
Ударные FPV дроны- камикадзе

— 10 дневный курс —

Ударные FPV дроны

FPV - first person view

К скоростным и маневренным БПЛА мини-класса можно отнести летательные аппараты с массой до 1200 гр. и максимальной скоростью полета до 170 км/ч.



Задачи FPV дронов

- поражение живой силы, автомашин и легкой техники (барражирующий боеприпас);
- борьба с дронами противника;



Техника безопасности



- ❑ При проведении полетов обучаемые обязаны соблюдать команды и требования инструкторов.
- ❑ Руководитель занятий вправе отстранить обучаемого по состоянию здоровья в случае недомогания.
- ❑ При подключении аккумуляторной батареи необходимо убедиться, что пальцы рук вне зоны вращения пропеллеров.
- ❑ Перед взлетом БПЛА после подачи команды «пуск» убедиться в отсутствии посторонних звуков на пропеллерах.

Техника безопасности

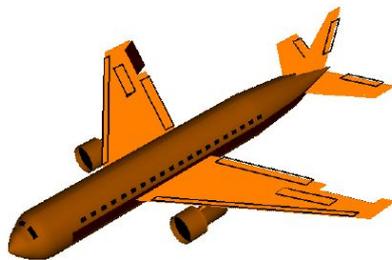


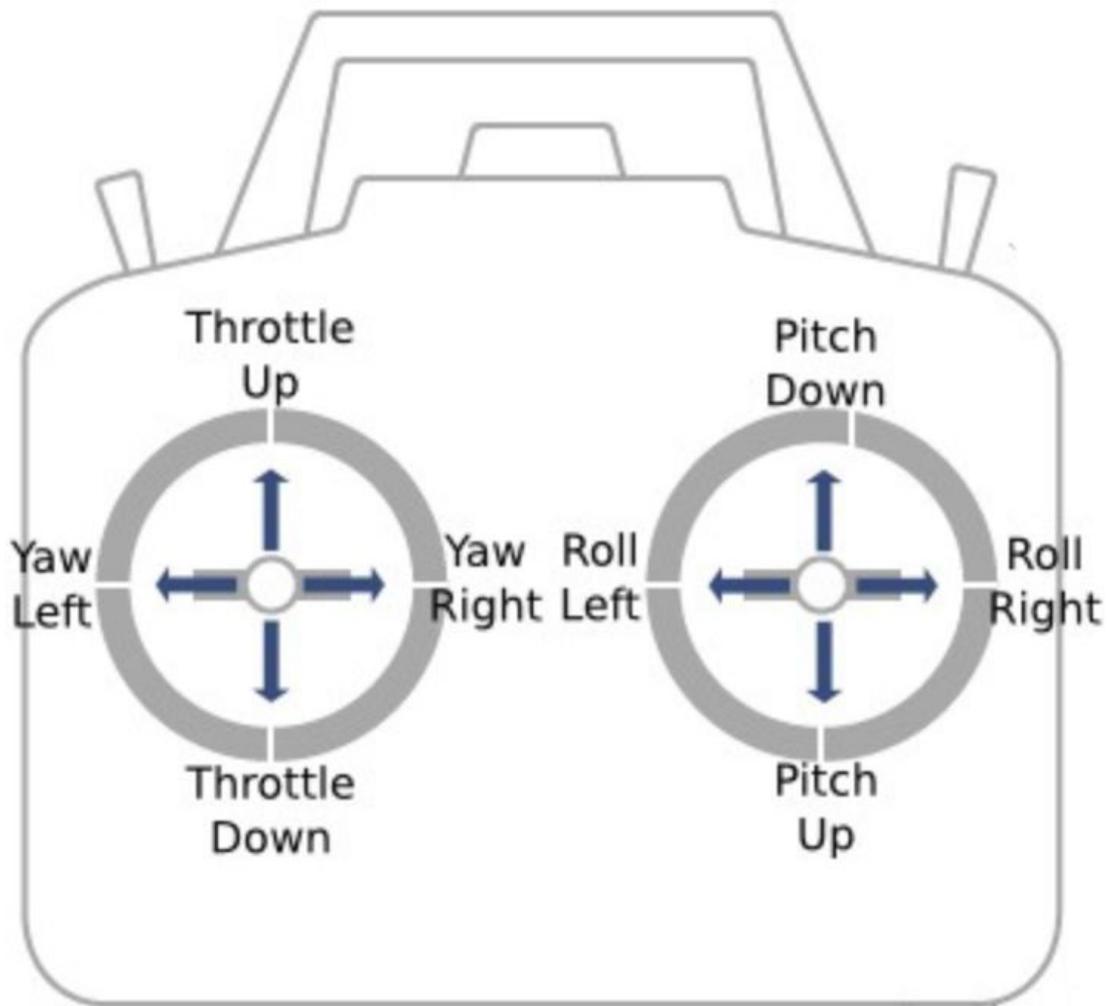
- ❑ Взлет БПЛА осуществлять только с разрешения инструктора.
- ❑ Посадку БПЛА осуществлять под руководством инструктора. После посадки по команде инструктора «стоп» немедленно отключить БПЛА соответствующей кнопкой на пульте и отключить аккумуляторную батарею.
- ❑ Не использовать аккумуляторную батарею с повреждениями, измененной геометрией или оголенными проводами.

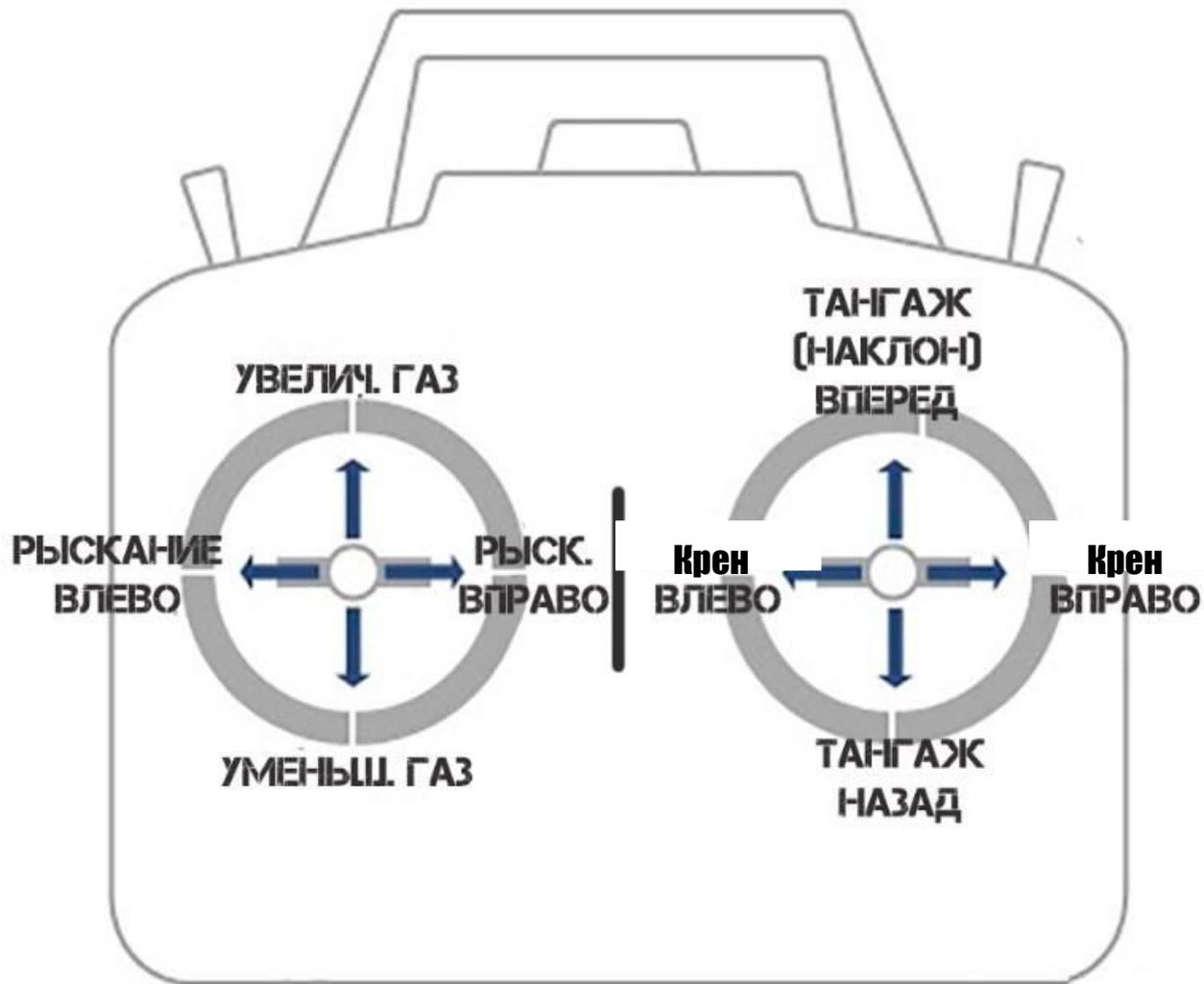
Базовая теория управления дроном

Базовые принципы полета

- ❑ Три оси или угла полета принято правильно называть тангажом, креном и рысканьем. Разберем их более подробно.
- ❑ Под тангажом понимают поворот аппарат вокруг поперечной оси, рысканием— вокруг вертикальной оси, а креном— продольной оси.





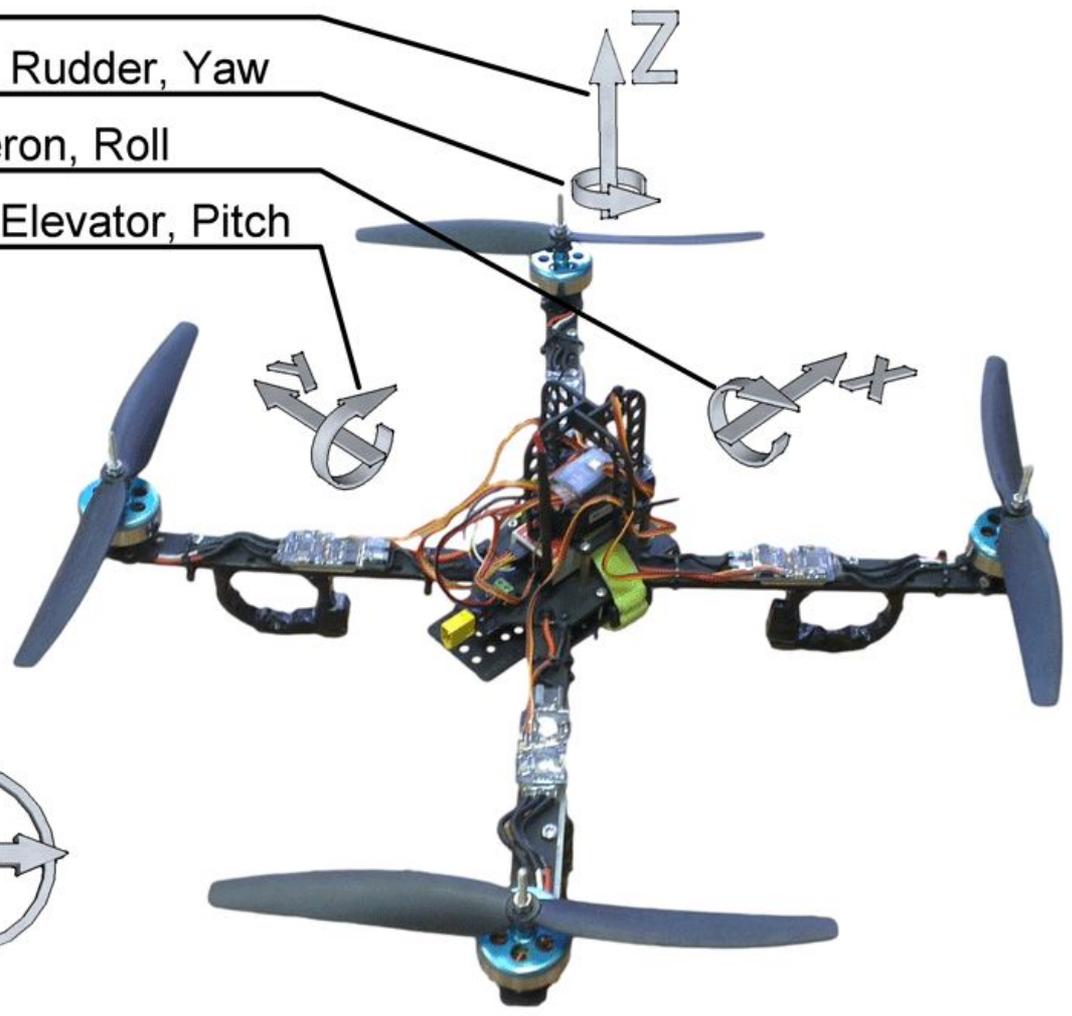
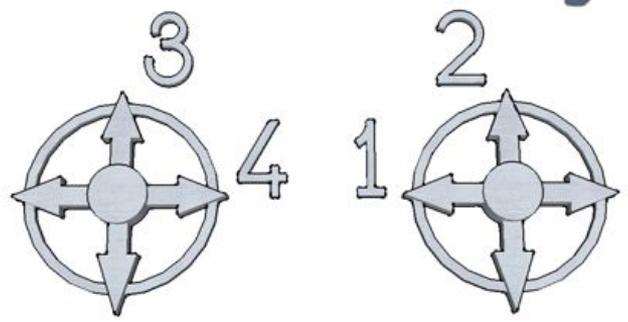


3 - подъем-снижение, "газ", Throttle

4 - поворот влево-вправо, "расканье", Rudder, Yaw

1 - движение влево-вправо, "крен", Aileron, Roll

2 - движение вперед-назад, "тангаж", Elevator, Pitch





Подсказки

Инструктор с моделью в руках имитирует работу стиков и комментирует перемещения машины.

Важным замечанием является указание на инерцию движения квадрокоптера и рабочие скорости.

Пример работы стиков

<https://www.youtube.com/watch?v=P3E2pQnEDRI&t=275s>

https://www.youtube.com/watch?v=aSeKzd0_uxo&list=PL5hg0ZxrRWLEbMQvr3WlexgU3fx5-TfPP&index=3



ТТХ дрона

Технические характеристики БПЛА мини-класса могут иметь следующие характеристики:

– геометрия рамы – Н, Х, гибридный Х, растянутый Х, квадрат (коробка);

– диагональный размер – до 300 мм; – габаритные размеры без пропеллеров и аккумуляторов (ДхШхВ) – не более 300х300х45 мм;

– масса (без аккумулятора) – не более 1000 гр;



ТТХ дрона

- крейсерская скорость - не менее 70 км/ч;
- максимальная скорость - до 170 км/ч;
- максимальная скорость набора высоты - до 140 км/ч;
- максимальная высота полета - до 1000 м;
- максимальное время полета (в штиль) - от 20 до 40 мин;
- максимальное время висения (в штиль) - от 20 до 40 мин;
- максимальное расстояние полета (прямая видимость) - не менее 5 км;
- максимальная допустимая скорость ветра - до 15 м/с;
- диапазон рабочих температур - -20...+40°C;
- воздействие внешних факторов - повышенная влажность, туман, легкий дождь.

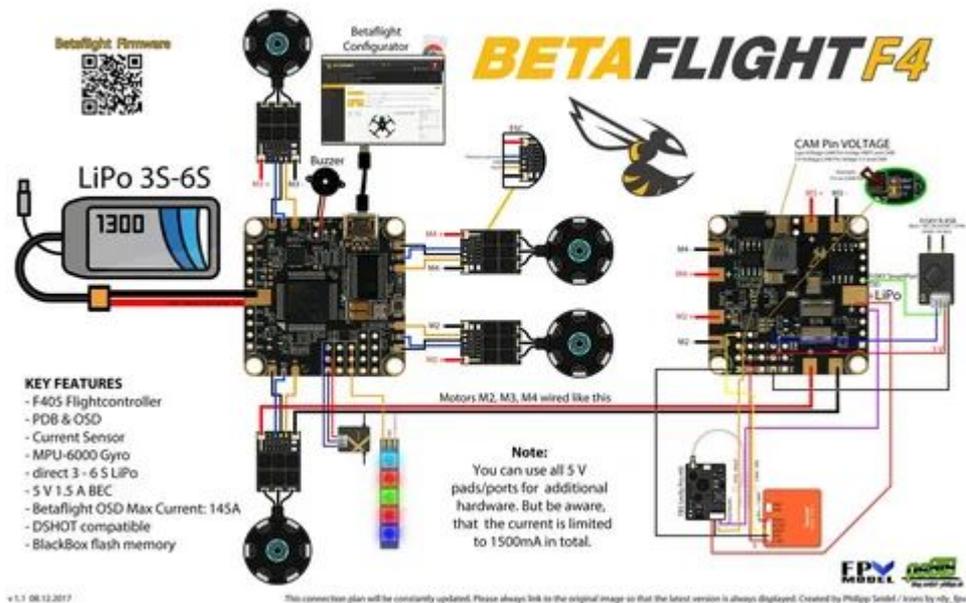


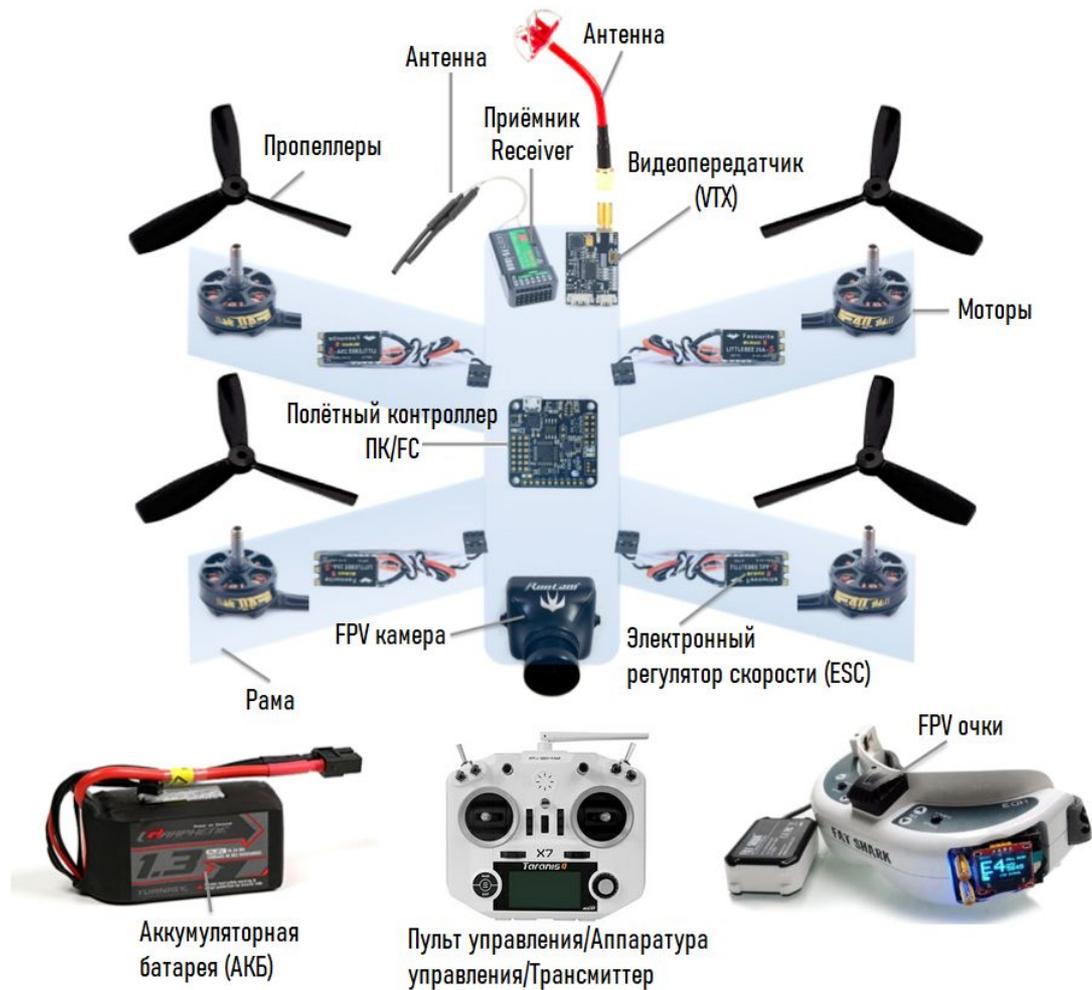
Составные элементы дрона

Как найти схему подключения любого элемента дрона?

1. Находим название элемента. Чаще всего оно есть на самом элементе. Также можно узнать название элемента подключим дрон к Betaflight.

2. Забиваем в поисковик: “*название элемента* pin out”, либо “*название элемента* wiring diagram”.





Рамы и защитные конструкции

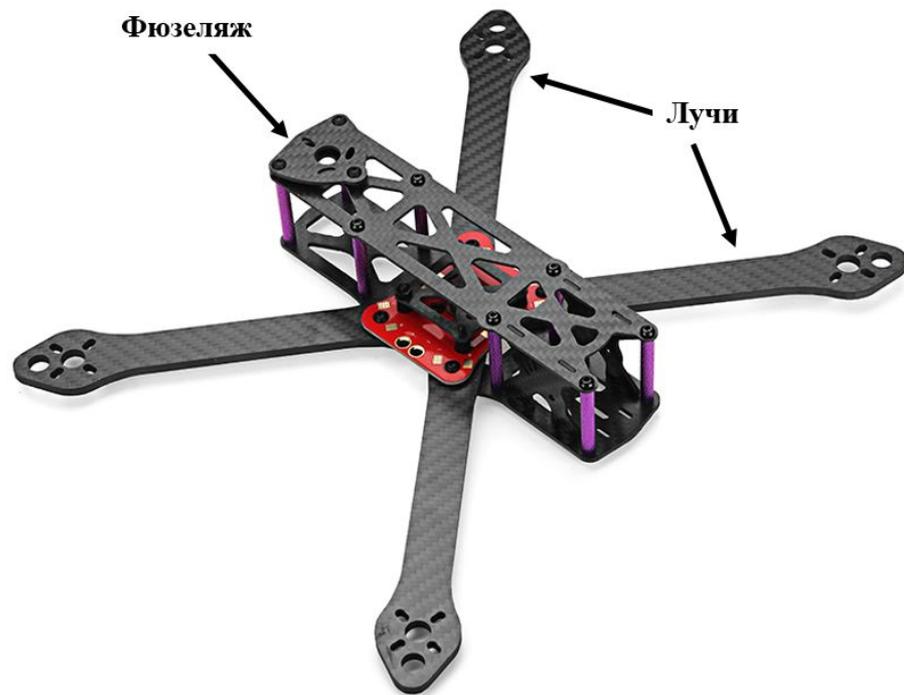
Рама — это основной, и несущий элемент конструкции квадрокоптера, к которому крепятся все прочие комплектующие.

Защита – конструкция, которая защищает моторы и корпус квадрокоптера от ударов.

Рама состоит из двух частей: фюзеляж и лучи:

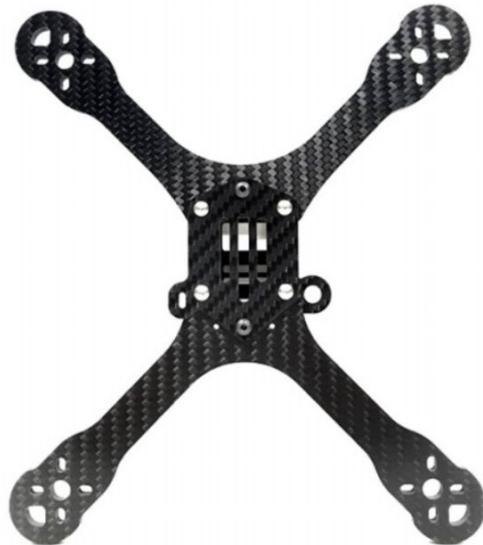
Фюзеляж нужен для размещения электроники, например, полетного контроллера или камеры. Обычно центральная часть состоит из двух пластин, нижней и верхней, соединенных стойками.

Лучи нужны для установки моторов и регуляторов. Эти детали должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать не только вес самой конструкции квадрокоптера, но и противостоять ударам и падениям.

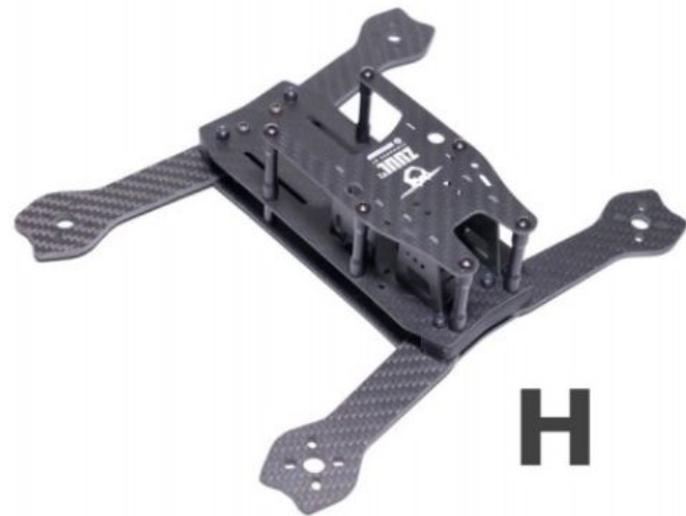




Рама типа «X»



Рама типа удлинённый «X»



H



Hybrid-X



Рама типа «Квадрат»



Unibody

Несмотря на визуальную схожесть расположения моторов, у каждой из этих рам есть свои достоинства и недостатки.

Рама типа «Х» или «True-X» Фюзеляж этой рамы делается коротким, в виде квадрата, вся электроника собирается в центре, а лучи располагаются четко по углам квадрата. Рама получается одинаковая по длине и ширине. Т.к. вес сосредоточен в центре, вес распределён равномерно, коптер становится более манёвренным. Но не смотря на данное преимущество, ограниченное место в центре делает сборку более сложной. Все компоненты приходится размещать «бутербродом», друг под другом, что не всегда удобно.

Рама типа «Н» По сравнению с рамой «Х» центральная часть данной рамы более длинная, что делает сборку и ремонт компонентов в ней проще и удобнее. Крепление лучей к фюзеляжу спереди и сзади делает раму похожей на букву «Н». Камеру и аккумулятор в такой раме размещают по верхней пластине, распределяя всё по одному направлению, что приводит к неравномерному распределению момента инерции, особенно по тангажу. То есть, наклоны вперёд и назад будут тратить больше энергии, чем наклоны влево-вправо. Среди любителей FPV гонок нет общего мнения, какую раму лучше использовать. Для плавного фристайла подходит больше «Н» рама, но для быстрых и манёвренных поворотов предпочтительней использовать раму «Х». В попытках объединить преимущества обеих рам были созданы гибриды.

Гибридная рама «Х» и удлинённый «Х» Гибридная рама «Х» имеет фюзеляж от рамы «Н», а лучи соединены как в раме «Х». С точки зрения физики, распределение веса осталось таким же, как и в раме «Н», что делает её похожей на обычную раму «Н», но разница будет в передаче вибраций от моторов к полётному контроллеру. В удлинённой «Х» раме ситуация обратная, она больше фюзеляжем похожа на раму «Х», но разница будет в увеличенной длине тушки, по сравнению с шириной. Ещё одна особенность этой рамы в смещении передних пропеллеров от задних. Это позволяет исключить турбулентные завихрения, что позволяет квадрокоптеру летать более стабильно.

Рама типа Квадрат Представьте раму «Х», где между лучами добавили соединяющие их рёбра. Вот так и выглядит рама «Квадрат». За счёт жесткости соединений получается достаточно крепкая рама, которую не просто сломать. Но, несмотря на это преимущество, данная рама обладает повышенным воздушным сопротивлением и большим весом. Подходит для начинающих пилотов, но не подходит для манёвренных полётов.

Unibody рамы Unibody или цельные рамы особенны тем, что обладают несъемными лучами, то есть нижняя пластина фюзеляжа и лучи соединены в одну деталь. Делается так для того, чтобы упростить сборку и устранить вес деталей крепления. Однако минус подобной рамы в том, что если во время полёта сломается луч, то менять придётся всю деталь, что затребует много времени.

Материал рамы

Рамы квадрокоптеров делаются из самых разных материалов: пластик, дерево, текстолит, стекловолокно, алюминий и т.д. Однако, большинство отдаёт предпочтение самому популярному на данный момент материалу – карбону.

- ❑ Во-первых, карбон является одним из самых лёгких материалов, что очень важно при создании квадрокоптера.
- ❑ Во-вторых, карбон известен своей прочностью и долговечностью.

В-третьих, рама, сделанная из карбона, обладает высокой жесткостью к весу конструкции. Жесткость рамы сильно влияет на стабильность полета квадрокоптера и на его полетные характеристики.

Но несмотря на все преимущества карбоновых рам, у них есть два недостатка:

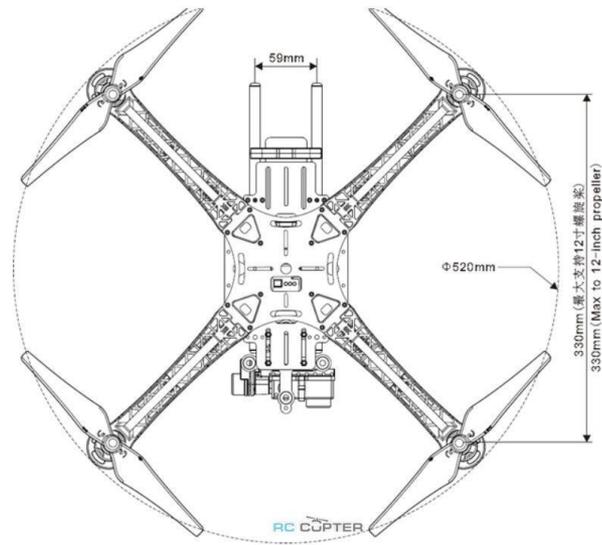
- ❑ Карбон проводит электричество, что может привести к короткому замыканию, если оголенные провода коснутся рамы.
- ❑ Карбон заглушает радиосигналы, поэтому антенны нужно выводить наружу.

Размер рамы

Размер рамы – это расстояние между диагонально расположенными моторами. При выборе рамы нужно учитывать, что размеры рамы будут влиять на:

- ❑ Момент инерции
- ❑ Общий вес
- ❑ Максимальный размер винтов
- ❑ Сопротивление воздуху

Чем дальше моторы от центра, чем длиннее лучи, тем больший момент инерции будет у конструкции. Говоря проще, чем меньше будет рама, тем более маневренным будет сам квадрокоптер, чем больше будет размеры рамы, тем больше будет ее вес и её сопротивление воздуху.



Винтомоторная группа

В ВМГ входят двигатель, воздушный винт. Также в ВМГ может входить контроллер мотора, определяющий его характеристики.



Бесколлекторные двигатели

Преимущества:

- ❑ Частота вращения изменяется в широком диапазоне;
- ❑ Возможность использования во взрывоопасной и агрессивной среде;
- ❑ Большая перегрузочная способность по моменту;
- ❑ Высокие энергетические показатели (КПД более 90 %);
- ❑ Большой срок службы, высокая надёжность и повышенный ресурс работы за счёт отсутствия скользящих электрических контактов.

Недостатки:

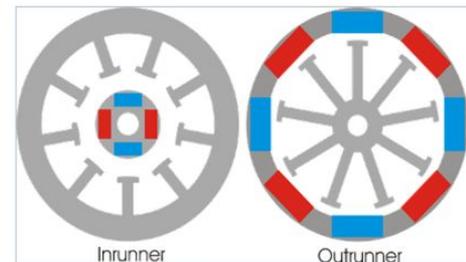
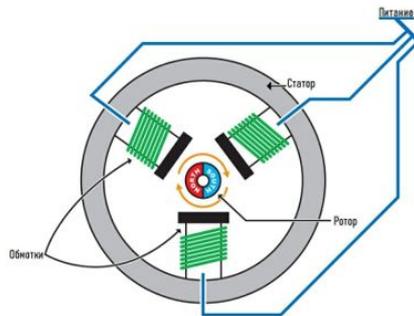
- ❑ Относительно сложная система управления двигателем;
- ❑ Высокая стоимость двигателя, обусловленная использованием дорогостоящих материалов в конструкции ротора (магниты, подшипники, валы).



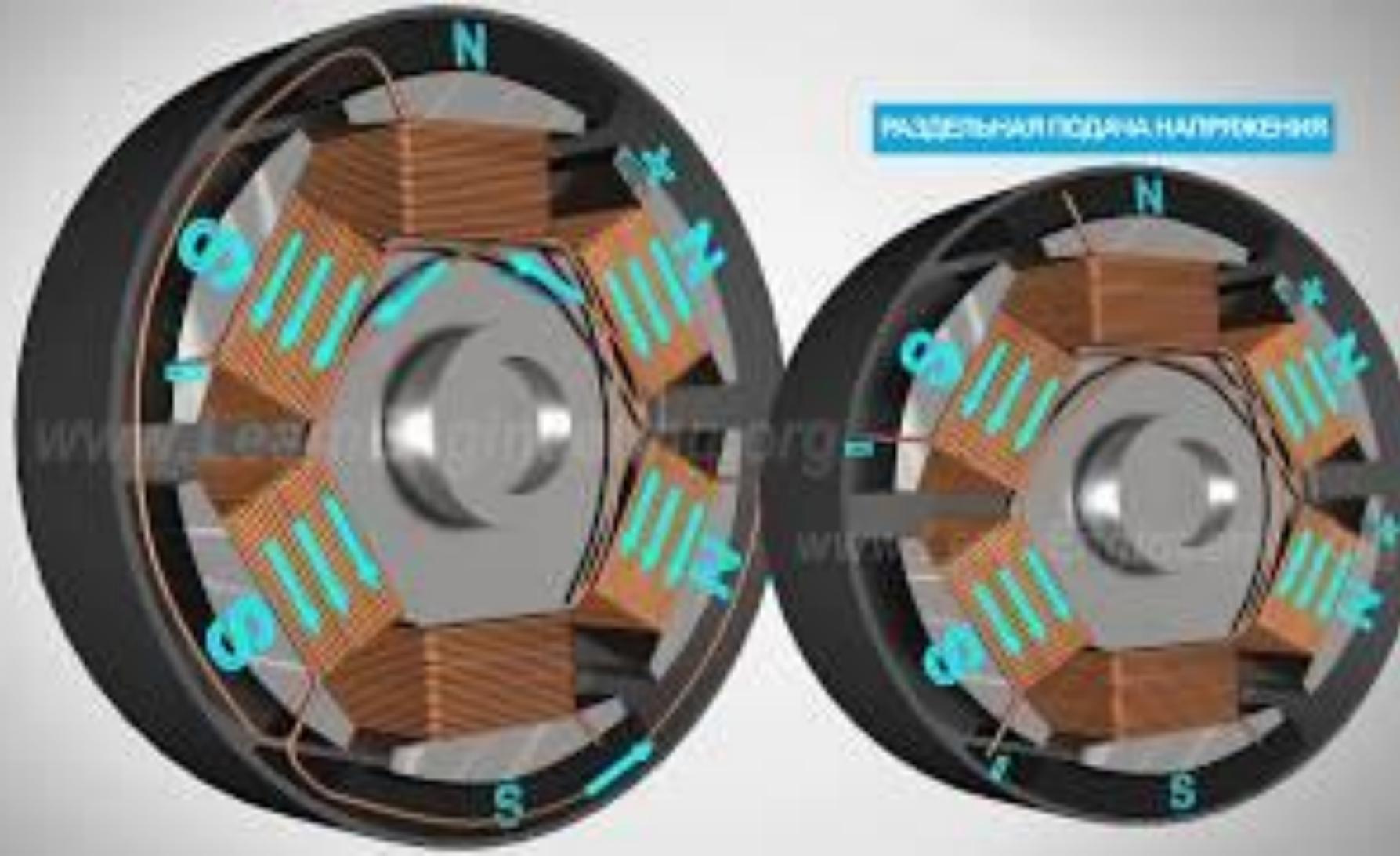
Бесколлекторные двигатели

Основные типы бесколлекторных двигателей. Подвижная часть двигателя называется ротором. Неподвижная — статором. В зависимости от того, как эти части расположены относительно друг друга, двигатели разделяют на два типа: Inrunner и Outrunner.

- Inrunner имеет неподвижные обмотки по внутренней поверхности корпуса (статор) и вращающийся внутри магнитный ротор.
- Outrunner — наоборот, имеет подвижный корпус с магнитами по его внутренней поверхности, в центре которого закреплен статор с обмотками.

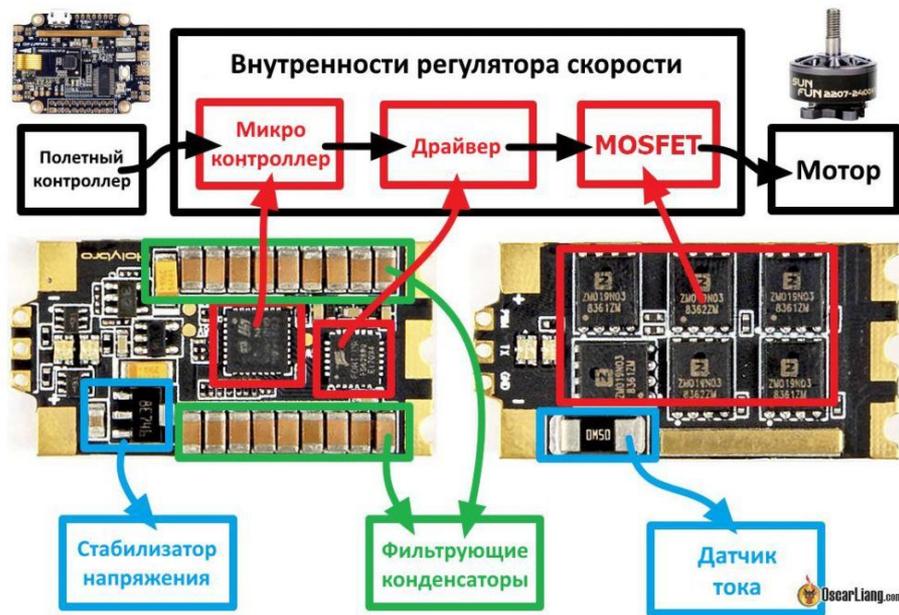


РАЗДЕЛЬНАЯ ПОДАЧА НАПРЯЖЕНИЯ



Регуляторы оборотов

ESC значит **Electronic Speed Controller** — регулятор хода или скорости. ESC нужны для регулировки скорости вращения моторов. Регулятор получает сигнал, (уровень газа) от полетного контроллера, и управляет бесколлекторным мотором, меняя его скорость вращения за счет управления мощностью.



Пропеллеры

Воздушный винт (пропеллер) — лопастной агрегат, работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, преобразующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги.

Скорость вращения воздушного пропеллера может составлять 1200 оборотов в минуту, поэтому для создания применяются максимально прочные материалы (пластик, углеродное волокно, композит).



Виды лопастей

- ❑ Normal (N) – Имеют заострённые на концах лезвия. Это уменьшает тягу, но и снижает расход энергии аккумулятора;
- ❑ Bullnose (BN) – Бычий нос (Закруглённые). В сравнении с предыдущим видом имеют большую тягу и площадь. За счёт тяжести ведут себя более стабильно, и увеличивают отзывчивость дрона по рысканью. Из недостатков сильно повышают расход энергии аккумулятора;
- ❑ Hybrid Bullnose (HBN) – промежуточный вариант. Данные пропеллеры имеют, как и преимущества, так и недостатки предыдущих двух вариантов.



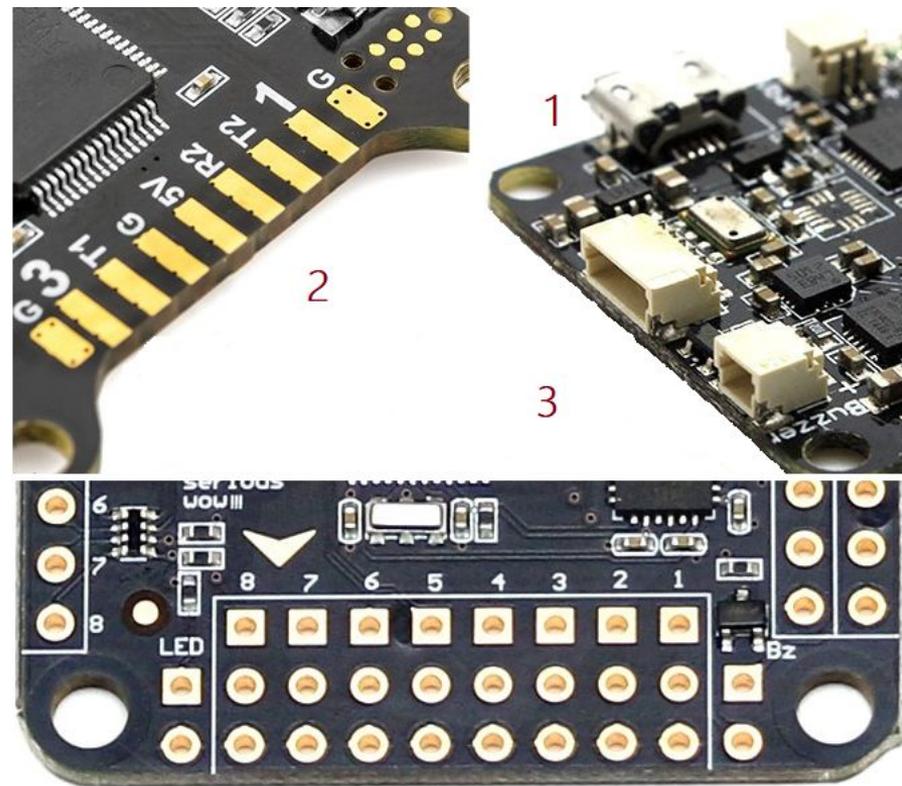
Полетный контроллер

Полетный контроллер – электронное устройство, представляющее из себя вычислительную систему, работающую по сложным алгоритмам, и управляющая полетом беспилотного летательного аппарата. Функции полетного контроллера могут определяться установленной на борту мультикоптера дополнительной периферией.



Типы коннекторов

На полетном контроллере существует три типа соединений между периферией. Пластиковые разъемы используются в основном для подключения внешней периферии, которую иногда необходимо отключать и снимать, не очень прочные, но достаточно удобные. Контактные площадки для пайки проводов, достаточно крепкие, но есть риск их перегреть при пайке, что приведет к отслоению от основной платы, то же самое может вызвать сильное напряжение. Отверстия для припаивания более универсальны и удобны тем, что провод будет гораздо прочнее находиться в пазах.



1 – пластиковый разъем (типа JST); 2 – контактные площадки; 3 – сквозные отверстия.

ПО полетных контроллеров

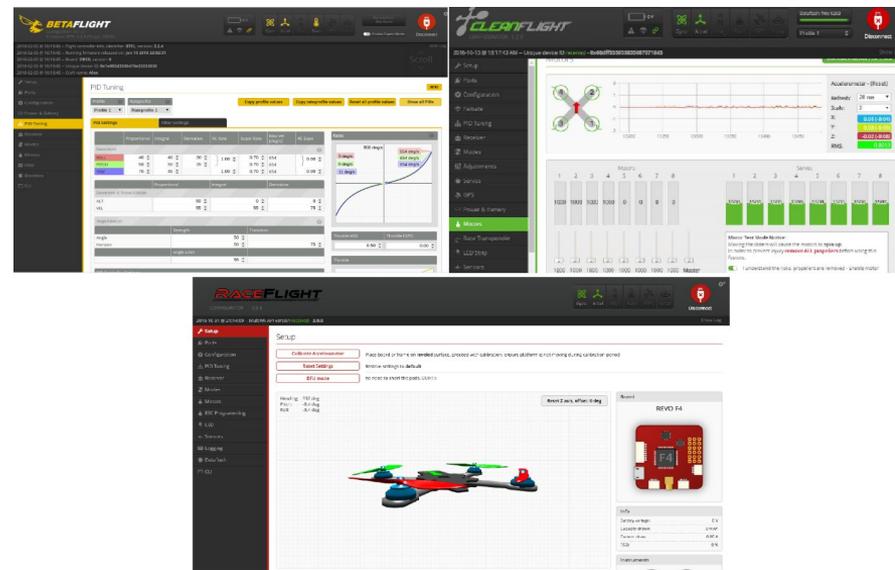
Программное обеспечение

Отличие полетных контроллеров заключается не только в типах используемых компонентов, из которых они состоят, но и в устанавливаемом программном обеспечении (прошивках). Прошивка, на которой работает полетный контроллер – это специальный набор правил и алгоритмов, которые обрабатывает микроконтроллер и без нее мультикоптер не включится и не взлетит. Для каждой прошивки разрабатывается свой поддерживаемый конфигуратор.

Конфигуратор (Configurator) – это программа с графическим интерфейсом, с помощью которой настраивается (включаются и отключаются датчики, меняются параметры PID, подключается внешняя периферия, задаются начальные и максимальные обороты двигателя и тд.) и загружаются прошивка в полетный контроллер. Хранится прошивка на интегрированном чипе флэш-памяти, который был рассмотрен ранее.

Одними из самых популярных конфигураторов, с помощью которых можно прошивать и гибко настраивать мультикоптер:

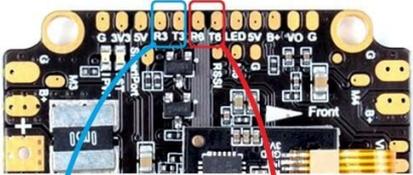
- ❑ Betaflight Configurator;
- ❑ CleanFlight Configurator;
- ❑ Raceflight Configurator.



1 – Betaflight Configurator); 2 – CleanFlight Configurator; 3 – Raceflight Configurator.

Последовательный порт UART

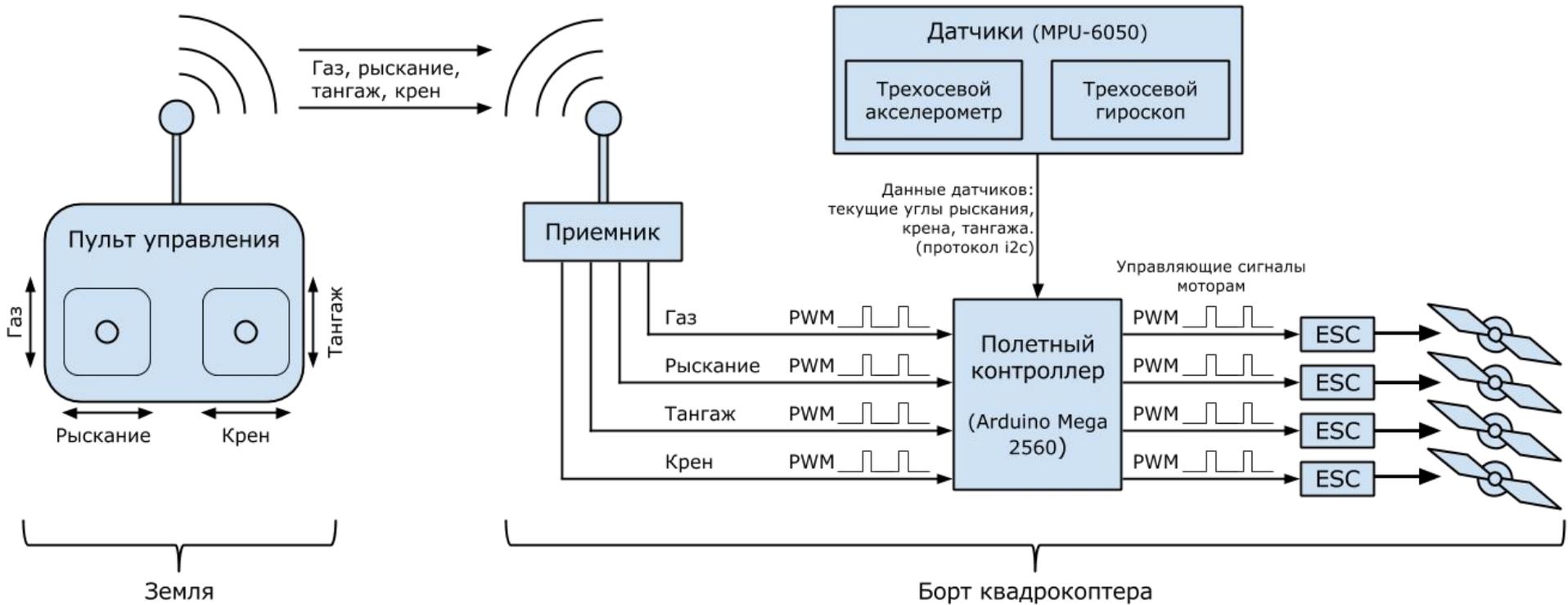
UART (с англ. Universal asynchronous receiver/transmitter) или УАПП (универсальный асинхронный приемопередатчик) – физический протокол передачи данных. Протокол называется последовательным, так как данные через него передаются по одному биту, последовательно бит за битом. Последовательный интерфейс позволяет подключать различную внешнюю периферию (устройства) к полетному контроллеру. Как например камеры, телеметрия и OSD, приемник и тд.



Ports

Note: not all combinations are valid. When the flight controller firmware detects this the serial port configuration will be reset.
Note: Do NOT disable MSP on the first serial port unless you know what you are doing. You may have to reflash and erase your configuration if you do.

Identifier	Configuration/MSP	Serial Rx	Telemetry Output		Sensor Input		Peripherals	
USB VCP	<input checked="" type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
UART1	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
UART3	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
UART4	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
UART5	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO	Disabled	AUTO
UART6	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Disabled	AUTO	Disabled	57600	Disabled	AUTO



FPV камера

Курсовая FPV камера — это камера, которая расположена в носовой части дрона, она передает видео на видеопередатчик, а он на устройство приема видео — FPV-шлем, очки или LCD-дисплей.



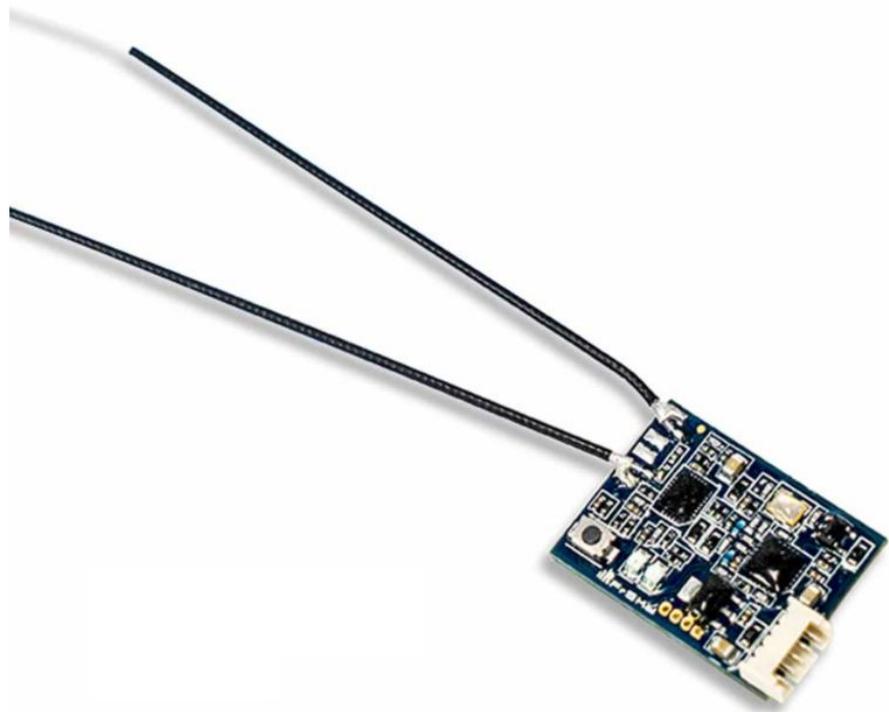
Плюсы цифровой системы: качество изображения.

Минусы: цена, задержка выше чем в аналоговой системе, потеря сегментов кадров и целых кадров.



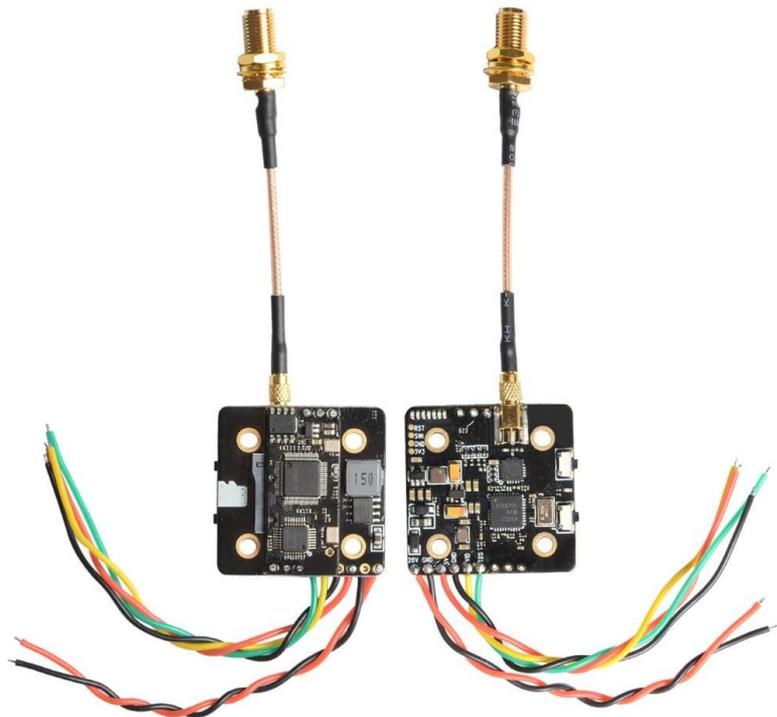
Приемник

Приёмник - устройство, предназначенное для радиоприема, т.е. для выделения сигналов из радиоизлучения. Приемник устанавливается на коптере, принимает сигнал с пульта и передает его в полетный контроллер.



Видеопередатчик

Видеопередатчик – это устройство, которое принимает видеосигнал с FPV камеры, преобразовывает его в видеосигнал определенной частоты и передает на принимающее устройство пилота, например: в шлем, очки или планшет.



FC



RX



VTX Antenna



VTX



FPV Camera



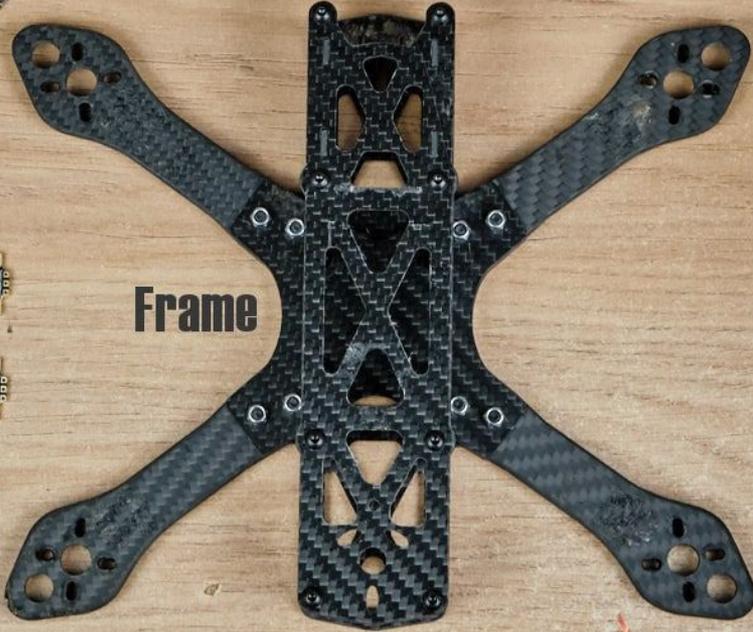
Buzzer



XT60



Capacitor



Frame



ESC

Motors

Антенны и связь

Что нужно чтобы летать по FPV?

Для этого нужны 2 беспроводные линии связи:

- ❑ 1 линия — используется для приема/передачи сигнала;
- ❑ 2 линия — прием видео от беспилотника.

Нюанс в том, что эти частоты должны быть в разных диапазонах, иначе они будут мешать друг другу!

Наиболее распространенная и популярная частота FPV, точнее, их две:

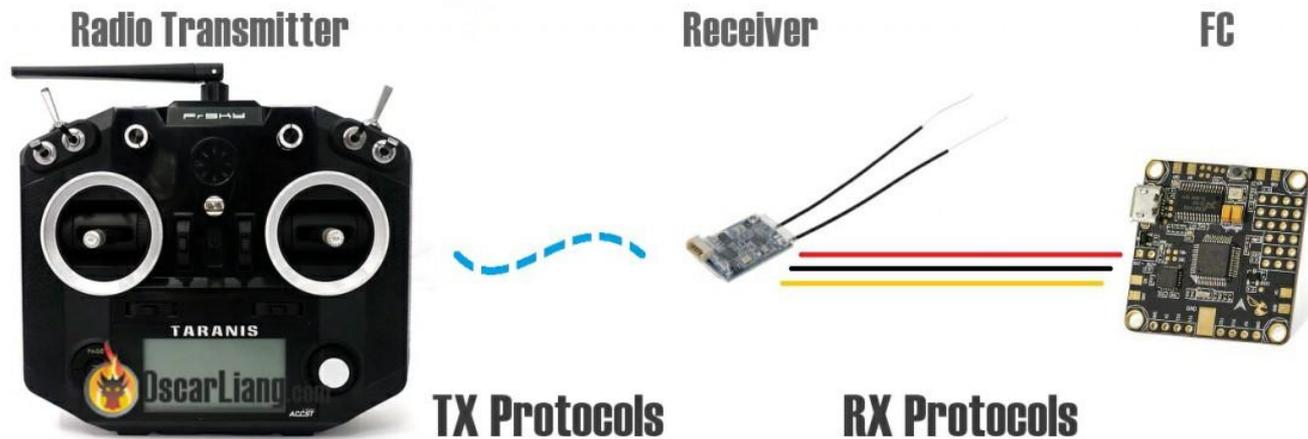
2.4GHz — используется для радиоуправления;

5.8GHz — используется для приема видео.



Протоколы радиопередачи

- ❑ FrSky R9M
- ❑ TBS Crossfire
- ❑ ELRS



Мультипротокольные модули

- ❑ Распространены мультипротокольные передатчики с множеством устаревших протоколов, чаще всего FrSky T8, T16 - до 1 км.



TBS Crossfire

- ❑ TBS Crossfire Micro/Nano RX/Pro - 868, 915, 2,4мгц и Crossfire micro TX v1 (250mw), v2 (1000mw).
- ❑ Плюсы: надежная связь, качество и надежность, простота настройки, распространенность, поддержка и сообщество.
- ❑ Минусы: Высокая цена, на TBS Nano RX проблемы с телеметрией на дистанции от 5 до 12 км.



TBS Crossfire Traser

- ❑ Плюсы: Дешевле, чем другие TBS, частота передачи 250hz (точность маневрирования);
- ❑ Минусы: Сниженная дальность, меньшее сообщество и поддержка.



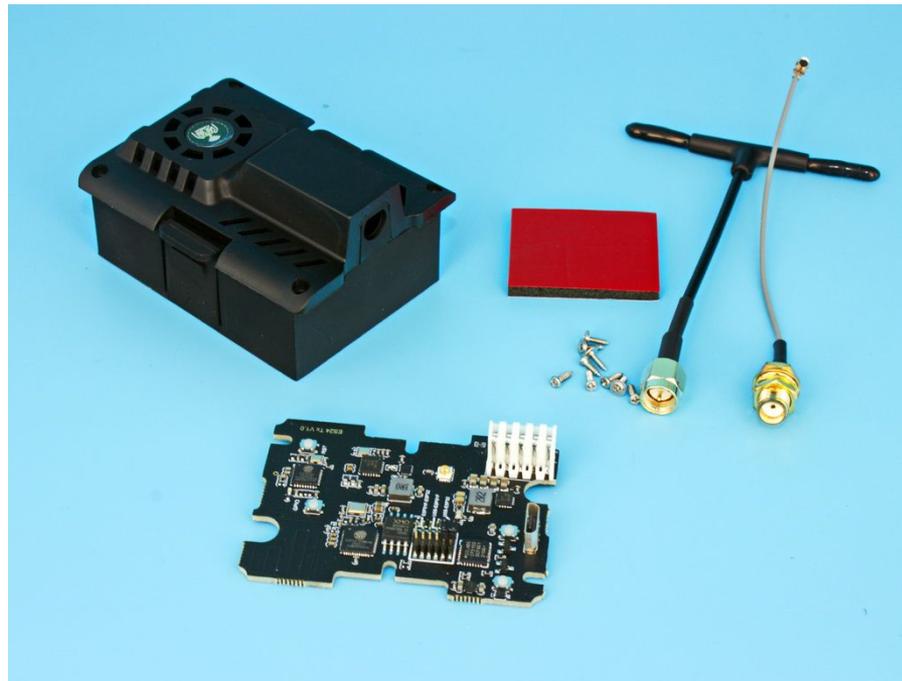
Frsky R9M

- ❑ Плюсы: Низкая цена, высокая дальность, 16 каналов вместо 12, стабильная телеметрия и вариометр;
- ❑ Минусы: Только для FrSky аппаратур, плохие комплектные антенны, слабая поддержка.



ELRS

- ❑ Это не самостоятельный протокол, а прошивка на TBS Crossfire.
- ❑ Плюсы: Низкая цена, высокая дальность, частота 500hz, надежность протокола CRSF, до 2w, развитие системы, большое сообщество, разнообразные производители;
- ❑ Минусы: Только 12 каналов, низкое качество аппаратуры у некоторых производителей.



Рабочие частоты

- ❑ 868 MHz, 915 MHz, 968 MHz
- ❑ 1,2 GHz, 1,3 GHz, 3,3 GHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz

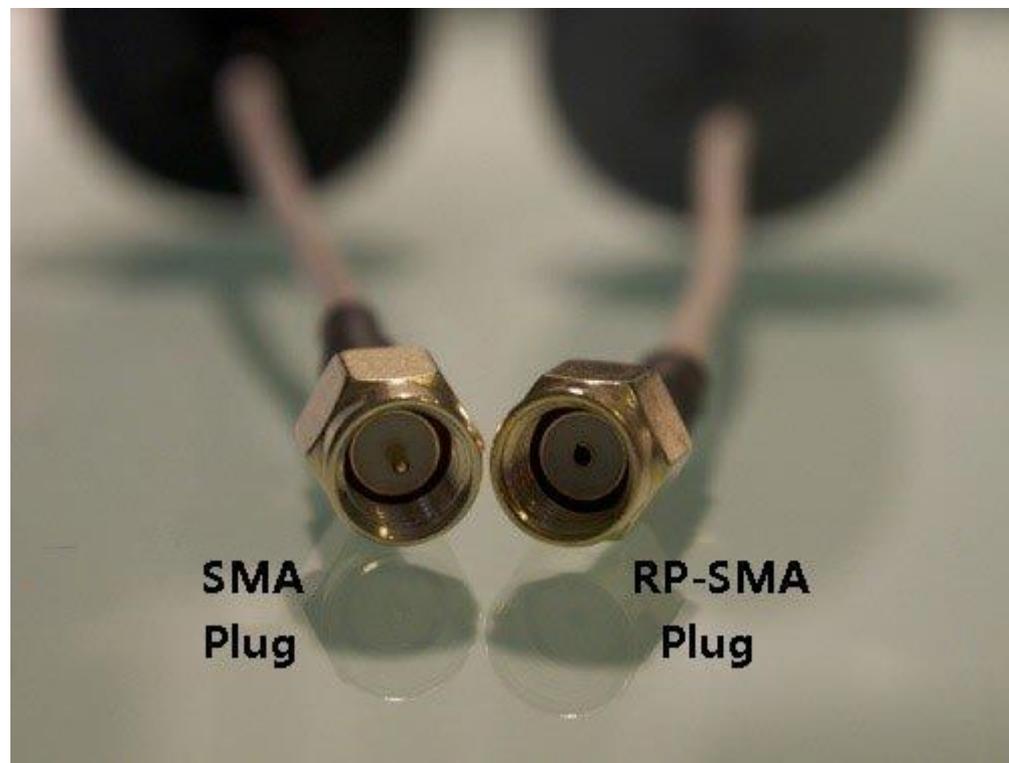
Отличия частот FPV

Чем выше частота, тем меньше антенны, хуже проникновение через препятствия, выше требование к оборудованию и передачи сигнала по кабелю при выносе антенны.

Однако, чем ниже частота, тем больше антенны, меньше чувствительность к препятствиям и скорость передачи. (получение картинки в HD качестве – серьезная проблема).

Типы антенного разъема SMA, RP-SMA

- ❑ Когда выбираете антенны, убедитесь, что их антенные разъемы совместимы!



Female SMA (мама)



Male SMA (папа)



У разъемов Female SMA — и земля, и сигнал — «мама» Male SMA — это «папа»

Female RP-SMA



Male RP-SMA



Разъем Female RP-SMA (мама), имеет землю типа «мама», а сигнальный контакт типа «папа».

Male RP-SMA (папа) — земля «папа», а сигнальный контакт — «мама».

Типы антенного разъема UFL

- ❑ Также известны как IPEX, UFL часто использовались в мелких видеопередатчиках и антеннах для них. Благодаря малому размеру, их можно встретить во многих приемниках управления.
- ❑ В этих разъемах нет резьбы, соединяются простым прижатием одного к другому. Они значительно более хрупкие (по сравнению с SMA/RPSMA), и в своей эксплуатационной живучести они плохо себя показывают (в среднем, их можно подключать-разъединять не более 30 раз).



Типы антенного разъема MMCX

- ❑ MMCX легче и компактнее, чем SMA, но значительно прочнее U.FL. Они значительно более живучие и их можно использовать около 100 раз. Всё больше видеопередатчиков оснащаются этими разъемами, так что можно ожидать, что они будут очень популярны в ближайшем будущем.



5.8 GHz

Плюсы:

- ❑ Огромный выбор оборудования, работающего на этой частоте;
- ❑ Маленькие и легкие антенны для этой частоты;
- ❑ Большой диапазон приема сигнала для дронов и прочих летающихборок;
- ❑ Неконфликтность с частотами (управляющими) 900MHz и 2.4GHz.

Минусы:

- ❑ У частоты 5.8 GHz отличное соотношение диапазона к мощности, но из-за высокой частоты, такой сигнал плохо проходит через препятствия, поэтому полет должен осуществляться в прямой видимости, а также, такая частота идеально только для полетов на короткие дистанции или на средние, если будет прямая видимость.



3.3GHz

Плюсы:

- ❑ Это относительно новая частота для FPV и потенциально хорошая альтернатива для частот 1.2 и 5.8G, так как это «золотая середина». Также, как и 5.8G, эта частота не мешает частотам управления — 2.4Ghz и 900MHz.

Минусы:

- ❑ Сложно найти комплектующие.



2.4GHz

Плюсы:

- ❑ Хорошее соотношение диапазона к мощности, но способность обходить препятствия меньше, чем 900 и 1,2GHz, но намного лучше, чем 5.8G.

Минусы:

- ❑ Эта частота FPV используется очень многим оборудованием — Wi-Fi, блютуз, различные авиамодели и даже микроволновки, поэтому вы можете столкнуться с помехами. В прочем, как и 5.8G, ведь она более свободна и некоторые производители уже всю выпускают оборудование под эту частоту.



1.2 GHz / 1.3GHz

Плюсы:

- ❑ Эти две частоты обеспечивают большую дальность и способность к проникновению через препятствия.

Минусы:

- ❑ Минусом будут большие антенны, а также эти частоты «мешают» частоте 2.4G. Для решения последней проблемы используют фильтры нижних частот.



900MHz

- Чем ниже частота, тем больше диапазон принятия сигнала и выше уровень прохождения сквозь препятствия. В теории, частота 900MHz должна была быть ТОП-1 в списке, тем не менее, эту частоту используют реже всех для FPV из-за огромных антенн и ограниченного выбора оборудования, но ситуация улучшается.



Строение FPV антенны

Каждая FPV антенна, независимо от внешнего вида, имеет одинаковый набор компонентов:

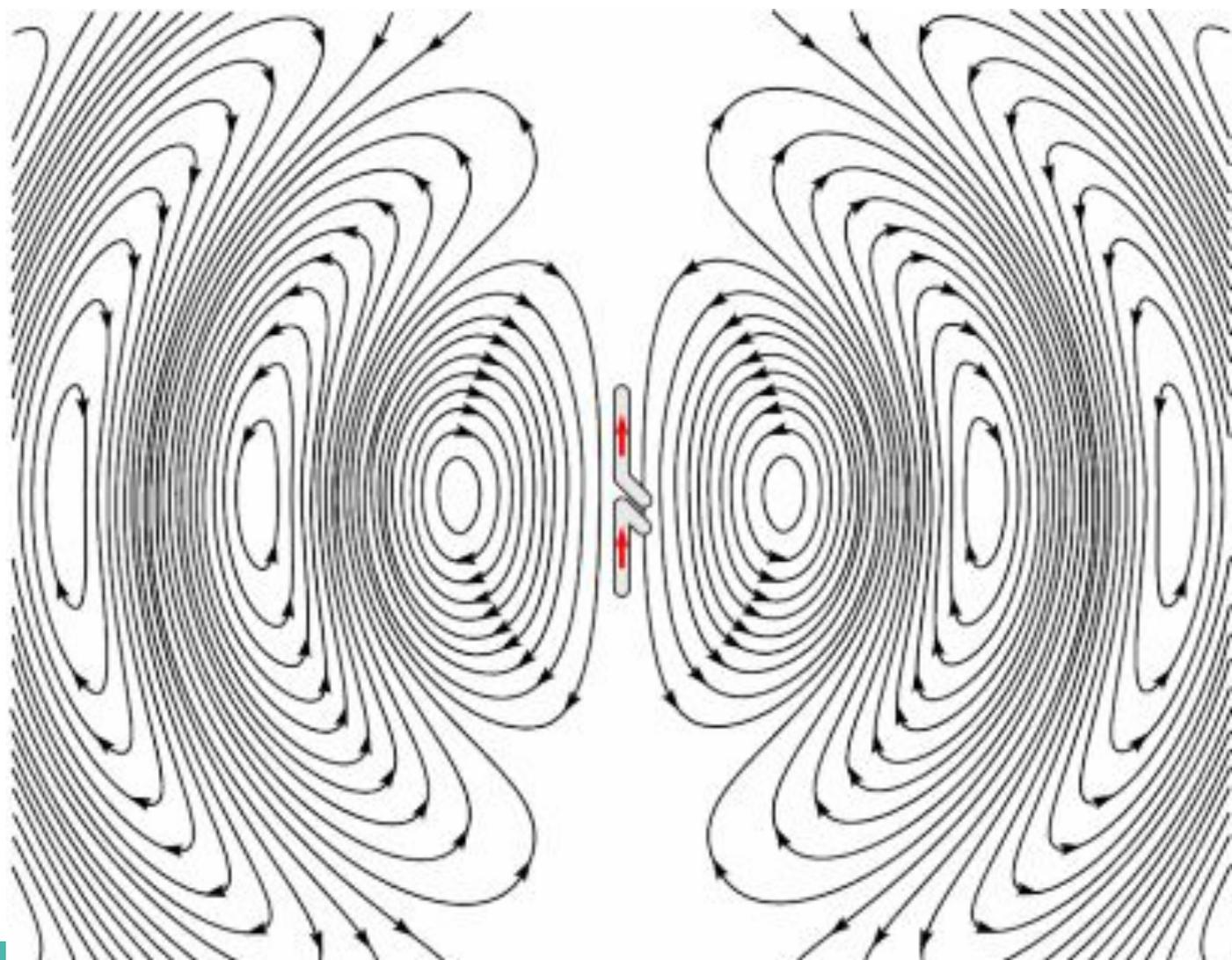
- ❑ Проводящий элемент - Формирует осциллирующий электрический сигнал и «передает» его в эфир в виде радиоволн. Каждая антенна имеет хотя бы один элемент. Некоторые могут иметь несколько элементов.
- ❑ Земля/основание - Этот компонент делают металлическим, он соединен с квадрокоптером посредством коннектора, также, при правильном позиционировании, усиливает сигнал, который передается до/от квадрокоптера. Основание нужно располагать так, чтобы оно было параллельно земле.



Строение FPV антенны

- ❑ Структура - в качестве материала пластик или акрил, не проводящий материал, служит для опоры проводящих элементов.
- ❑ Коаксил - Коаксиальный кабель представляет собой специальный тип защитного провода, который может передавать электрические сигналы от одной точки к другой без излучения радиосигнала.
- ❑ Коннектор - Коннектор это то, чем соединяется антенна к плате или передатчику на дроне. Служит проводящим элементом.



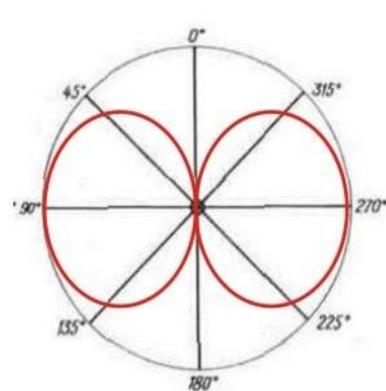
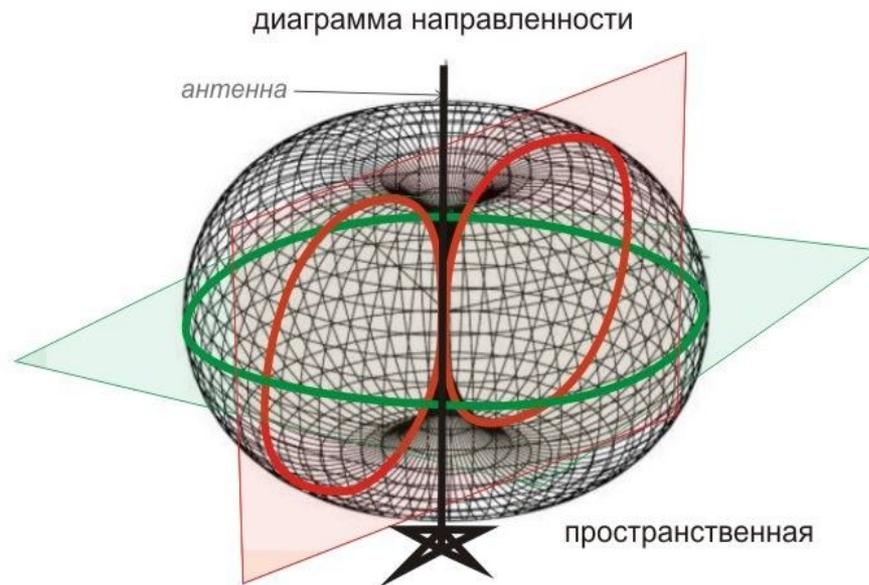


Круговая поляризация

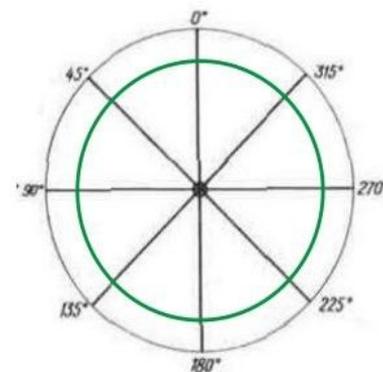
У антенн с круговой поляризацией, диаграмма направленности напоминает бублик. Благодаря своей универсальной поляризации, эти антенны отлично принимают и передают радиоволны почти в любом положении. Наибольшее усиление происходит в горизонтальной плоскости, а наименьшее в вертикальной.



LHCP RP-SMA



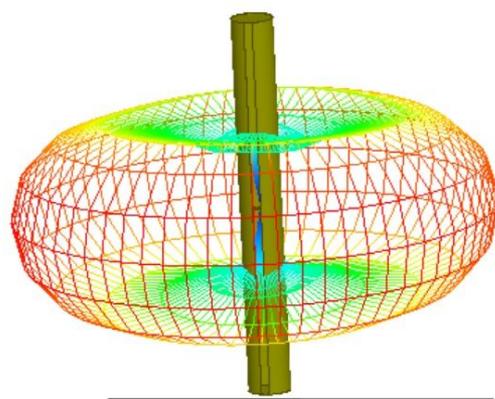
вертикальная



горизонтальная

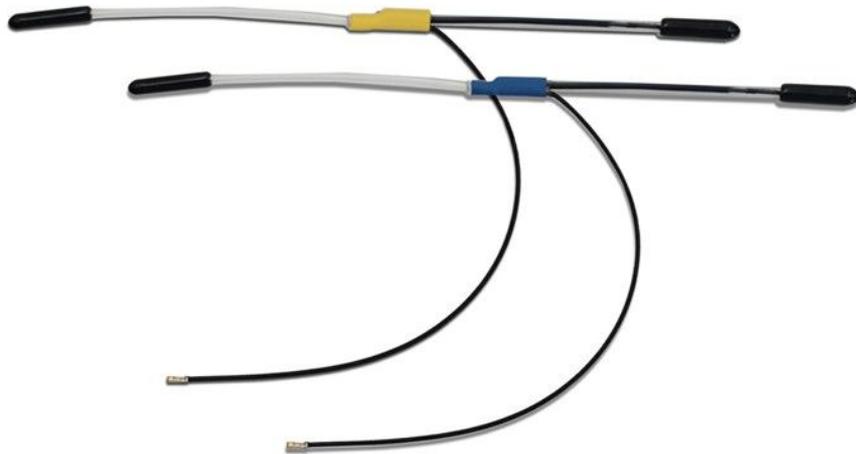
Монополь или линейная

У монопольных антенн, диаграмма направленности тоже напоминает бублик, но более сжатый и с большим отверстием в центре. Основное отличие от антенны с круговой поляризацией заключается в том, что сигнал монопольной антенны работает лучше всего, когда антенны параллельны. Если такие антенны (прием и передача) расположить перпендикулярно или под прямым углом, а также, если они направлены прямо друг на друга, то сигнал будет очень плохой.



Диполь

Дипольная антенна тоже формирует диаграмму-бублик, но немного другой. Разница между дипольной и монопольной антенной заключается в том, что монопольный бублик намного более круглый с меньшим отверстием в середине. Это, дает дипольной антенне лучшие характеристики, чем монопольной, при более широком диапазоне углов.



Патч / Плата / Заплата

Патч-антенны имеют трехмерную диаграмму направленности излучения в форме капли в одном направлении. Это означает, что у них высокий коэффициент усиления в одном направлении (направление, в котором находится патч), но очень низкий коэффициент усиления в других направлениях. Они идеально подходят для установки на приемник.

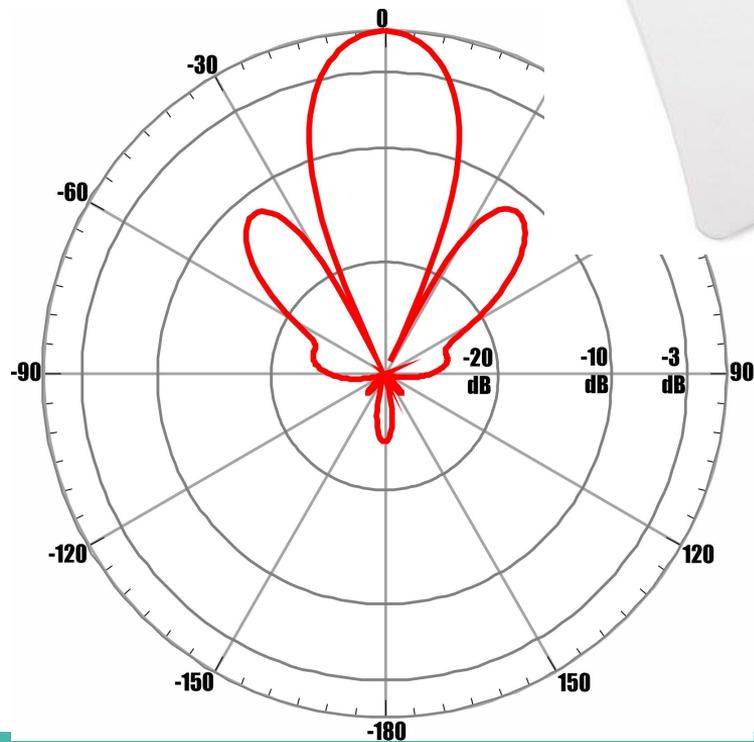
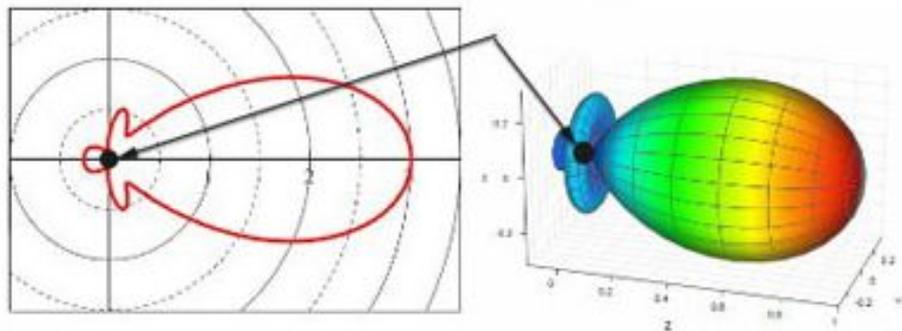
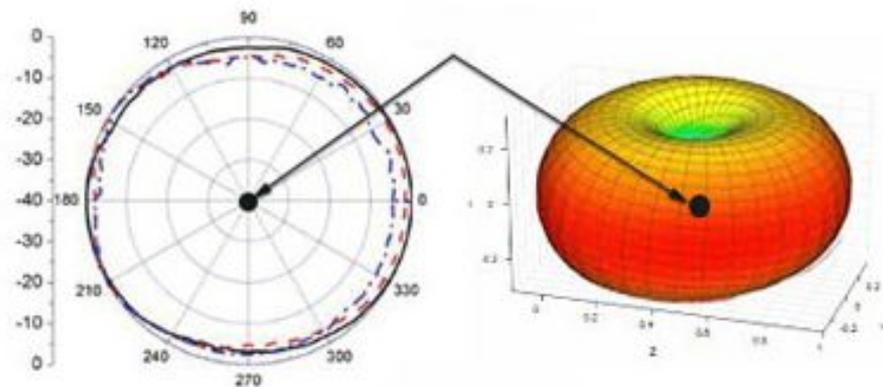


Диаграмма направленности



направленная антенна



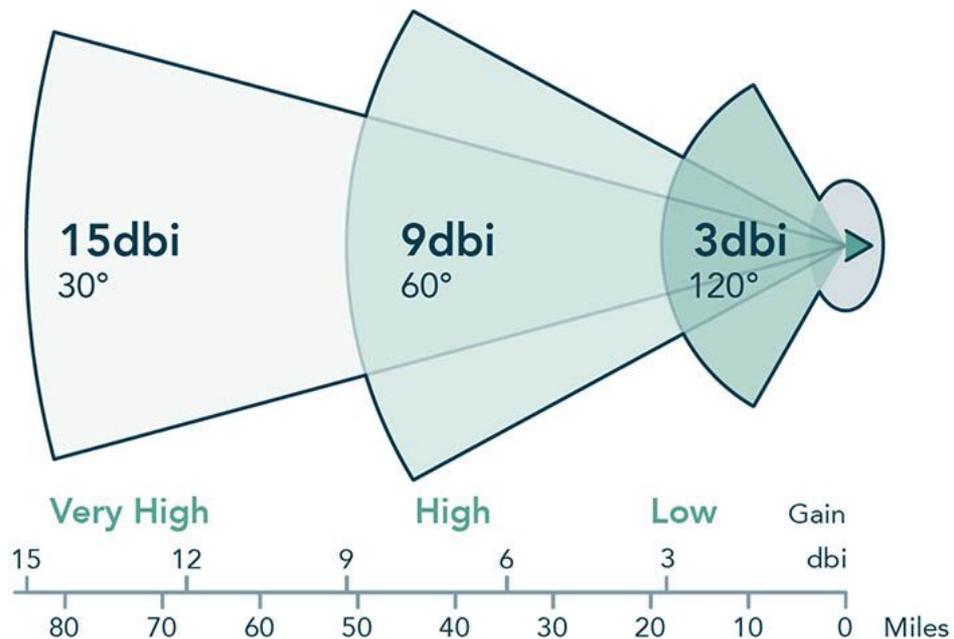
круговая антенна

Спиральная антенна

Спиральные антенны — отличный способ получить высокую направленность из круговой поляризации антенны. Чем больше витков спирали, тем больше мощность и направленность. Спиральные антенны с 1 или 2 оборотами имеют характеристики, очень похожие на патч-антенну. Однако добавление 6 и больше оборотов может значительно улучшить диапазон антенны.

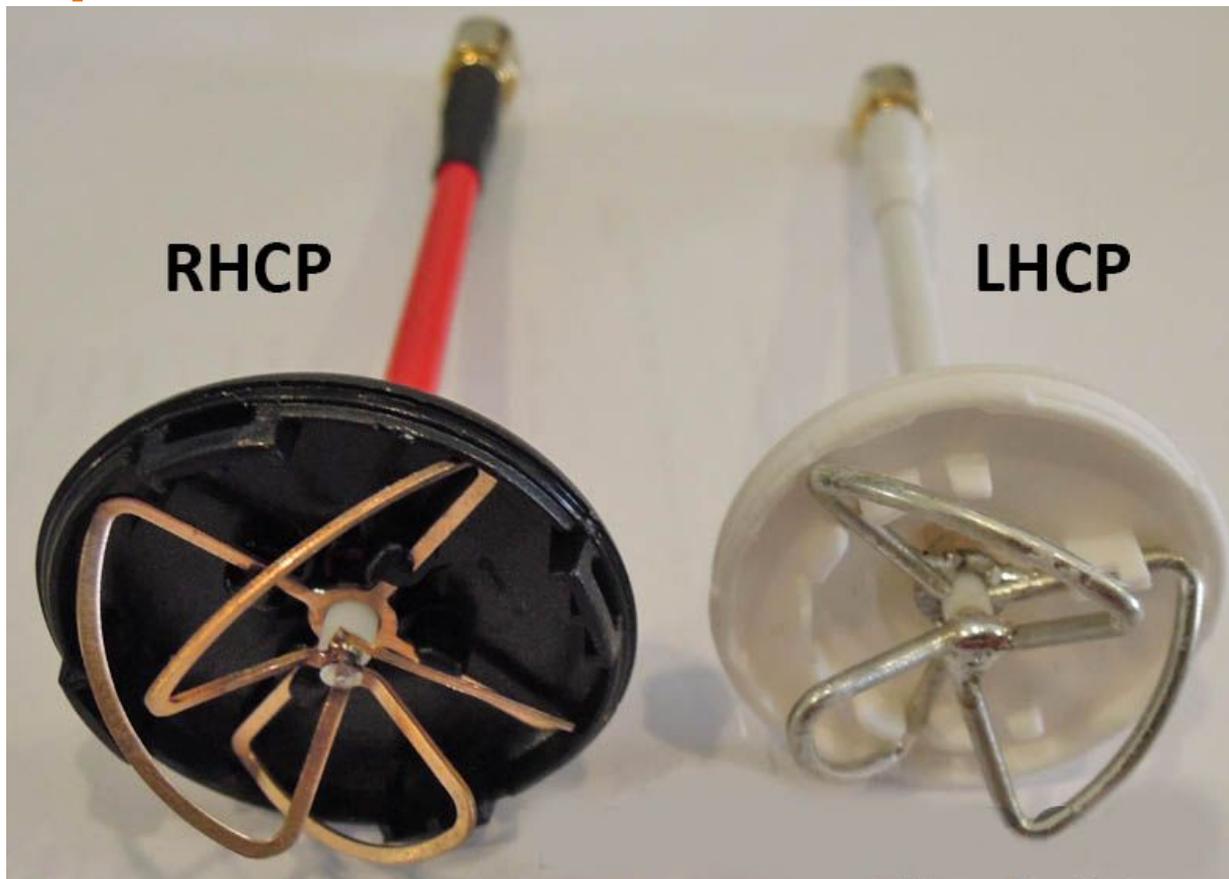


Усиление антенны



Левая и правая поляризация

- Пары антенн обязательно должны иметь одинаковую поляризацию!



Как установить антенну на квадрокоптер

Общие принципы:

1. Сохранять вертикальность или горизонтальность расположения приёмной и передающей антенн (показать на примере, нарисовать схему распространения сигнала).
2. Устанавливать антенны как можно дальше от силовых кабелей или карбоновой рамы.
3. Исключить соприкосновение антенны с массивными металлическими предметами (например ручками пульта управления).
4. Сохранение целостности пластикового корпуса антенны.

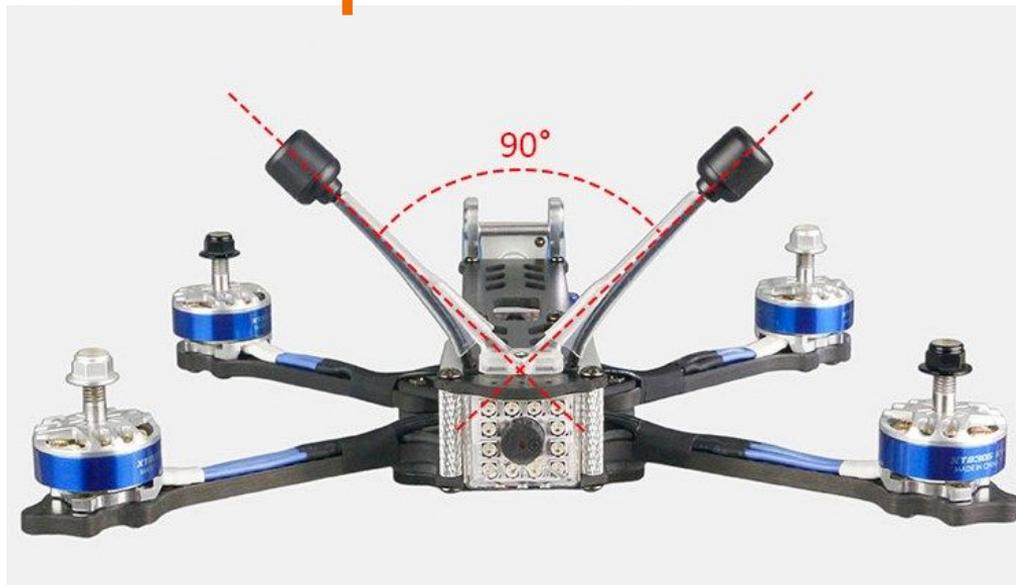
Расположение и установка антенн приемника 2.4 GHz

У большинства приемников 2.4 GHz используются две линейные антенны. В идеале они должны устанавливаться под прямым углом 90° друг к другу. Самый популярный способ крепления — это использовать пластиковые стяжки, как показано на фото.



Расположение и установка антенн приемника 2.4 GHz

Не менее популярным местом будет и расположение антенн со второго фото, когда антенны располагаются буквой V на хвосте дрона.



Дипольные антенны и Crossfire

Такие антенны нужно устанавливать так, чтобы было как можно меньше экранирования от карбоновой рамы. У антенн Crossfire на концах есть наконечники, для гонок на близком расстоянии ничего учитывать не нужно, а вот для фристайла и при полетах на дальние расстояния, нужно следить за тем, чтобы наконечники «не смотрели» на пульт управления. Ниже на фото показано расположение такой антенны.



Расположение и установка антенн видеопередатчика

5.8 GHz

Правильно установленная антенна видеопередатчика обеспечит оптимальный сигнал. Антенна видеопередатчика должна быть установлена перпендикулярно направлению камеры. Таким образом, он всегда будет направлен вверх, когда дрон летит вперед. Это касается и самолетов с неподвижным крылом. Это идеальный угол для установки антенн как с линейной, так и с круговой поляризацией.



Размещение антенны VTX

- ❑ Что касается размещения антенны VTX на дроне, ее следует располагать как можно дальше от рамы. В идеале антенна должна находиться в таком положении, чтобы между ней и антеннами на вашем шлеме или очках можно было провести воображаемую линию, при этом рама дрона не будет блокировать ее. Лучшее решение для этого — установить антенну под углом в задней части квадрокоптера.
- ❑ Важно хорошо закрепить антенну, чтобы в случае краша (аварии) антенна не сломала разъем видеопередатчика, так как крепление там жесткое.

Как расположить антенну на FPV очках и шлеме?

- ❑ Если внутри шлема/очков два приемника или есть разнесение, то нужно использовать на одном разъеме круговую антенну, а на другом — патч антенну. Так вы добьетесь наилучшего сигнала.
- ❑ Лучшим решением будет использование наземной станции для антенн, так ничего не будет зависеть от движений вашей головы.



Качество антенн

Качество антенн достаточно сильно влияет на производительность сигнала, его качество. Дешевые варианты обычно плохо откалиброваны и у них наименьшая чувствительность. У дорогих антенн наоборот, максимальная чувствительность и хорошая калибровка в заводе.

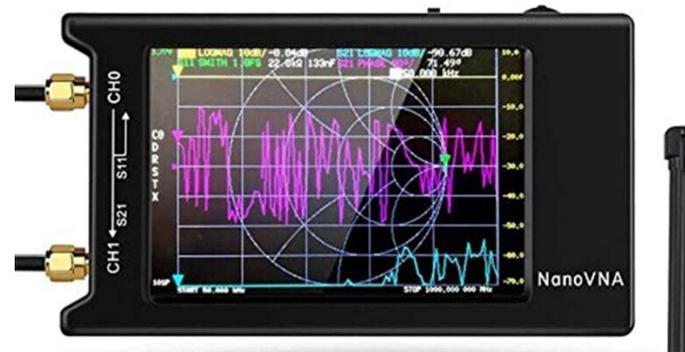
Как это проверить?

Для контроля параметров радиосвязи применяется 2 вида приборов:

- ❑ Анализатор спектра радиоизлучения
Как пример:
<https://kroks.ru/shop/network-equipment/arinst-ssa-tg-r3-portativnyj-analizator-spektra-s-treking-generatorom/>
- ❑ Векторный анализатор
Как пример:
<https://kroks.ru/shop/network-equipment/arinst-vna-dl-1-8800-mgcz-nastolnyj-dvuxportovyj-vektornyj-analizator-czepej/>

Данные приборы позволяют контролировать параметры радиоизлучения антенн и прочего оборудования

- ❑ https://www.youtube.com/watch?time_continue=249&v=WcOJWdy8v3o&embeds_euri=https%3A%2F%2Fprofprv.ru%2F&feature=emb_logo



КСВн

- ❑ Коэффициент стоячей волны – это мера согласования нагрузки с линией передачи. Показывает эффективность передачи определенных частот через данную антенну. Приемлемые значения от 1.1 до 2. (Оптимальное значение ниже 1,5)

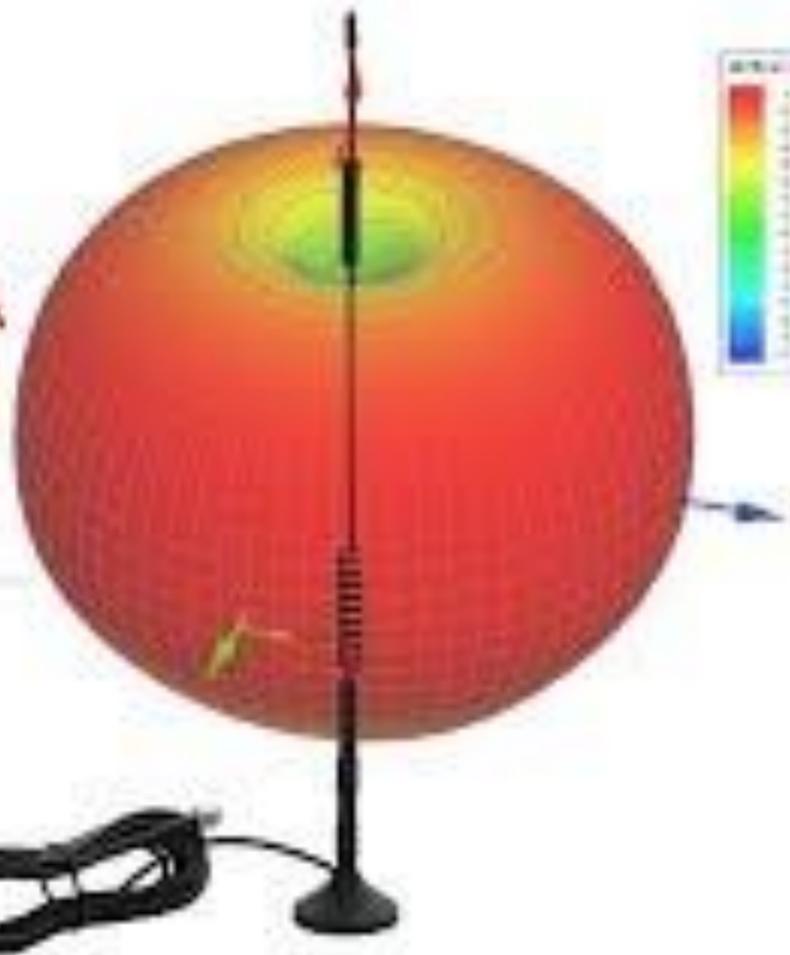
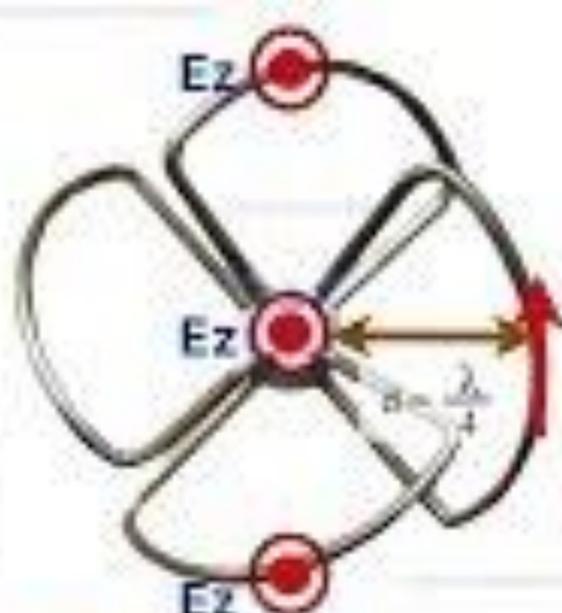


Вынос антенн от передатчиков и приемников

Возможно вынесение антенн посредством подключения различных кабелей, антенн и усилителей.

- ❑ При выносе, необходимо учитывать: формат применения, частоту, коэффициент затухания сигнала в кабеле, усиление антенны и подключенные усилители.
- ❑ **Затухание сигнала в кабеле: ??? вот тут разобраться**





**FPV СИСТЕМА
АНТЕННЫ**

Аккумуляторные батареи



Типы АКБ

В качестве источника энергии используются следующие виды аккумуляторов:

Литий-ионный аккумулятор (Li-ion) – тип электрического аккумулятора, который широко распространён в современной бытовой электронной технике и находит своё применение в качестве источника энергии в электромобилях и накопителях энергии в энергетических системах.

Преимущества:

- ❑ высокая энергетическая плотность (ёмкость);
- ❑ низкий саморазряд;
- ❑ высокая токоотдача;
- ❑ большое число циклов заряд-разряд;
- ❑ не требуют обслуживания.

Недостатки:

- ❑ при перезаряде, несоблюдении условий заряда или при механическом повреждении часто бывают чрезвычайно огнеопасными;
- ❑ потеря ёмкости на холоде.

Типы АКБ

Литий-полимерный аккумулятор (Li-Po) – это усовершенствованная конструкция литий-ионного аккумулятора. В качестве электролита используется полимерный материал.

Преимущества:

- ❑ большая плотность энергии на единицу массы;
- ❑ низкий саморазряд;
- ❑ возможность получать очень гибкие формы;
- ❑ незначительный перепад напряжения по мере разряда;
- ❑ широкий диапазон рабочих температур от -20 до $+40$ °C.

Недостатки:

- ❑ пожароопасны при перезаряде и/или перегреве. Для борьбы с этим явлением все бытовые аккумуляторы снабжаются встроенной электронной схемой, которая предотвращает перезаряд и перегрев вследствие слишком интенсивного заряда. По этой же причине требуют специальных алгоритмов зарядки (зарядных устройств).
- ❑ количество рабочих циклов 800 – 900, при разрядных токах в 2А до потери емкости в 20 %.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ БАТАРЕЙ

- *Напряжение* батареи
- *Количество* ячеек
- *Емкость* батареи
- *Токоотдача* (C-рейтинг)
- *C-рейтинг заряда*



НАПРЯЖЕНИЕ И КОЛИЧЕСТВО ЯЧЕЕК

Напряжение напрямую влияет на **обороты** бесколлекторных моторов, поэтому, если используемые на дроне моторы/ESC и другие электронные компоненты поддерживают работу на более высоком напряжении, то вы можете использовать батареи с большим числом банок, чтобы тем самым значительно увеличить скоростной потенциал дрона.

LiPo батареи состоят из отдельных элементов (ячеек/cell's), обозначаемые как "**S**". Каждый отдельный элемент батареи имеет номинально напряжение **3.7В**. Если требуется более высокое напряжение, эти элементы могут быть соединены *последовательно*, чтобы впоследствии сформировать одну батарею

ТОКООТДАЧА ИЛИ С-РЕЙТИНГ

Литий-полимерные аккумуляторы предназначенные для питания дронов имеют в своей спецификации такой важный параметр как ***С-рейтинг/Токоотдача/Скорость разряда***. Зная номинальное значение «С» и ёмкость батареи, мы можем рассчитать теоретический безопасный постоянный максимальный ток разряда LiPo батареи:

$$\frac{C \times \text{мАч}}{1000} = \text{Токоотдача (А)}$$

Слишком маленькое значение С-рейтинга не позволит дрону развивать свой максимальный лётный потенциал и он будет менее динамичным. А если ток превысит номинальное значение, то можно в результате даже повредить батарею.



ЗАРЯДКА-РАЗРЯДКА БАТАРЕЙ

Аккумуляторы не стоит разряжать *ниже 3.0V*, а батарея, разряженная ниже 2V, считайте, уже *непригодна* к службе. Переразрядка запускает необратимые химические процессы внутри батареи, понижая уровень ее производительности.

В то же время перезаряд, т.е. уровень *выше 4.2V*, может привести к воспламенению батареи.

ВНУТРЕННЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Внутреннее сопротивление определяет качество LiPo батареи. Чем ниже значение, тем лучше. Более высокое внутреннее сопротивление уменьшает максимальный ток выдаваемый LiPo и увеличивает момент просадки напряжения. В результате большая часть энергии расходуется впустую высвобождаясь в виде тепла, что в итоге способствует *перегреву* АКБ.

Внутреннее сопротивление LiPo батареи увеличивается *в ходе эксплуатации*, а сам процесс *неизбежен и необратим*. Именно поэтому со временем АКБ перестают выдавать былой потенциал, что в свою очередь отражается на динамичности полёта дрона.

Большой разброс между значениями каждой банки указывает на её плохое состояние, а *наименьший* на хорошее.



ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА И ИХ ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

- *Прямой/Быстрый заряд (Direct charge/Fast charge)* — в данном случае зарядка батареи осуществляется только посредством силового провода, что исключает возможность зарядного устройства контролировать напряжение каждой банки на протяжении всего зарядного процесса.
- *Балансная зарядка (Balance charge)* — в данном случае батарея подключается к ЗУ посредством силового и балансирующего проводов, что позволяет зарядному устройству контролировать напряжение каждой банки и осуществлять их зарядку по отдельности, поддерживая на протяжении всего процесса равное напряжение.
- *Зарядка до режима хранения (Storage charge)* — в данном случае ЗУ доводит напряжение каждой банки АКБ до 3.8-3.85В, что позволяет осуществлять бережное хранение аккумулятора. Такой подход необходим, по той причине, что для LiPo батарей недопустимо их хранение при полностью заряженном состоянии, либо наоборот при полностью разряженном состоянии, так как это пагубно влияет на их внутреннее сопротивление, которое в свою очередь предопределяет их срок службы.
- *Разрядка (Discharge)* — в данном случае зарядное устройство осуществит медленную разрядку АКБ (характеризуется крайне медленным процессом разряда, ещё медленнее чем зарядка).



ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЗАРЯДКА

Параллельная зарядка — не самый безопасный способ зарядки LiPo-батарей, но, вероятно, один из самых быстрых способов.

Такой подход с помощью **платы параллельной зарядки** позволяет одновременно заряжать несколько АКБ в поочерёдном порядке. Однако стоит понимать, что вы делаете это на свой страх и риск.



МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ

- Никогда не оставляйте заряжаемые АКБ без присмотра.
- Во время зарядки регулярно проверяйте, нагревается ли аккумулятор или не начинает ли он набухать, и если это так, то немедленно прекратите зарядку!
- Исправная LiPo батарея никогда не будет нагреваться во время процесса зарядки. Если данный факт имеет место быть, то необходимо немедленно прекратить процесс и выяснить причины нагрева.
- Не заряжайте батарею сразу после использования, подождите, пока она полностью остынет.
- Проверьте соответствие настроек ЗУ с заряжаемой АКБ (например сверяйте: количество банок «S»).
- Никогда не используйте и не заряжайте поврежденную батарею — не заряжайте её, если она вздулась или имеет другие видимые признаки повреждения.
- Отключение АКБ от зарядного устройства должно осуществляться путём непосредственного захвата за сам разъём/коннектор.