

ТЕХНОПАРК

САНКТ-ПЕТЕРБУРГА



ПРАКТИЧЕСКИЙ КУРС ПОДГОТОВКИ
ОПЕРАТОРОВ БПЛА

СПЕЦИАЛИСТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БАС

Это специалист, который занимается управлением и обслуживанием дронов, а также выполняет сопутствующие задачи:

- Составляет план полеты
- Обработывает и анализирует данные, получение с БВС и так далее



ВИДЫ ПРИМЕНЕНИЯ БАС В ГРАЖДАНСКОМ СЕКТОРЕ



БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИОННАЯ СИСТЕМА

БВС, БПЛА, БАС, дрон, беспилотник – это летательный аппарат без экипажа на борту. Человек управляет с земли при помощи заранее заданной программы или систем управления

Типы БВС:

- Аэростатические БПЛА
- Реактивные БПЛА
- БПЛА самолетного типа
- БПЛА вертолетного типа
- Мультикоптерные БПЛА
- Гибридные БПЛА (конвертопланы)



БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИОННАЯ СИСТЕМА



→ АЭРОСТАТИЧЕСКИЙ БПЛА (ИРКУТ-1А (РОССИЯ))



→ МУЛЬТИКОПТЕРНЫЙ БПЛА DJI MAVIC 3 (КИТАЙ)



→ БПЛА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА VRT300 (РОССИЯ)



→ ГИБРИДНЫЕ БПЛА GRIFLION H (КИТАЙ)



→ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА ОРИОН (РОССИЯ)



→ РЕАКТИВНЫЙ БПЛА BAYRASTAR KIZILELMA (ТУРЦИЯ)

ВИДЫ И ТИПЫ МУЛЬТИКОПТЕРНЫХ БВС

Мультикоптерные БВС, построены по вертолётной схеме, с тремя и более несущими винтами.

→ ВИДЫ:

➤ Малые БВС:

Дальность полета – до 3 км
Вес – до 250 г

➤ Средние БВС:

Дальность полета – до 6 км
Вес – до 1000 г

**Возможность установки систем сброса*

➤ Большие БВС:

Дальность полета – до 15 км
Вес – до 2000 г

**Возможность доставки*

→ ТИПЫ:



Трикоптер (3 Мотора)



Квадрокоптер (4 Мотора)



Гексокоптер (6 Моторов)



Октокоптер (8 Моторов)

FPV МУЛЬТИКОПТЕРНЫЕ БПЛА

Мультикоптерные БПЛА, построены по вертолётной схеме, с тремя и более несущими винтами.

Cinewhoop



DJI AVATA

Whoop



Beta FPV Meteor75

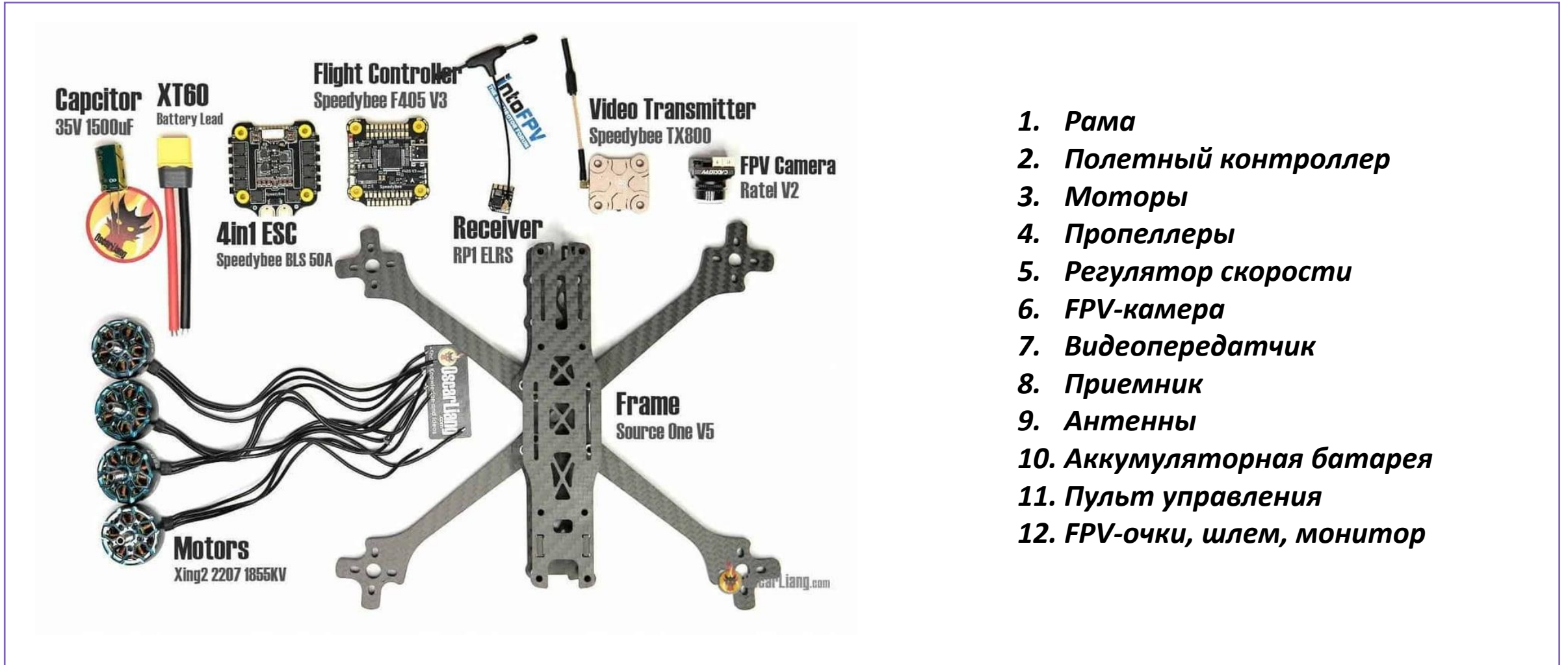
Drone



iFlight Chimera 7

FPV МУЛЬТИКОПТЕРНЫЕ БПЛА

Мультикоптерные БПЛА, построены по вертолётной схеме, с тремя и более несущими винтами.



1. *Рама*
2. *Полетный контроллер*
3. *Моторы*
4. *Пропеллеры*
5. *Регулятор скорости*
6. *FPV-камера*
7. *Видеопередатчик*
8. *Приемник*
9. *Антенны*
10. *Аккумуляторная батарея*
11. *Пульт управления*
12. *FPV-очки, шлем, монитор*

КОНСТРУКЦИЯ РАМЫ ДЛЯ FPV

Рама – это прочный каркас БПЛА, к которому будут крепиться все остальные элементы. Она может быть цельная (тело и 4 луча), а может быть сборная (лучи крепятся винтами). Рама прежде всего – Должна быть твердой и жесткой, устойчивой к повреждениям.

Основные характеристики при выборе рамы:

- 1. Толщина рамы и в частности лучей рамы*
- 2. Возможность установки HD-системы, видеосвязи*
- 3. Размер центральной части рамы (что бы влезала вся электроника и периферия)*
- 4. Вес рамы (вытекает из 1 и 3 пункта)*
- 5. Защита моторов (они же дакты, они же cinewhoop)*
- 6. Доступность запасных частей*

Существует множество типов конструкции рам, конфигурация которых влияет не только на эстетические и визуальные качества, но и на летные характеристики.



H-bot



True-X



Hybrid-X



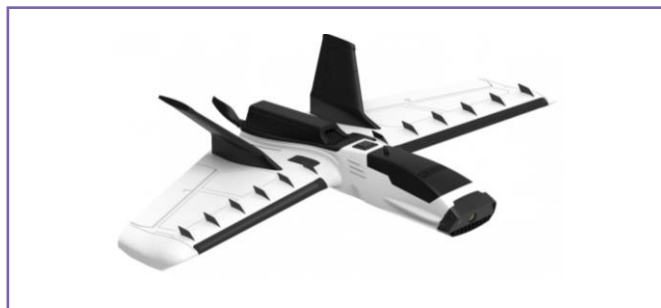
Box



Stretch-X

МАТЕРИАЛЫ КОРПУСА БПЛА

При создании БПЛА отдельное внимание отдается материалу корпуса. Материал корпуса должен сочетать в себе легкость, прочность и гибкость, но так же материал может быть выбран исходя из типа БПЛА, задач и условий в которых будет работать БПЛА.



→ ПОРОЛОН ВСПЕНЕННЫЙ
ПОЛИПРОПИЛЕН (EPP)



→ ДЕРЕВО ФАНЕРА ФСФ



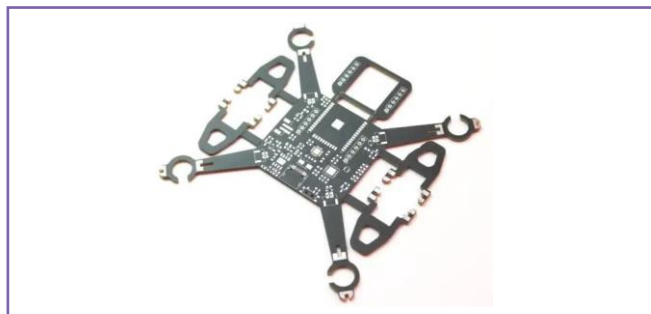
→ ПЛАСТИК



→ АЛЮМИНИЙ



→ G10 (РАЗНОВИДНОСТЬ
СТЕКЛОВОЛКНА)



→ РСВ (ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА)



→ УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО



Чем толще карбон, тем выше жесткость и прочность рамы, но и вес выше.

Рамы размером 150 мм и меньше часто сделаны из карбона толщиной 2 мм, более крупные рамы — 3 или 4 мм. Однако, толщина очень важна именно для лучей, так что иногда нижнюю и верхнюю пластины делают более тонкими.

Это нормально, потому что именно лучи принимают на себя всю силу удара при падениях.

Карбон - электропроводящий материал.

Если у вашей модели есть оголенные провода, это может привести к короткому замыканию через раму.

Карбон блокирует радиочастоты, например, 2,4 ГГц и 5,8 ГГц, поэтому лучше не прятать антенны в корпусе, их нужно выводить наружу.

ЗАЩИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ БПЛА

Защитная конструкция квадрокоптеру нужна для защиты лопастей и моторов, потому что в случае падения удар приходится на винты, моторы и лучи, что приводит к их частой поломке. Конечно, наличие защиты приводит к увеличению веса и сопротивления воздуху, но именно она является гарантией безопасности квадрокоптера и его долговечности. Материалами защиты обычно является стекловолокно или пластик.



→ Дуговая защита



→ Корпусная защита



→ Сферическая защита



→ Клетка

ВИНТОМOTORНАЯ ГРУППА (ВМГ)

ВМГ — установка, создающая тягу, под воздействием, которой винтовой ЛА движется в требуемом направлении (или стремится двигаться, например, зависает, когда сила, создаваемая ВМГ компенсируется силой тяжести).



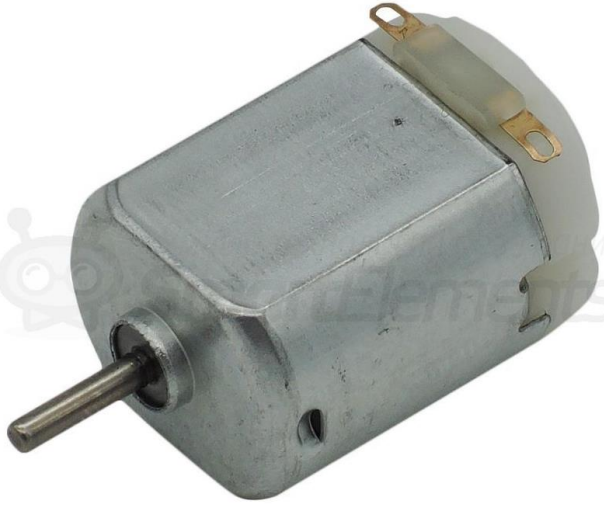
KV – макс. число оборотов, которое может развить мотор без потери в мощности при заданном напряжении. Для большинства многороторных БПЛА актуально низкое значение KV (например, от 500 до 1000), поскольку это способствует обеспечению стабильности.



В **ВМГ** входят двигатель, воздушный винт, узлы (например, механизмы управления коллективным шагом лопастей воздушного винта), системы и агрегаты, необходимые для обеспечения надёжной и эффективной работы. Также в ВМГ может входить контроллер мотора, определяющий его характеристики.



КОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ



Коллекторный двигатель состоит из:

- 1. Якорь**
- 2. Ротор**
- 3. Подшипники**
- 4. Щётки**
- 5. Коллектор (коммутатор)**
- 6. Обмотки**
- 7. Сердечник статора**



Преимущества:

- Низкая стоимость
- Скорость до 10 000 об/мин
- Высокий крутящий момент даже на малых оборотах
- Возможность регулировать скорость в широких пределах
- Невысокие пусковые токи и нагрузки



Недостатки:

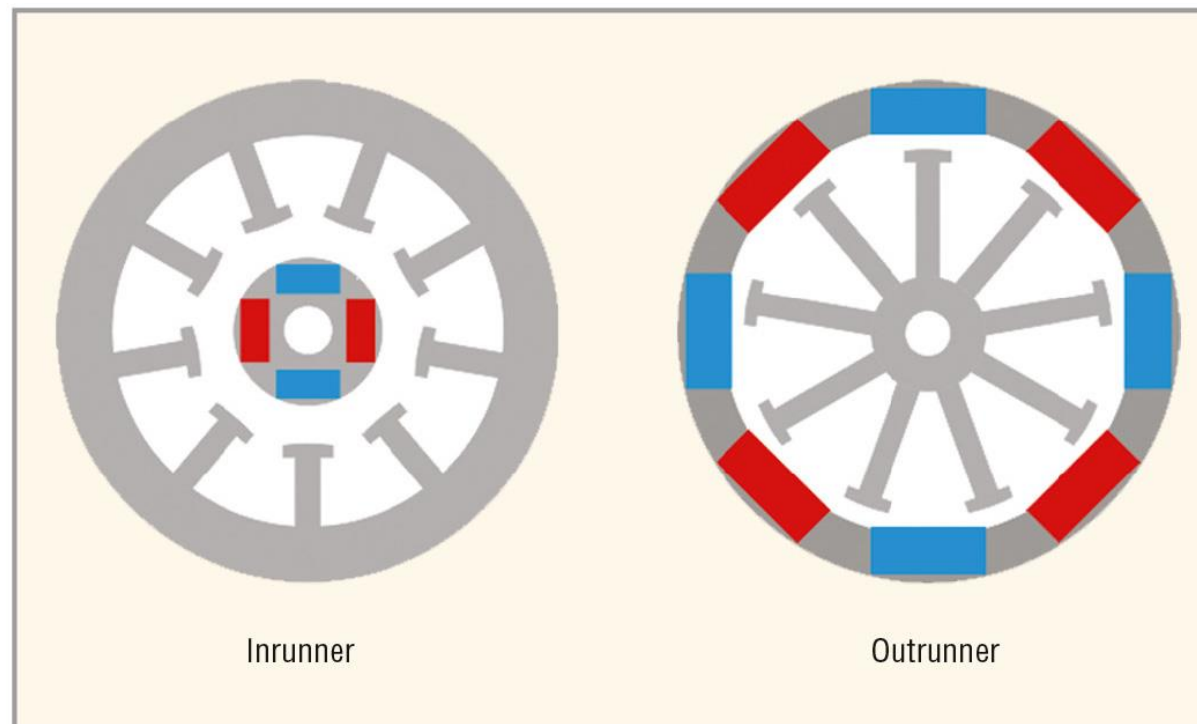
- Высокий уровень шумов при работе. Особенно на высоких скоростях. Щетки трутся о коллектор, дополнительно создавая шумы
- Трение щёток приводит к их искрению и последующему износу
- Необходимость частого обслуживания коллекторного узла
- Нестабильность показателей при изменении нагрузки
- Высокая частота отказов из-за наличия коллектора и щёток, малый срок службы этого узла

БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

BLDC электродвигатели (Brushless Direct Current) — это бесщеточные двигатели постоянного тока, которые состоят из ротора с постоянными магнитами и статора с обмотками.

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.



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:

- Сложная система управления двигателем
- Высокая стоимость двигателя, обусловленная использованием дорогостоящих материалов в конструкции ротора (магниты, подшипники, валы)



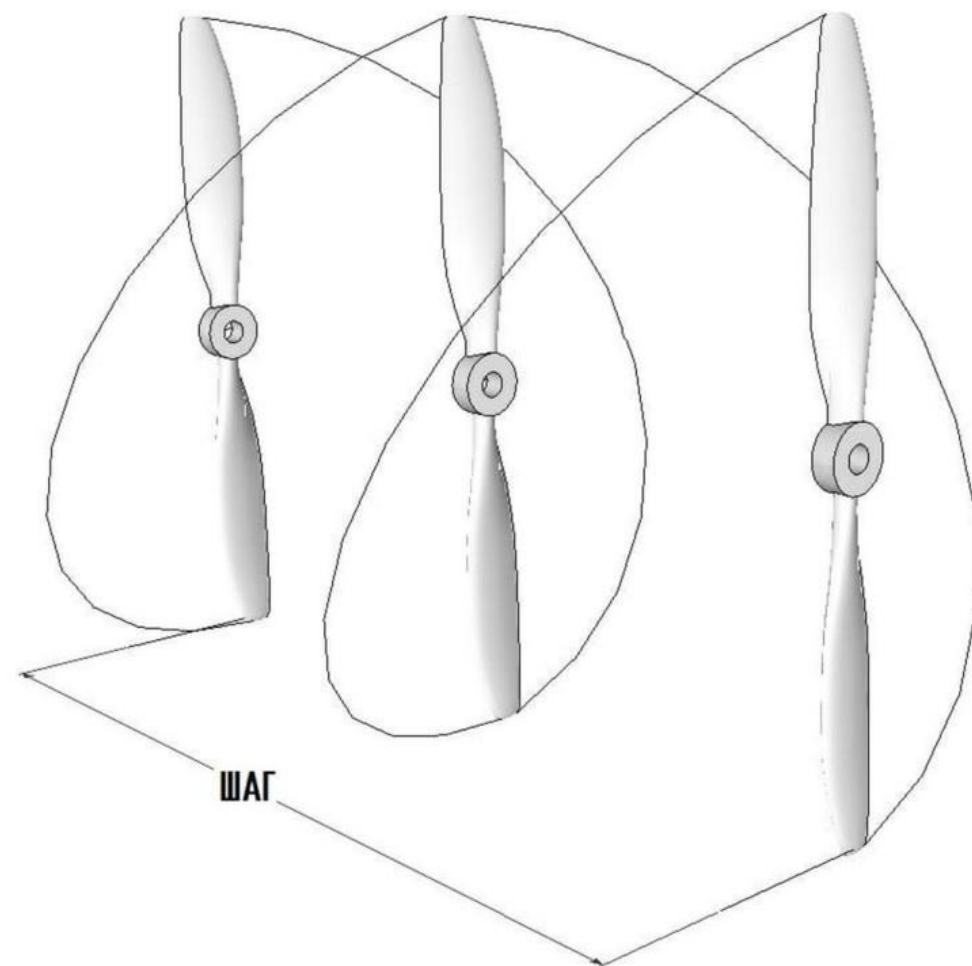
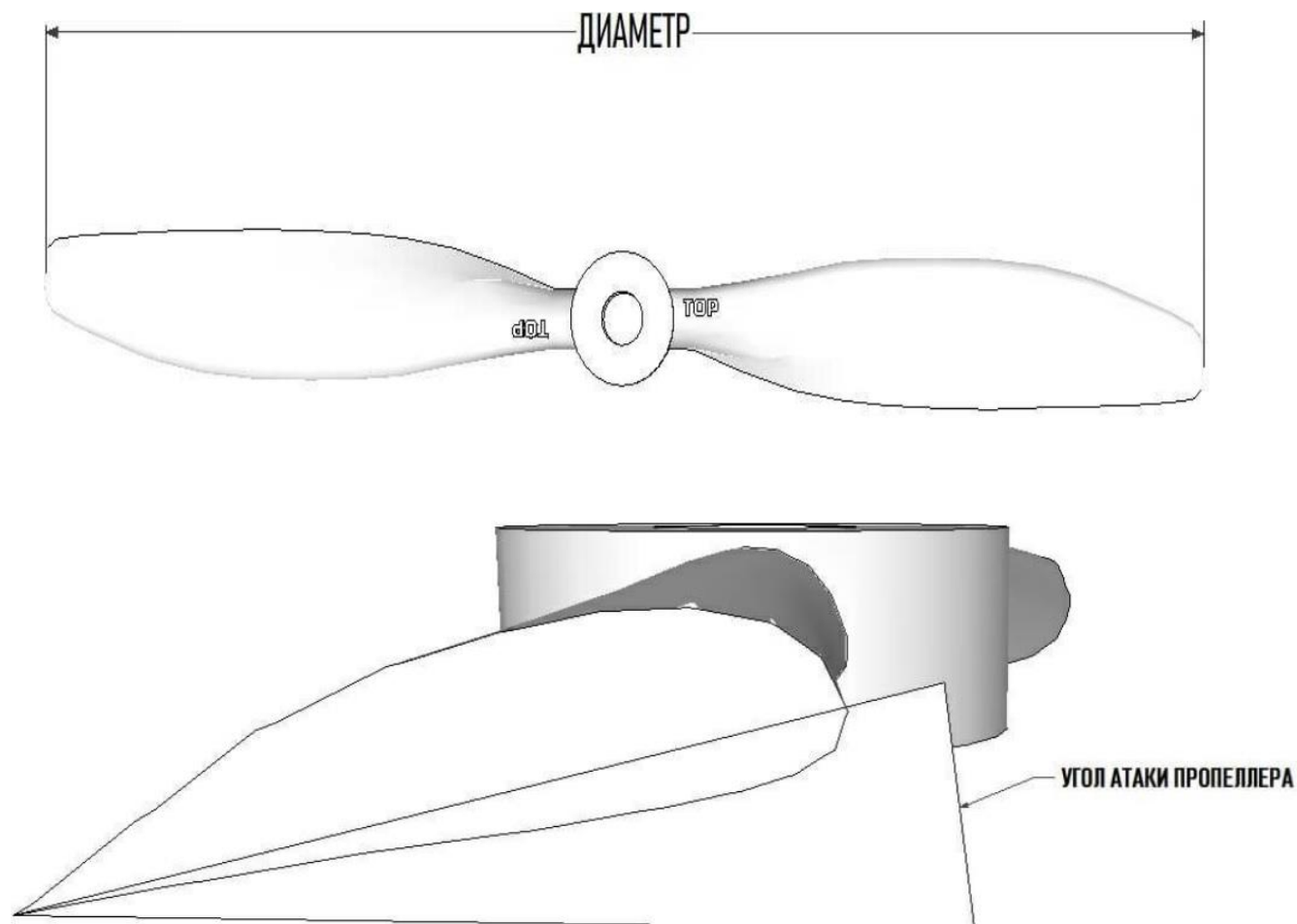
НЕСУЩИЕ ВИНТЫ (ПРОПЕЛЛЕРЫ, СОКР. ПРОПЫ)

Пропеллеры для многомоторных БПЛА берут своё начало от винтов радиоуправляемых самолётов



НЕСУЩИЕ ВИНТЫ (ПРОПЕЛЛЕРЫ, СОКР. ПРОПЫ)

Среди основных технических характеристик винта выделяют:



МАТЕРИАЛЫ ВИНТОВ

Пластмасса (ABS/Нейлон и т.д.) — является самым популярным выбором. Во многом это связано с низкой стоимостью, достойными лётными характеристиками и показательной долговечностью.



Фиброармированный полимер (углеродное волокно, нейлон усиленный карбоном и т.д.) — является «передовой» технологией во многих отношениях. Детали из углеродного волокна всё ещё не очень просты в изготовлении, и поэтому вы платите за них больше, чем за обычный пластиковый винт с аналогичными параметрами. Пропеллер изготовленный из углеродного волокна сложнее сломать или согнуть.

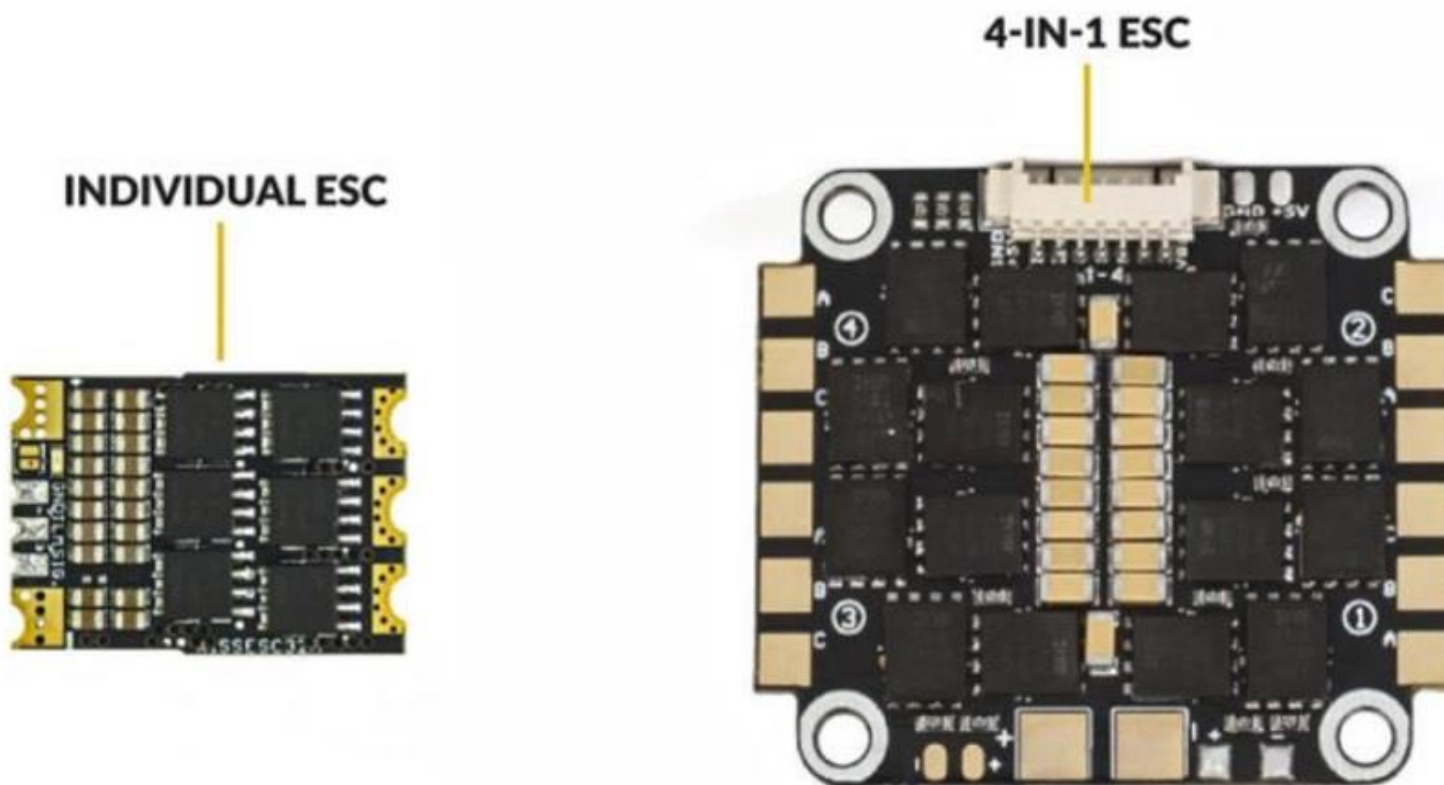


Дерево — редко используемый материал для производства несущих винтов многороторных БЛА, поскольку для их изготовления требуется механическая обработка, которая в последствии делает деревянные пропеллеры дороже пластиковых. При этом дерево вполне прочное и никогда не гнётся.



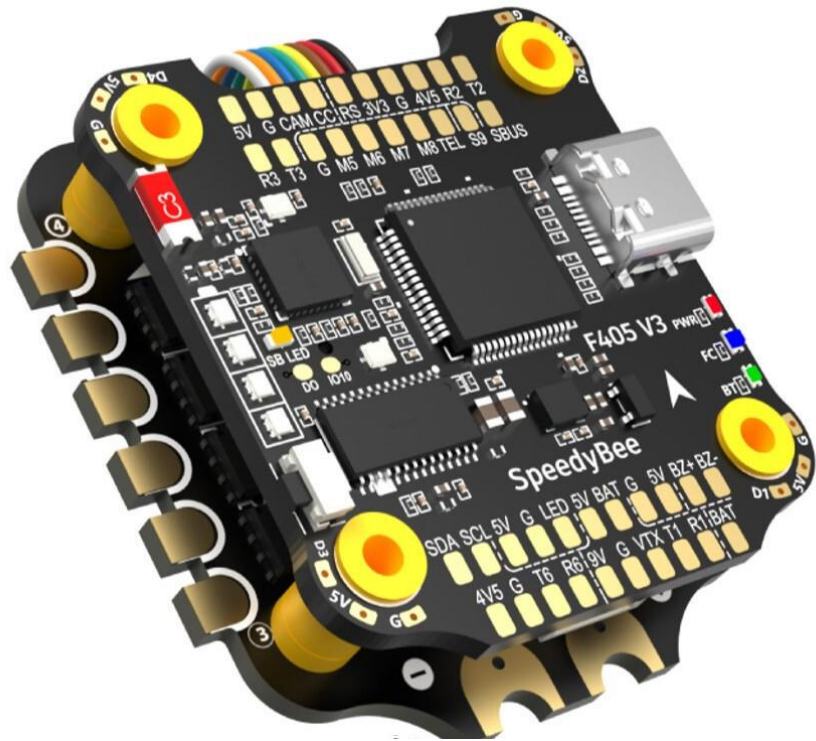
ELECTRONIC SPEED CONTROLLER (ESC)

Электронный контроллер скорости. В русскоязычном сообществе принято называть их как «регуляторы оборотов», в простонародье «регули» или «регуляторы». Отвечает за контроль оборотов мотора, ускорения и торможения.

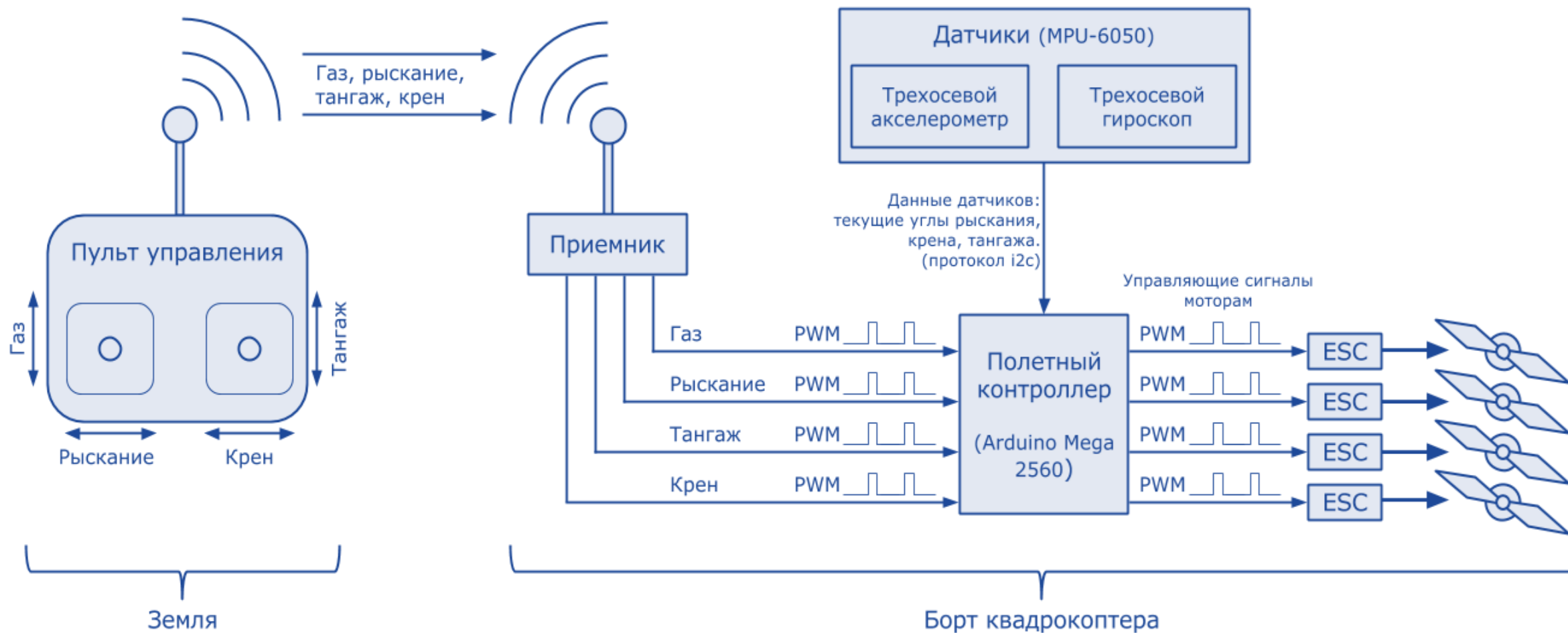


ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР

«Мозг» БПЛА, миникомпьютер. С точки зрения аппаратного обеспечения, контроллер полёта является обычным программируемым микроконтроллером, только со специальными датчиками на борту.



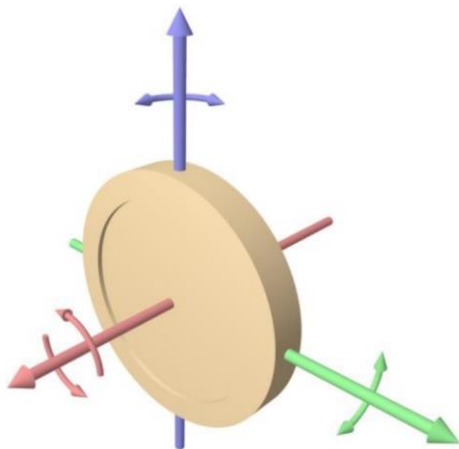
1. *Стабилизация аппарата в воздухе*
2. *Удержание высоты при помощи барометрического высотомера или иных датчиков и позиции при помощи GPS/GLONASS*
3. *Автоматический полёт по заданным заранее точкам (опционально)*
4. *Передача на землю текущих параметров полёта с помощью модема или Bluetooth (опционально)*
5. *Обеспечение безопасности полёта (возврат в точку взлета при потере сигнала, автопосадка)*
6. *Остановка перед препятствием (для мультикоптеров) или облет препятствий (для самолетов) при наличии датчиков*
7. *Подключение дополнительной периферии: OSD, светодиодной индикации и прочего*



ИНЕРЦИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ БЛОК (IMU)

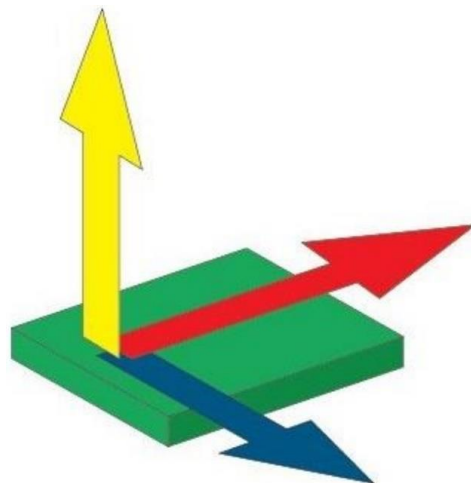
IMU — это небольшая плата, которая содержит как акселерометр, так и гироскоп (обычно многоосевые). Большинство из них включают трёхосевой акселерометр и трёхосевой гироскоп, другие могут включать дополнительные сенсоры, например трёхосевой магнитометр, обеспечивающий в общей сложности 9 осей измерения.

→ ГИРОСКОП



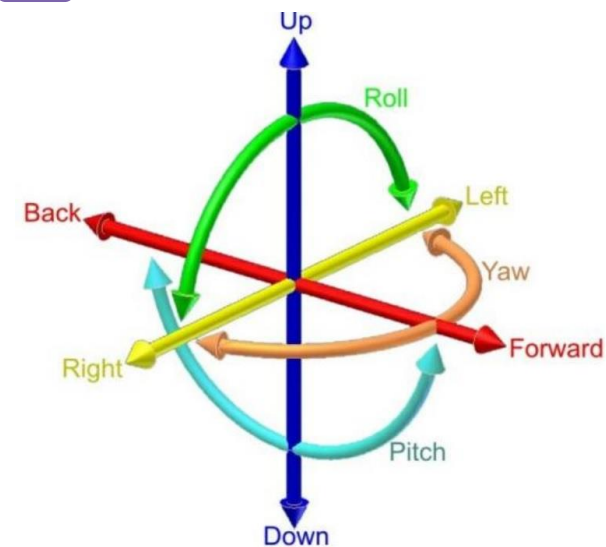
Гироскоп измеряет изменение угловую скорость по трем осям в град/сек. Важно, чтобы линейные оси совпадали с основными осями БПЛА.

→ АКСЕЛЕРОМЕТР



Акселерометр измеряет линейное ускорение по трем осям (назовём их: X, Y и Z). Важно, чтобы линейные оси совпадали с основными осями БПЛА.

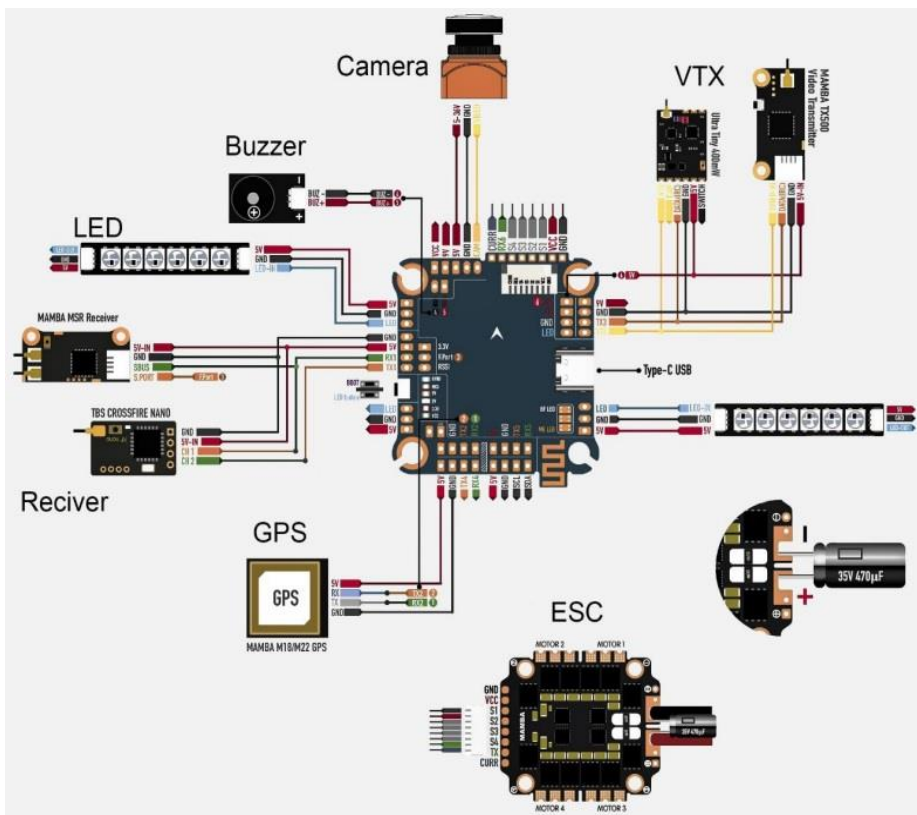
→ IMU



- Акселерометр
- Гироскоп

ПОРТЫ UART В ПОЛЕТНОМ КОНТРОЛЛЕРЕ

Аббревиатура **UART** с английского расшифровывается как (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) — **универсальный асинхронный приемник/передатчик**.



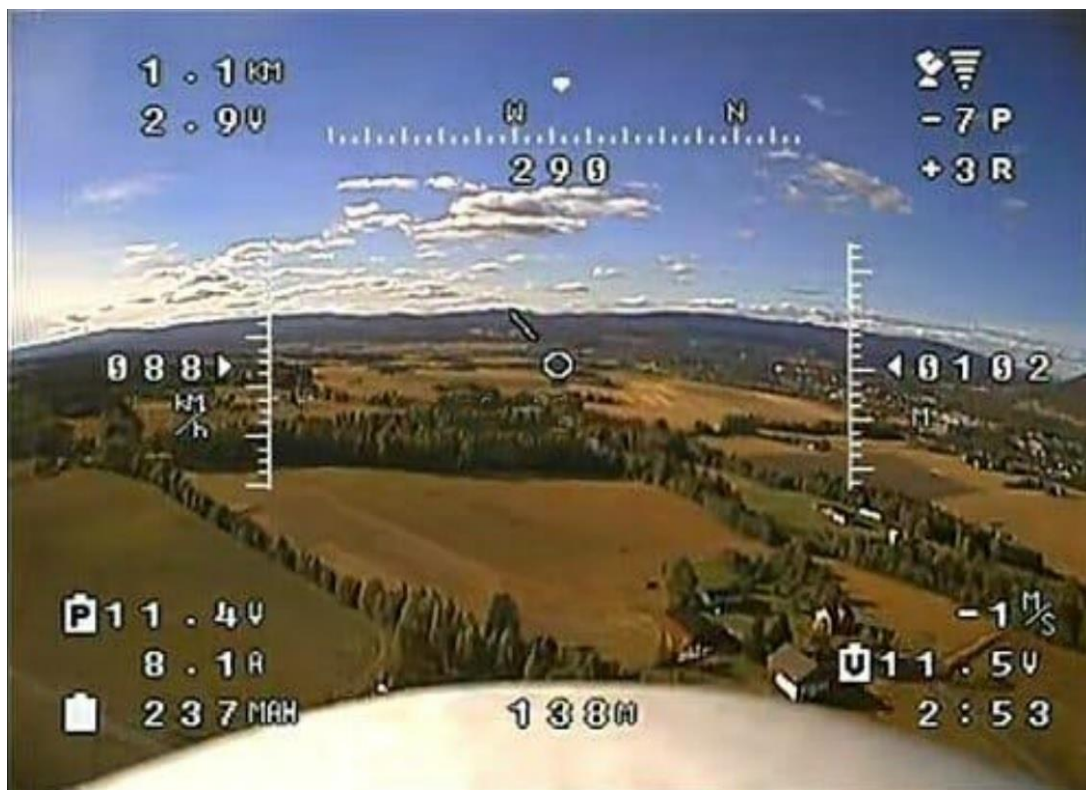
К портам UART подключаются различные периферийные устройства:

- **Приемник**
- **Видеопередатчик**
- **GPS**
- **ESC**
- **Телеметрия**
- **Транспондер гонки**
- **И прочее**

У порта есть два контакта для обмена данными — прием и передача.

ТЕЛЕМЕТРИЯ ИЛИ OSD

OSD (One Screen Display - англ. «информация на экране», т.е «поверх основной картинки») – вывод телеметрической информация на видеопоток и отображающая на дисплее очков, планшета, телефона.



Основная информация OSD выводимая на дисплей пилота:

- **Высота полёта**
- **Напряжение аккумуляторов;**
- **Датчик тока (потребление тока от АКБ)**
- **Предупреждения**
- **Линия горизонта (помогает выровнять коптер)**
- **Качество связи**
- **Израсходованный заряд аккумулятора**
- **Время полета**

Режим полета При наличии GPS с компасом:

- **Скорость полёта;**
- **Направление полёта;**
- **Количество спутников**
- **Пройденное расстояние**

В аналоговой видеосвязи основными частотами работы являются:

- **5.8 ГГц** – Самая распространённая, практически все fpv дроны летают на этой частоте
- **2.4 ГГц** – Наименее популярная частота, из за большого количества приборов, окружающих нас и работающих на частоте 2.4ГГц. Начиная от мобильных устройств подключенных по Wi-Fi и заканчивая микроволновыми печами
- **1.2 ГГц** – Используется для дальней связи, имеет хорошую пробивную способность, но низкую помехозащищенность. Применяется в условиях когда требуется полеты на большие расстояния

В цифровой видеосвязи основными частотами работы являются:

- **На частотах Wi-Fi (2,4 и 5 ГГц)** – Чаще всего используется в игрушках и очень бюджетных дронах, картинка передается на смартфон или планшет. Имеет минимальную дальность передачи
- **Цифровое FPV на 2.4ГГц** – Менее популярная частота, не обладает хорошим качеством из за сильной засоренности эфира на этой частоте. И имеет не очень большую ширину канала, что не позволяет предавать большие объемы информации
- **Цифровое FPV на 5,8 ГГц** – Самая распространённая для работы гражданских БПЛА и FPV дронов. Имеет хорошую пропускную способность, неплохую дальность связи и помехозащищенность. Так же на этой частоте менее загруженный эфир.

АНАЛОГОВАЯ VS ЦИФРОВАЯ ВИДЕОСВЯЗЬ

- **Аналоговое FPV на 2.4ГГц** устаревшая технология, практически не используется
- **Wi-Fi FPV на 2.4ГГц** бюджетная технология, но картинка транслируется с существенной задержкой
- **Wi-Fi FPV на 5ГГц (5G Wi-Fi)** новая бюджетная технология, картинка с меньшей задержкой по сравнению с Wi-Fi 2.4ГГц, в лучшем качестве и большей дальностью.
- **Аналоговое FPV на 5.8ГГц** лучшая на данный момент, наименьшая задержка, большая универсальность и бюджетность системы
- **Цифровое FPV на 5.8ГГц** имеет чуть большую задержку по сравнению с аналогом, но при этом обладает лучшей пробивной способностью и великолепным качеством картинки.



FIRST PERSON VIEW (FPV) – ВИД ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

Дрон оснащен камерой, которая снимает видео и с помощью видеопередатчика транслирует видео в режиме реального времени в ваше устройство: экран, FPV шлем или очки. Вы видите «глазами» беспилотника, как будто вы находитесь внутри него. FPV позволяет управлять дроном на дальних расстояниях, в отличие от визуального полета.

→ ЦИФРОВАЯ
ВИДЕО СВЯЗЬ



→ Очки DJI FPV
Goggles V2



→ Пульт управления
DJI RC Pro

→ АНАЛОГОВАЯ
ВИДЕО СВЯЗЬ



→ FPV видео-очки Skyzone
SKY04X V2



→ FPV видео-шлем
Skyzone COBRA X V2

ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ

FrSky Horus X10



TX 12



FlySky I6



DJI FPV Controller



TX16S



TBS TANGO 2



УПРАВЛЕНИЕ БПЛА

Что нужно учитывать при выборе аппаратуры управления FPV квадрокоптера:

- **Количество каналов** - минимальное требование — иметь как минимум 4 канала, поскольку они будут использоваться для управления 4-мя основными функциями дрона: Дроссель (обороты двигателя); Тангаж (наклон дрона вперед и назад); Крен (наклон мультикоптера в сторону); Рыскание (поворот мультикоптера в исходное положение).
- **Остальные каналы** предназначены для передачи других параметров, например скорости. Мы рекомендуем выбирать передатчики с 6 и больше каналами.
- **Эргономику и форм-фактор** – неотъемлемая часть использования аппаратуры управления, она должна удобно лежать в руках, комфортно управляться и не вызывать лишнего напряжения рук.
- **Внутренний передатчик** и возможность установки внешних передатчиков



Приемники также играют важную роль в управлении дроном. Ниже приведены наиболее распространенные типы приемников:

→ ПРИЕМНИКИ PWM

PWM — это устаревший тип приемников, они использовались на протяжении десятилетий, и для нынешней волны технологий с ними слишком много хлопот, не говоря уже об их размерах.

В PWM используют один провод сервопривода для одного канала. Если вы выберете 9-канальный передатчик или выше, вам придется подключить 9 или более проводов. Такая сложная и тяжелая проводка — слишком большое удовольствие для беспилотника, ведь на счету каждый грамм.

→ ПРИЕМНИКИ PPM ИЛИ CPPM

Эти виды приемников новее, они последовательно отправляют несколько сигналов PPM по одному проводу. По одному проводу можно подключить до 8 каналов, чего достаточно для большинства пользователей. До сих пор PPM используют в большинстве мультикоптеров.

→ ПРИЕМНИКИ SBUS

SBUS похож на PPM. Это последовательное соединение, которое передает все управляющие сигналы только по одному проводу, но намного быстрее, чем PPM.

→ ПРИЕМНИКИ DSM2 / DSMX

DSM2 или DSMX устойчивы к помехам и переключаются на разные частоты, чтобы поддерживать четкость и силу сигнала между приемником и передатчиком

Протокол работы — совокупность индивидуального типа шифрования информации и частоты отправки её в приемник, установленный в дрон.

Основными протоколами передачи сигнала на данный момент являются FrSky, TBS Crossfire и ELRS:

- **FrSky** используется в большом количестве маленьких дронов (tinywhoop, тинивуп), а также в дронах, используемых под фристайл. Так как основной частотой использования является 2,4 ГГц, пакеты информации передаются быстрее, что дает возможность избежать микрозадержки. Однако данная частота имеет меньшую дальность.
- **TBS Crossfire** работает в диапазоне 868 МГц (ЕС, Россия) / 915 МГц (США, Азия, Австралия). Данные частоты являются более «пробивающими», что позволяет использовать данный протокол для дальних полетов. Однако этот протокол имеет более существенную задержку, что не позволяет использовать его для постоянных полётов в гонках и режиме фристайла. Для фристайла компания TBS выпустила протокол Tracer (2,4 ГГц). Он имеет высокую скорость обновления пакетов, что снижает задержку между пультом и дроном до минимума.
- **ExpressLRS** — это система радиоуправления, которая разрабатывается сообществом как opensource проект. Отличается высокой частотой обновления пакетов, обеспечивая внушительную дальность радиосвязи. Существует в двух вариантах частотного диапазона, 2.4ГГц и 900МГц. Уже сейчас ELRS работает не хуже аналогов, таких как Crossfire, FrSky R9m, не уступая им в дальности связи и даже превосходит их в некоторых тестах. Имеет лидирующую скорость обмена пакетами среди конкурентных систем на данный момент.

Выбор аппаратуры не зависит от системы видеопередачи, используемой в дроне.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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.



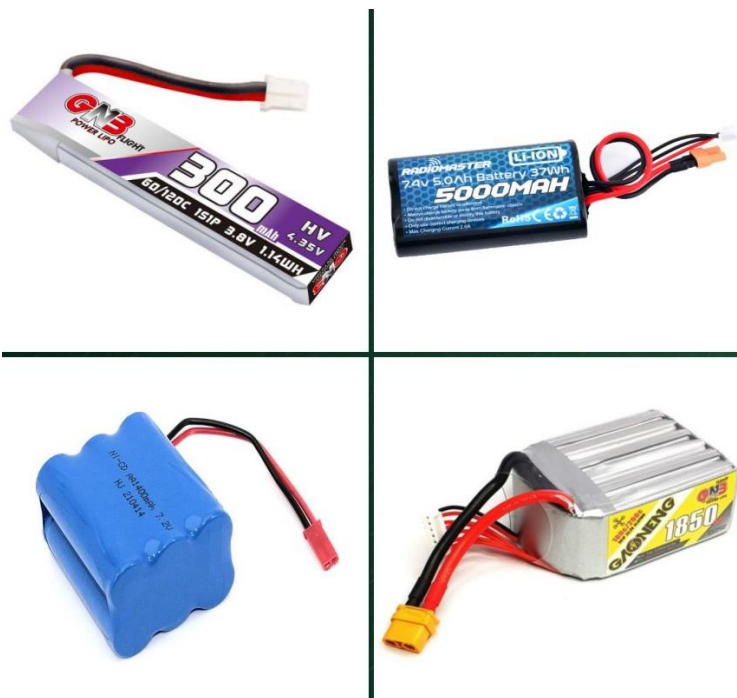
Отличие полетных контроллеров заключается не только в типах используемых компонентов, из которых они состоят, но и в устанавливаемом программном обеспечении (прошивках). Прошивка, на которой работает полетный контроллер – это специальный набор правил и алгоритмов, которые обрабатывает микроконтроллер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

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

- **Betaflight**
- **Emuflight**
- **Inav**
- **Ardupilot**

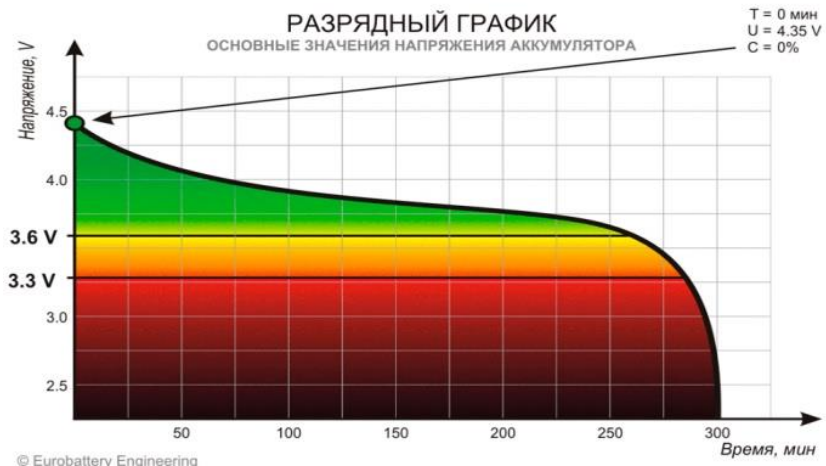
АККУМУЛЯТОРЫ

Батареи, используемые в беспилотных летательных аппаратах, в настоящее время большая часть аккумуляторов литий-полимерные (LiPo) и реже литий-ионные (Li-Ion), причем состав некоторых из них бывает достаточно экзотичным — литий-марганцевые или другие варианты лития.



- **NiMh/NiCd** все еще слишком тяжелы для своей ёмкости и часто не могут обеспечить требуемые высокие скорости разряда.
- **LiPo** предлагает высокую производительность и скорость разряда при небольшом весе. Недостатками являются их сравнительно высокая стоимость и проблемы с безопасностью (высокая пожароопасность).
- **Li-Ion** обладают наибольшим соотношением энергоемкость/вес, но не способны выдавать очень большой ток.

Основные параметры аккумуляторов это – Емкость, Конфигурация ячеек, Ток отдача, Напряжение, Разъем



- **Емкость** – емкость батареи в миллиампер-часах (mAh)
- **Конфигурация ячеек** - количество ячеек в аккумуляторе. «S» - количество ячеек соединенных последовательно «P» - количество ячеек соединенных параллельно
- **Токоотдача (С-Рейтинг)** - показывает максимальный ток, который способен выдать аккумулятор, измеряется в «С», где 1С – емкость батареи.
- **Напряжение** – выходное напряжение аккумулятора, напряжение одной ячейки =3.7В, максимальное =4.2В, минимальное =3.0В (Для Li-Ion 2.5-2.7В). При последовательном соединении напряжение ячеек складывается, при параллельном складывается емкость ячеек
- **Разъем** – силовой разъем для подключение аккумулятора. Самые распространённые XT30, XT60, XT90,

БЕЗОПАСНОСТЬ

LiPo АКБ не безопасны, так как при попадании внутрь кислорода и окислении они выделяют газообразный водород который очень хорошо горит и/или взрывается. Если у вас есть какие-либо сомнения относительно работоспособности аккумулятора, не в коем случае, не подключайте его к БПЛА и даже к зарядному устройству, считайте его «списанным» и утилизируйте его надлежащим образом.



Контрольные признаки повреждений - это вмятины или вздутие (т.е. утечка газа).

- **При зарядке LiPo** батареи лучше всего использовать безопасные LiPo ящики (Battery safe box).
- **Хранение батареи** также лучше осуществляться в этих ящиках.

В случае «краша», первое, что вам нужно сделать, это отключить и проверить аккумулятор

Батарея исполненная в боксе может увеличить вес, но при этом реально поможет защитить АКБ при краше.

- **Некоторые производители продают аккумуляторы** с жестким чехлом и без него

АНТЕННЫ

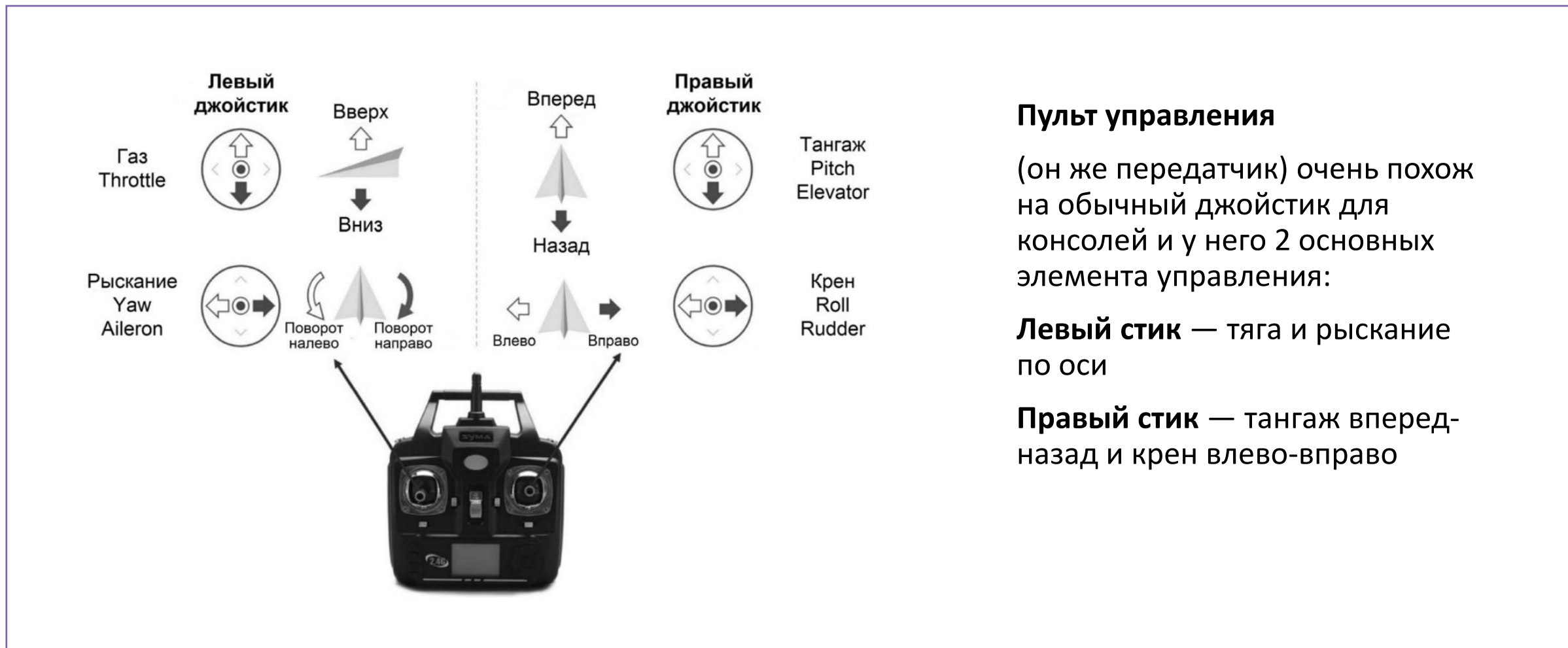
Формирует осциллирующий электрический сигнал и «передает» его в эфир в виде радиоволн. Каждая антенна имеет хотя бы один элемент. Некоторые могут иметь несколько элементов.



Строение антенны

- **Активный элемент** — проводник, который передает сигнал в эфир или принимает его.
- **Коаксиальный кабель** — специальный кабель в оплетке для передачи сигнала между разъемом и активным элементов без излучения сигнала в эфир. Используется для увеличения длины антенны, часто сделан из прочных и жестких материалов, чтобы его можно было согнуть под необходимым углом.
- **Разъем** — используется для соединения антенны с приемником или передатчиком.

ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ



Пульт управления

(он же передатчик) очень похож на обычный джойстик для консолей и у него 2 основных элемента управления:

Левый стик — тяга и рыскание по оси

Правый стик — тангаж вперед-назад и крен влево-вправо

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВЫ ЗНАНИЙ

→ ПРАВИЛО №1

НИКОГДА не летайте над скоплением людей.

→ ПРАВИЛО №2

полеты в городе - это зона повышенного риска. Обилие радиочастного мусора, а так же объектов инфраструктуры.

→ ПРАВИЛО №3

в сложных условиях обязательно визуально проверяйте локацию полета на предмет не видимых дроном препятствий / проводов, тонких веток деревьев и прочего.

→ ПРАВИЛО №4

не нарушайте личное пространство граждан и их собственности, путем их съемки и любым другим вмешательством. **НАКАЗУЕМО** согласно действующему законодательству УК РФ.

→ ПРАВИЛО №5

не приближайтесь к животным. В большинстве стран это нарушение наказывается в разы более жестко, чем просто полеты в неразрешенном месте.

→ ПРАВИЛО №6

птицы и другие животные, могут проявлять агрессию и напасть на дрон.

→ ПРАВИЛО №7

в большинстве стран существует ограничение полета по высоте. В России оно равно 150 метрам.

→ ПРАВИЛО №8

зоны аэропортов, военных баз, стратегических объектов, национальных парков **ВСЕГДА запрещены для полетов**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА К ПОЛЕТАМ

Перед каждым взлетом, даже если не было аварий необходимо проверить:

- **Пропеллеры** – проверить правильность установки и что вращению ничего не мешает, при необходимости – устранить помехи. Осмотреть на наличие повреждений, и убедиться в отсутствии зазубрин, вмятин, трещин, при необходимости – произвести замену пропеллеров, имеющие повреждения. Убедиться в затянутости гаек пропеллеров.
- **Рама и элементы защиты** – убедиться в отсутствии повреждений и проверить затянутость всех винтов. При необходимости – произвести замену или ремонт поврежденных элементов рамы или защиты.
- **Аккумуляторы** – убедиться в отсутствии механических повреждений защитной пленки, вздутий и характерного запаха химической реакции. При появлении малейших подозрений на повреждения, не используйте аккумулятор, и замените на исправный.
- **Полезная нагрузка** – в случае использования полезной нагрузки необходимо убедиться в надежности установки и ее фиксации (камера, модуль захвата груза), а также отсутствии повреждений.
- **Провода** – убедиться в отсутствии выпирающих и незакрепленных проводов, при необходимости зафиксировать и визуально убедиться в том, что пропеллеры не будут их касаться

