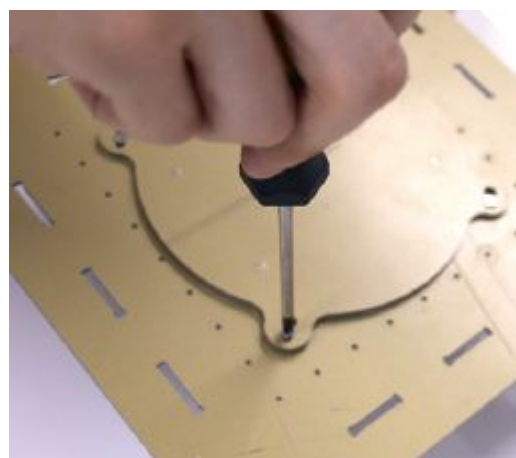
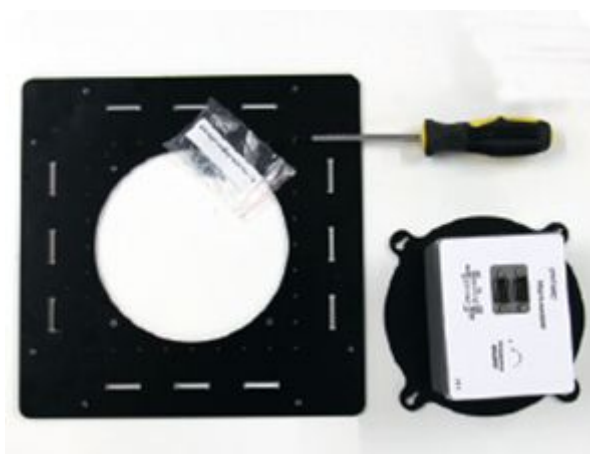
Запрещается подключать в одну кабельную сеть приборы, не предназначенные для использования «на борту» («наземный» ВЧ-приёмник и «наземный» УКВ приемник телеметрии), и приборы бортовой сети. Особенно важно следить, чтобы в одной кабельной сети не оказались кабель подключения наземного сегмента USB-RS485 и бортовая система энергоснабжения (СЭП). В противном случае возможно повреждение компонентов конструктора.

4.2 Сборка конструктора

4.2.1 Установка маховика

Подготовьте детали для установки двигателя-маховика: основание конструктора, модуль маховика, набор винтов.

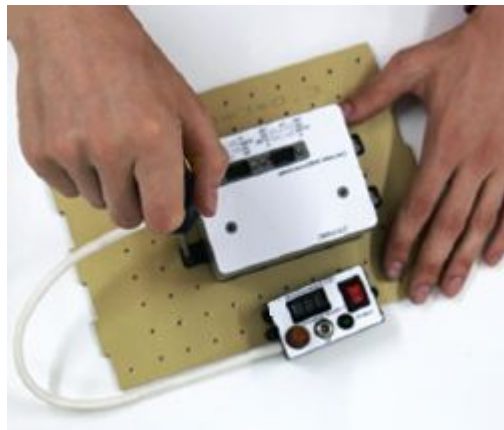
Присоедините мотор к нижней пластине (основанию) спутника. Присоедините мотор винтами к основанию.



4.2.2 Установка СЭП

Возьмите четыре боковые пластины — стенки спутника, модуль СЭП и БКУ, а также набор крепежных винтов.

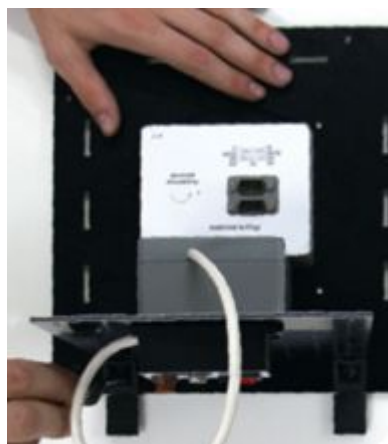
Присоедините модуль СЭП к боковой пластине с внутренней стороны.



4.2.3 Установка боковой пластины

Присоедините к боковой пластине пластиковые уголки при помощи винтов.

Вставьте боковую пластину в пазы пластины основания и соедините при помощи винтов и пластиковых уголков.



4.2.4 Установка выносного блока СЭП

Смонтируйте выносной блок включения СЭП снаружи. Установите БКУ на другой пластине и присоедините оставшиеся пластины к основанию так же, как и первую пластину. Соедините устройства при помощи шлейфов.



4.2.5 Установка верхней крышки

Установите верхнюю крышку корпуса и соедините при помощи пластиковых уголков к боковым пластинам.

Закрепите все уголки винтами. Смонтируйте при помощи винтов необходимые подсистемы и соедините их при помощи шлейфов с БКУ и СЭП.



4.3 Запуск аппаратной части

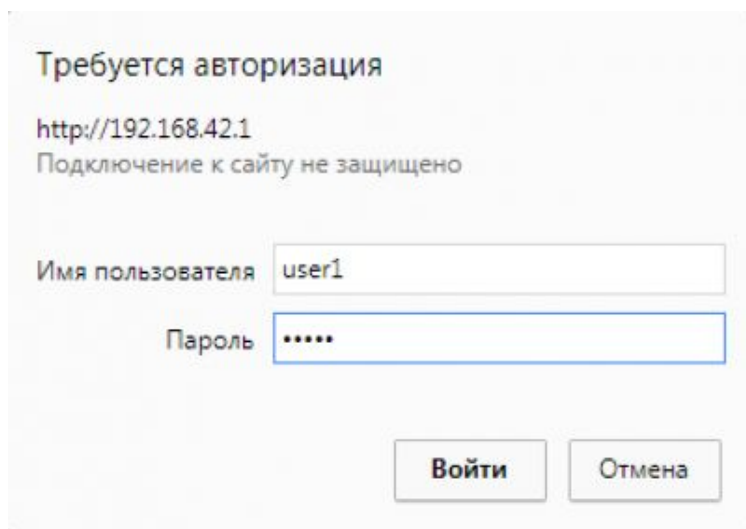
Нажмите на красную кнопку включения СЭП. Должно загореться табло вольтметра. Показания вольтметра должны быть не менее 7.4 В. Если напряжение батареи ниже, то зарядите СЭП, используя зарядное устройство, идущее в комплекте конструктора. При зарядке загорится зеленый индикатор на выносном блоке СЭП.

Подождите 30-60 секунд, после чего проверьте окружение сетей Wi-Fi. В качестве точки доступа там должна появиться сеть конструктора с именем **SCHSAT**. Подключитесь к сети и подождите 10 секунд.

У выбранной Wi-Fi сети будет отметка «Подключение ограничено» или «Без доступа к интернету». Это нормально, так как Wi-Fi сеть, которую создает конструктор, не предназначена для выхода в интернет, а нужна для управления конструктором.

Откройте браузер и введите в адресной строке адрес 192.168.42.1

Появится окно ввода имени пользователя и пароля. В обоих полях введите user1 и нажмите Войти.



Требуется авторизация

http://192.168.42.1
Подключение к сайту не защищено

Имя пользователя user1

Пароль

Войти Отмена

Откроется Web-интерфейс конструктора. С его помощью Вы можете загружать программы на бортовой компьютер, заходить на Wiki, а также делать базовые настройки, такие как смена имени Wi-Fi сети, которая может Вам понадобится в дальнейшем.

Для удобства работы инструкция по работе с Web-интерфейсом продублирована в самом Web-интерфейсе. Одновременно в БКУ может быть загружено несколько программ.

4.3.1 Загрузка и запуск программы

Шаг 1. Загрузите архив

Загрузите сформированный в NotePad++ zip-архив (C:\ - _Test_Program – HelloWorld.zip) в область для загрузки. В поле комментариев обязательно напишите название своей программы. Нажмите кнопку отправить и подождите несколько секунд.

Конструктор

Настройки
Шаг 1
Шаг 2
Шаг 3
Выйти

Конструктор

Добро пожаловать в отладочный интерфейс программного обеспечения конструктора. Используя этот интерфейс вы сможете загрузить на борт центрального компьютера архив с программой, подготовить одно из загруженных заданий к выполнению и выполнить его. ↵

Шаг 1

добавить задание

Для загрузки архива программы на борт подготовьте его используя ПО разработчика, выберите подготовленный файл, введите короткий комментарий, который поможет идентифицировать данное задание в дальнейшем и нажмите кнопку "Отправить" ↵

← Комментарий (надо ввести!)

← Имя выбранного файла

Шаг 2. Выбрать загруженное задание из списка

Кликните на ссылку в поле «UUID задания», чтобы активировать необходимую программу. После этого нажатия будет осуществляться компиляция программы. Это может занять некоторое время.

Шаг 2

развернуть задание

После того как один или несколько архивов программ загружены на центральный компьютер вам необходимо подготовить одну из них к выполнению. Просто выберете в таблице ваше задание и нажмите на его уникальный UUID. В этот момент прошлое активное задание будет удалено и будет произведена компиляция исходного кода выбранной программы и линковка со стандартной библиотекой. ↵

Показать записей Поиск:

ID	Время загрузки	UUID задания	Примечание
1	2018-03-07 14:46:34	d5ae64a389fd50	Hello World Program

← Кликнуть

Подождите несколько секунд: сначала страница обновится и покажет Шаг 1, а затем автоматически перейдет в Шаг 3.

Шаг 3. Запустить выполнение программы

На шаге 3 отображается ссылка, кликните на нее. Откроется новое окно браузера, в котором нужно будет запустить программу.

Шаг 3

выполнить задание

Ниже будут отображаться все предупреждения которые возникнут на этапе линковки вашей программы. Если их нет или вы хотите их проигнорировать и всё равно запустить программу - перейдите по выделенной ссылке и запустите задание на выполнение. ↩

```
cc -Wall -I. -fpic -g -O2 -rdynamic -lm -lschsat -lschsat-dev
```

← Отчет о компиляции

<http://192.168.42.1:8082/main> ← Кликнуть

В строке над ссылкой отображается краткий отчет о результатах компиляции. В частности, там могут быть предупреждения об ошибках, которые будут отмечены красным цветом.

Шаг 4. Запустить программу

Для запуска программы нужно кликнуть кнопку Запуск программы в открывшейся странице браузера. 

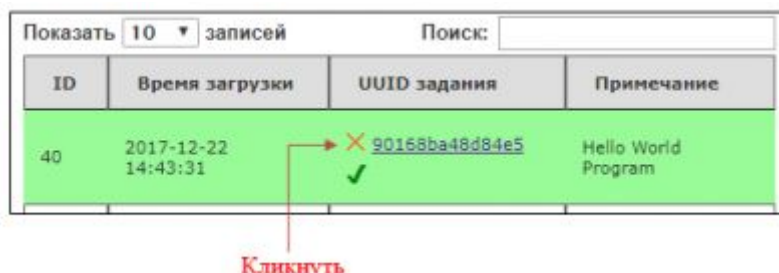
Программа будет отработана (в нашем случае появится приветствие «hello, world!») и завершится. Повторный клик на той же кнопке запустит программу заново, запускать ее в одной странице можно неограниченное количество раз.



Шаг 5. Завершение работы с программой

Для завершения работы программы можно просто закрыть страницу браузера, вернуться к Шагу 2, чтобы выбрать другую уже загруженную программу, или к Шагу 1, чтобы загрузить новую.

Удалить ненужную программу из списка можно просто кликнув на красный крестик в поле «UUID задания» рядом со ссылкой выбора программы.



Также в самом конце страницы Web-интерфейса есть возможность удалить сразу все загруженные программы, введя в строку пункта «Прибраться» команду CLEAN-ALL.

Прибраться

удалить все задания

Возможно настал момент, когда вы хотели бы немного прибраться. Вы можете удалить все задания и тем самым освободить ресурсы бортового компьютера, если введете ключевую фразу в строке ввода ниже и подтвердите свое намерение нажатием кнопки "Подтвердить".

Введите: CLEAN-ALL

4.3.2 Работа с ПО ЦУП

В этом разделе описано программное обеспечение центра управления полетами (ЦУП).

ЦУП работает на «наземном» компьютере и обеспечивает необходимый функционал для приема и отображения данных со спутника - как телеметрии о работе бортовых систем, так и данных с полезной нагрузки. «Наземными» устройствами являются ВЧ-приемник и УКВ-приемник, которые подключаются при помощи кабеля USB-RS485 к компьютеру.

В случае использования комплекса имитаторов космической среды, к компьютеру подключаются имитатор Земли (глобус) и блок управления имитатором магнитного поля Земли (магнитной рамкой).

4.3.3 Установка ПО ЦУП и драйвера кабеля USB-RS485

Установим драйвер кабеля USB-RS485

- Откройте архив [ch341ser.zip](#)
- Запустите файл [SETUP.EXE](#) и дождитесь сообщения об успешной установке драйвера



- Нажмите *OK*
- Закройте окно установки драйвера

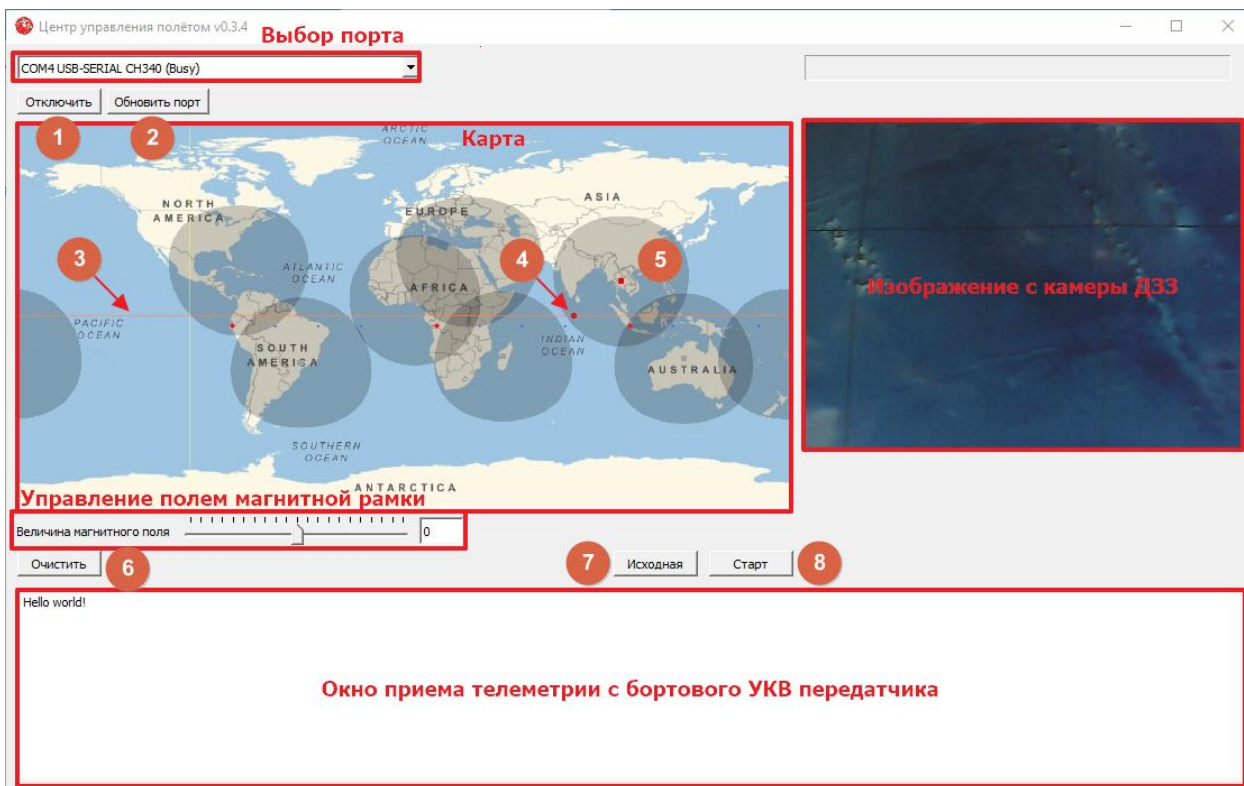
Далее необходимо установить ПО ЦУП

- Содержимое архива *Центр управления полетами ЦУП* необходимо распаковать в раздел *C:* (корень диска *C*)
- Зайдите в папку *Ground_Control_(версия)*
- Запустите файл *GroundControl.exe*

Также вы можете установить ПО ЦУП в любую другую папку. Важно чтобы путь нахождения папки был прописан на латинице, без использования специальных символов (!#@ и т.д.), не содержал пробелов и не начинался с цифры.

4.3.4 Интерфейс

Перед вами открыто окно ЦУП



ЦУП имеет одно окно с набором полей:

- *Выбор порта*
После подключения кабеля USB-RS485 из набора конструктора к компьютеру в выпадающем списке должен появиться порт *USB-SERIAL CH340*.
- *Карта*
Это поле используется при работе с Лабораторной оснасткой. Точка обозначает спутник, который движется по орбите. Выделенные темным поля обозначают зоны действий станций УКВ, а красные точки - станции приема ВЧ-сигналов.
- *Прием телеметрии*
Внизу расположено поле, предназначенное для отображения информации, поступающей со спутника по УКВ-радиоканалу (телеметрия).
- *Снимок с камеры*
В этом поле появятся снимки, которые вы будете получать с камеры ДЗЗ. О том как настроить камеру и принять снимок Вы можете прочитать в разделе Использование камеры ДЗЗ.

4.3.5 Получение снимка с камеры

Получение снимка с камеры требует работы с программой ЦУП и выполнения некоторой последовательности действий, изложенной ниже.

Скриншоты и описанный путь в инструкции представлены для Windows 7. В Windows 8 и 10 могут отличаться названия вкладок.

4.3.5.1 Подключение Камеры

Подключите камеру при помощи *специального шлейфа papa-papa* к БКУ.

4.3.5.2 Подключение ВЧ-передатчика

Подключите ВЧ-передатчик в сеть конструктора.

При работе ВЧ-канала на конструкторе, светодиод ВЧ-передатчика излучает световой сигнал, а сенсор на ВЧ-приемнике его улавливает.

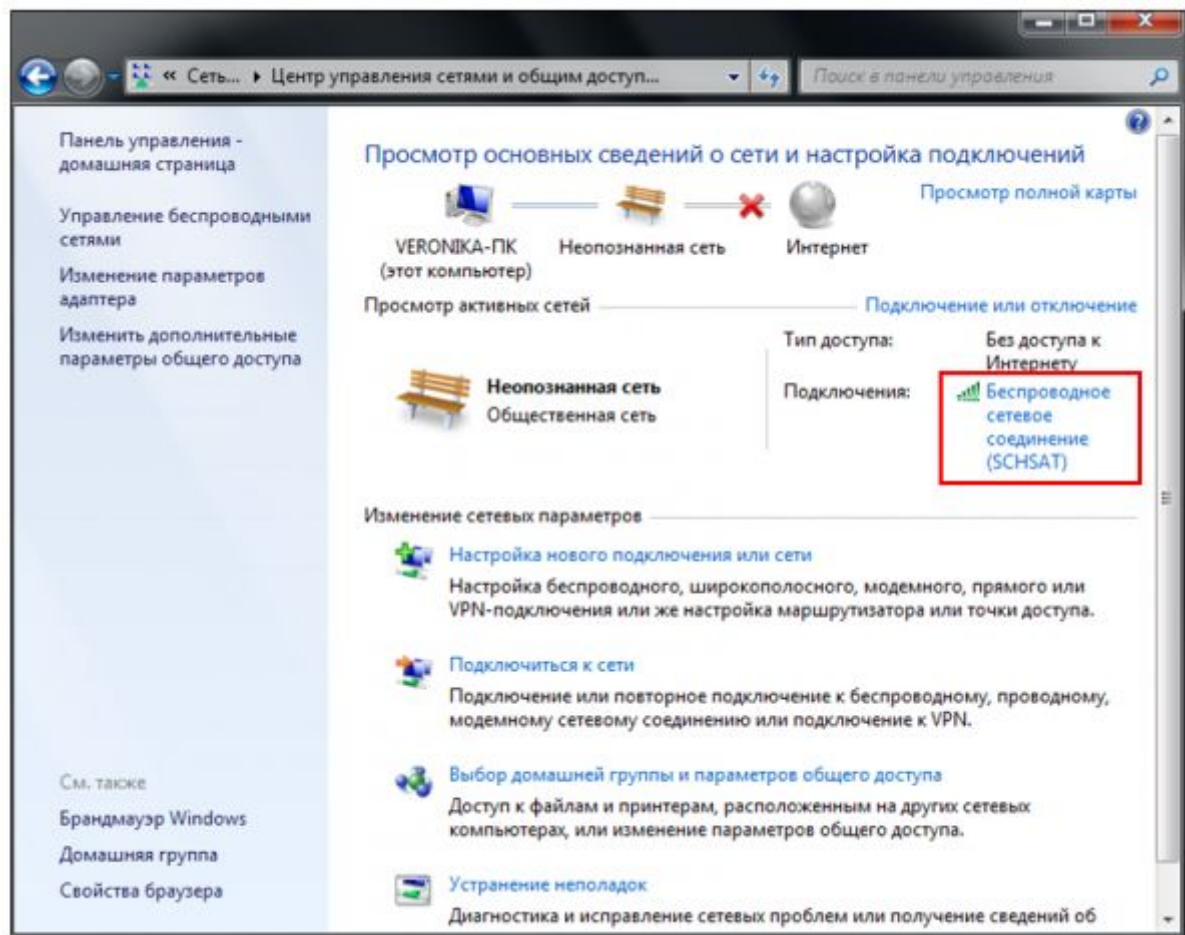
Настоящий ВЧ-канал на космических аппаратах не использует световых сигналов, а работает на базе высокочастотной радиосвязи. В конструкторе снимки передаются при помощи имитаторов ВЧ-приемника и ВЧ-передатчика, а на самом деле снимок передается по Wi-Fi каналу между БКУ и FTP-сервером, разворачиваемом автоматически на персональном компьютере при запуске ЦУПа (*Ground Control.exe*). Такой подход позволяет продемонстрировать некую «наглядность» процессов.

ВЧ-приемник может быть подключен к компьютеру пользователя с помощью USB-адаптера, входящим в комплект конструктора. Во время работы с глобусом могут быть использованы ВЧ-приемники, встроенные в глобус.

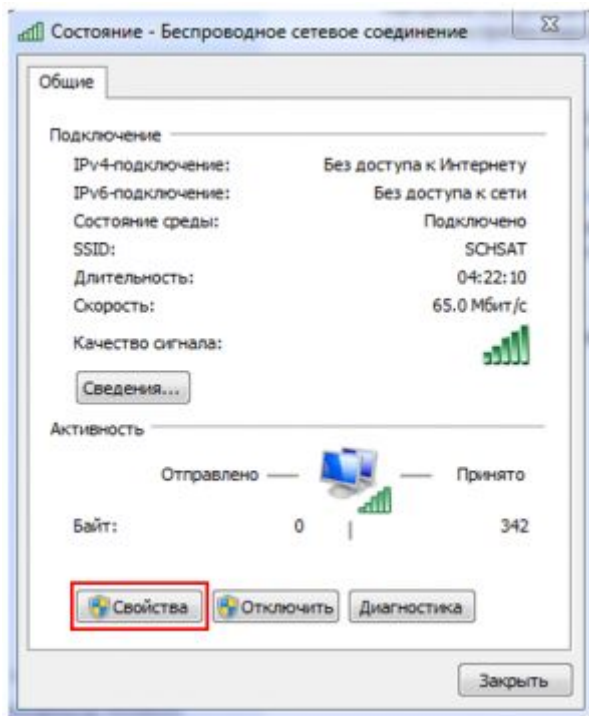
Обязательно иметь ВЧ-передатчик в сети конструктора для передачи снимка. Использовать ВЧ-приемник для приема снимка необязательно, так как снимок должен передаться и появиться в окне ЦУПа и без него. В том случае, если передача снимка произошла при наличии ВЧ-приемника и в зоне видимости его сенсора было мигание светодиода ВЧ-передатчика, то под фотографией отобразится сообщение о том, что передача снимка произошла по ВЧ-каналу.

4.3.5.3 Установка статического IP адреса

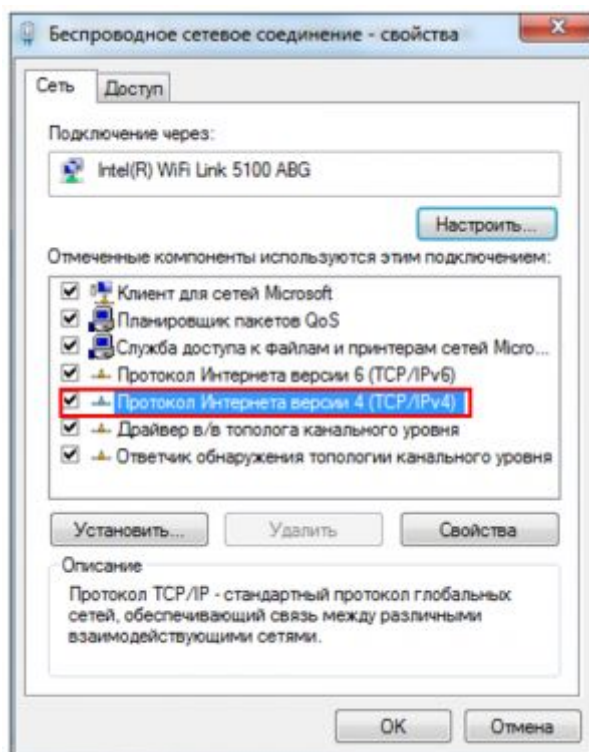
- Зайти в *Панель управления* → *Сеть и интернет* → *Центр управления сетями и общим доступом*



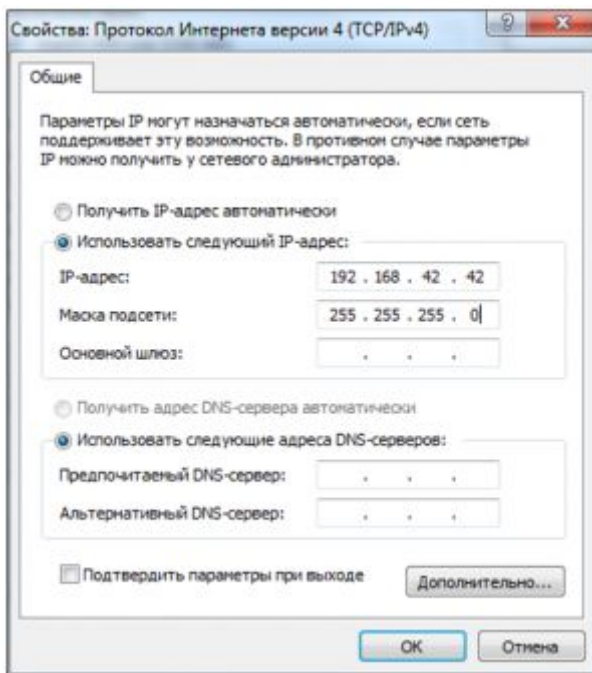
- Нажать *Беспроводное сетевое соединение*



- Нажать *Свойства*



- Нажать *Протокол интернета версии 4 (TCP/IPv4)*



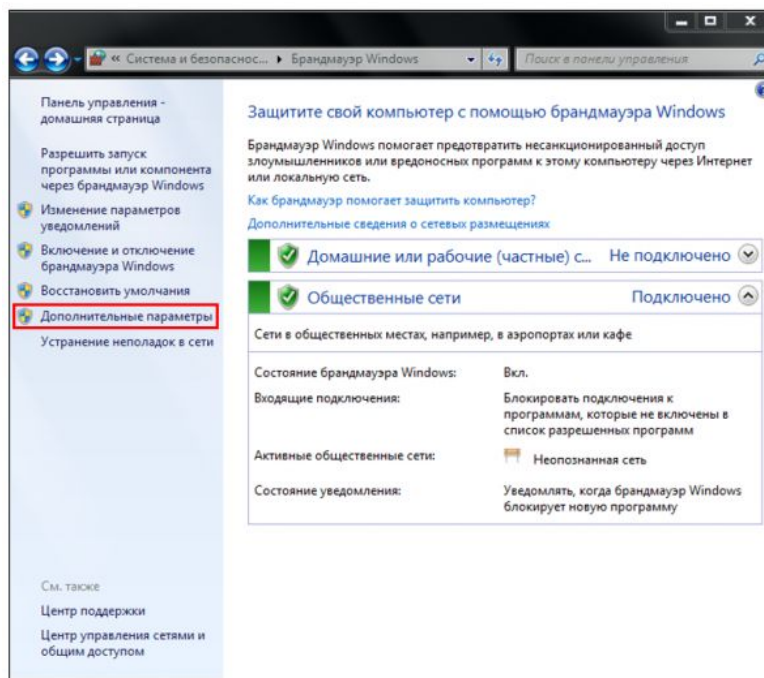
- В открывшемся окне поставить галочку у пункта *Использовать следующий IP-адрес*:
- Прописать IP-адрес *192.168.42.42*
- Щелкнуть на пустых графах пункта *Маска подсети*, в них автоматически появится адрес *255.255.255.0*.
- Нажать *OK*

После завершения работы с конструктором нужно поменять настройки обратно на «Получить IP-адрес автоматически». Иначе стандартное Wi-Fi соединение не будет работать.

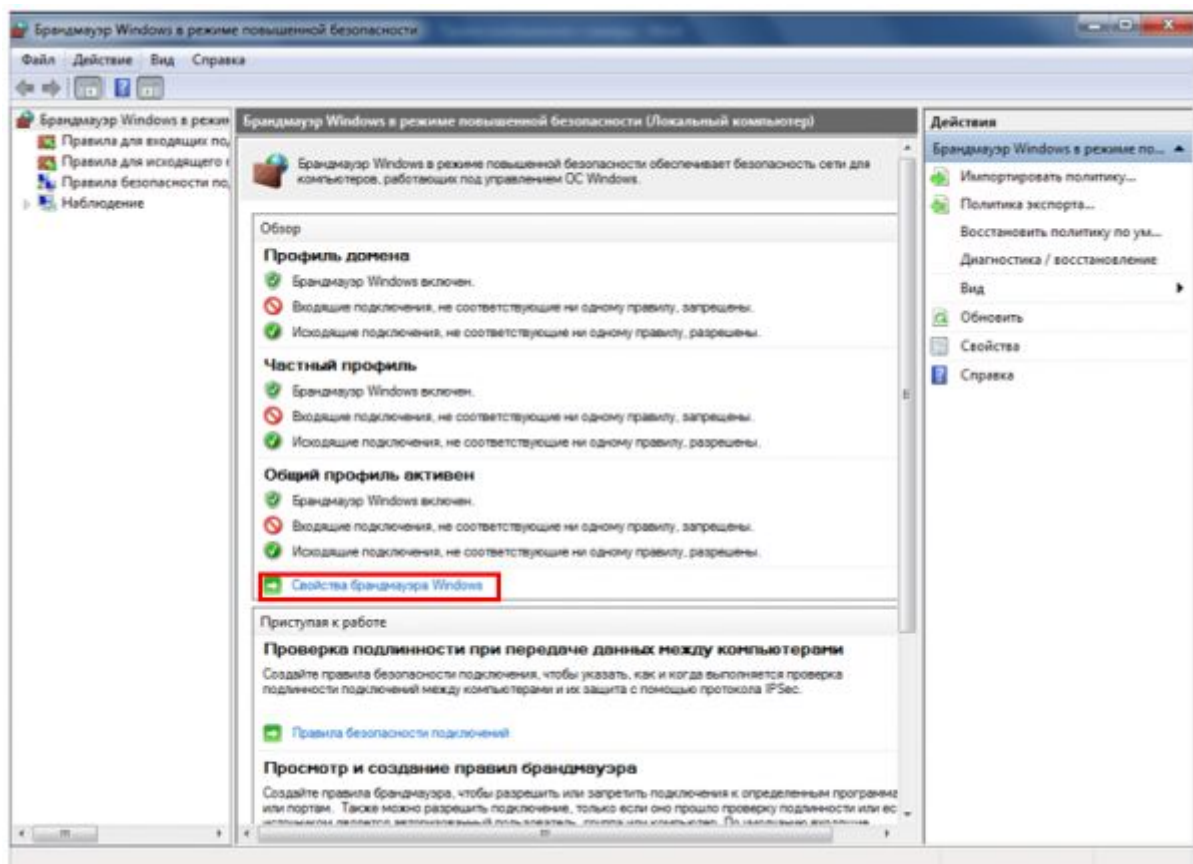
4.3.5.4 Отключение Брандмауэра Windows

Брандмауэр Windows может блокировать передачу снимков через Wi-Fi канал, поэтому его необходимо отключить.

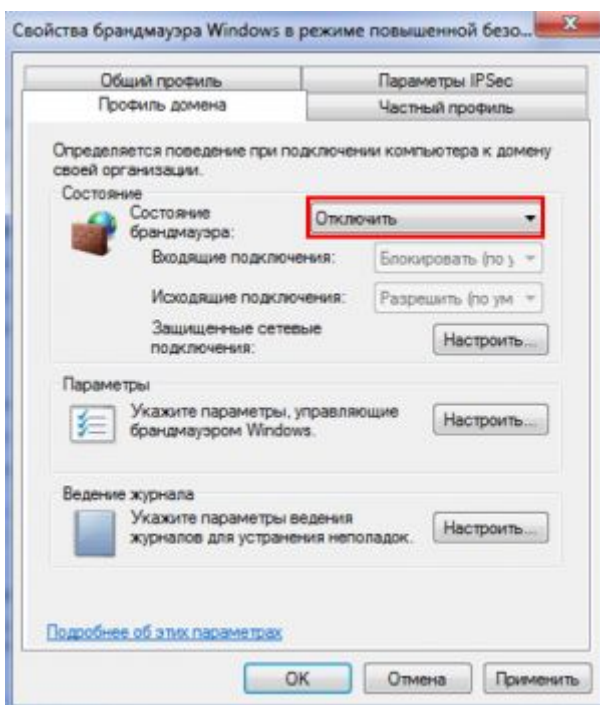
- Нажать *Панель управления* → *Брандмауэр Windows*



- Нажать *Дополнительные параметры*



- Нажать *Свойства Брандмауэра Windows*



- Откроется окно, содержащее 4 вкладки. В выпадающем списке вкладки *Профиль домена* в поле *Состояние брандмауэра* сменить состояние *Включить* на *Отключить*, то же самое повторить во вкладках *Частный профиль* и *Общий профиль*.

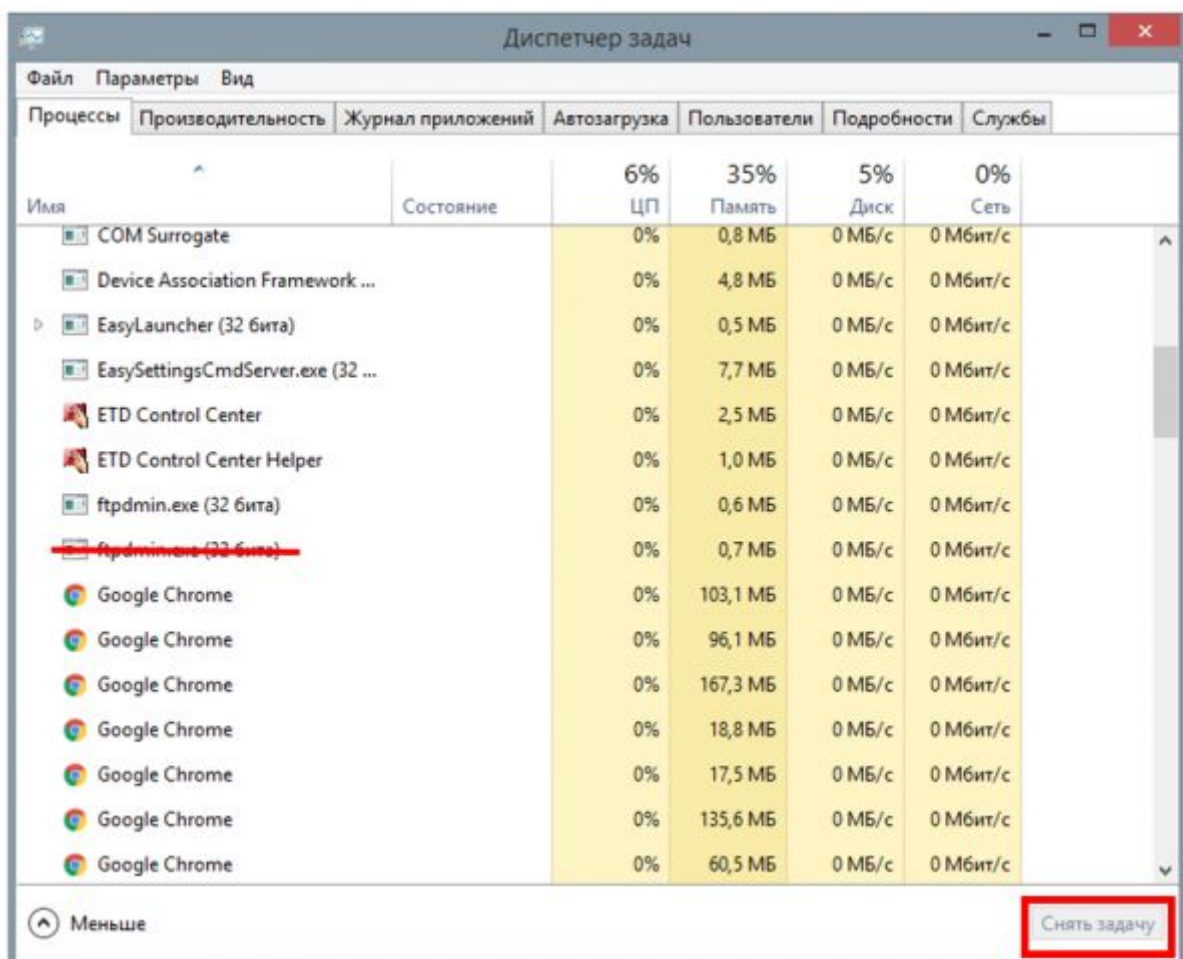
Восстановить защиту компьютера после завершения работы с конструктором можно, вернувшись в окно «Брандмауэр Windows» и нажав кнопку «Восстановить рекомендуемые параметры».

4.3.5.5 Запуск ЦУП

При запуске ЦУП автоматически запускается FTP-сервер в фоновом режиме. По сути, именно он и принимает снимок с камеры. Одновременно должен работать только один FTP-сервер для корректного приема снимка.

Если Вы уже ранее запускали ЦУП (*Ground Control.exe*), то убедитесь, что в диспетчере задач запущен только один процесс **ftpdmin**. Нажмите одновременно на клавиатуре Ctrl+Alt+Delete → **Диспетчер задач** (Task Manager) → Вкладка **Процессы**.

На рисунке ниже показан пример, когда запущено несколько таких процессов. Это неправильно и нужно отключить все процессы **ftpdmin** (выбрав процесс и нажав кнопку **Снять задачу**), а потом заново запустить ЦУП.



5 Техническое обслуживание изделия

Рекомендуется периодическое дистанционное наблюдение за работоспособностью изделия. Рекомендуется периодически проводить внешний осмотр изделия и проверку состояния соединительных кабелей и контактов клеммных соединений внешних цепей и цепей питания. Не допускается окисления проводов и металлических деталей клеммников. При внешнем осмотре рекомендуется проверить: отсутствие механических повреждений корпуса и разъемов, отсутствие следов коррозии, отсутствие порывов и порезов на соединительных кабелях, надежность крепления изделия. При необходимости затянуть винтовые соединения, устранить повреждения кабелей и нарушение изоляции проводов.

5.1 Состав и квалификация персонала

Все виды работ с изделием должны производиться подготовленным персоналом.

5.2 Проверка работоспособности изделия

При проверке работоспособности изделия проверяется работа всех устройств входящих в изделие. Если результаты проверки неудовлетворительны, необходимо определить причину неисправности (повреждение кабеля, отказ изделия и пр.) и принять меры по устранению неисправности.

6 Текущий ремонт

Изделие подлежит ремонту, если оно не соответствует заявленным характеристикам. Ремонт изделия производится на предприятии-изготовителе. Эксплуатационный персонал потребителя должен произвести демонтаж изделия и его отправку для ремонта с указанием характера неисправности.

7 Хранение

7.1 Условия хранения изделия

Изделие должно храниться в условиях по ГОСТ 15150-69, группа 2С (закрытые или другие помещения с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий) при температуре от минус 40°C до плюс 60°C и относительной влажности воздуха не более 95 % (при плюс 35°C). В воздухе помещения для хранения изделия не должно присутствовать агрессивных примесей (паров кислот, щелочей). Требования по хранению относятся к складским помещениям поставщика и потребителя.

7.2 Срок хранения

Срок хранения изделия в потребительской таре без переконсервации – не менее шести месяцев.

7.3 Предельный срок хранения

При длительном (более шести месяцев) хранении изделие должно находиться в упакованном виде и содержаться в отапливаемых хранилищах не более 3 лет при температуре окружающего воздуха от плюс 5°C до плюс 40°C и относительной влажности воздуха не более 80% при температуре плюс 25°C.

7.4 Правила постановки изделия на хранение

При постановке изделия на длительное хранение его необходимо упаковать в упаковочную тару предприятия-поставщика.

7.5 Правила снятия изделия с хранения

Ограничения и специальные процедуры при снятии изделия с хранения не предусмотрены. При снятии с хранения изделие следует извлечь из упаковки.

8 Транспортирование

8.1 Условия транспортирования

Допускается транспортирование изделия в транспортной таре всеми видами транспорта (в том числе в отапливаемых герметизированных отсеках самолетов) без ограничения расстояний. При перевозке в железнодорожных вагонах вид отправки – мелкий малотоннажный. При транспортировании изделия должна быть предусмотрена защита от попадания пыли и атмосферных осадков. Не допускается кантование изделия. Климатические условия транспортирования приведены ниже (Таблица 12).

Влияющая величина	Значение
Диапазон температур	от минус 40°C до плюс 60°C
Относительная влажность, не более	95% при 35°C
Атмосферное давление	от 70 до 106,7 кПа, (537- 800 мм рт. ст.)

8.2 Подготовка к транспортированию

Изделия должны быть закреплены для обеспечения устойчивого положения, исключения взаимного смещения и ударов. При проведении погрузочно-разгрузочных работ и транспортировании должны строго выполняться требования манипуляционных знаков, нанесенных на транспортной таре.

9 Утилизация

Изделие не содержит в своём составе опасных или ядовитых веществ, способных нанести вред здоровью человека или окружающей среде и не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды по окончании срока службы. В этой связи утилизация изделия может производиться по правилам утилизации общепромышленных отходов. Утилизация осуществляется отдельно по группам материалов: пластмассовым элементам, металлическим крепежным деталям. Содержание драгоценных металлов в компонентах изделия (электронных платах, разъёмах и т.п.) крайне мало, поэтому их вторичную переработку производить нецелесообразно.