

| МЕТОДИЧКА

ВИДЫ ДРОНОВ | УСТРОЙСТВО | СБОРКА

| ПРОЕКТ

АРХАНГЕЛ



2024г.

- 1. FPV (FIRST PERSONAL VIEW)
- 2. КЛАССИФИКАЦИЯ БПЛА
- 3. РАЗНОВИДНОСТИ И МАТЕРИАЛ РАМ
- 4. МОТОРЫ, ПОПАСТИ
- 5. РЕГУЛЯТОР ОБОРОТОВ
- 6. ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР
- 7. НАСТРОЙКА В BETAFLIGHT
- 8. БАТАРЕЙКИ + ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ,
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ С
- 9. БАТАРЕЙКАМИ
- 10. ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК
УПРАВЛЕНИЯ (ПУЛЬТ)
- 11. БИНД + ПРОШИВКИ
- 12. ВИДЕО ПЕРЕДАТЧИК + ВИДЕО ПРИЕМНИК
(ОЧКИ) + АНТЕНЫ
- 13. ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
ПАЙКЕ)
- 14. СЕРВОПРИВОДЫ, НАСТРОЙКА
- 15. РЭБ
- 16. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ: ПРЕДПОЛЕТНАЯ,
В ПОЛЕТЕ
- 17. КАРТОГРАФИЯ
- 18. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

FPV (FIRST PERSON VIEW)

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ

Беспилотный летательный аппарат, сокращенно БПЛА или «ДРОН» – воздушное судно, предназначенное для выполнения полета без физического присутствия пилота на борту.

Всё управление полётом и контроль за полётом осуществляются удалённо:

- соответствующей программой, заблаговременно «загруженной в память» на борту БПЛА;
- соответствующей программой с помощью специальной станции управления, находящейся вне воздушного судна;
- с помощью специальной станции (пульта) управления, находящейся вне воздушного судна.

ФПВ, FPV

FPV (First Person View) - сокращенное название системы управления полетами от «первого лица».

- FPV в сфере дронов** - это трансляция видео в режиме реального времени с камеры дрона на монитор, очки или шлем пилота.
- Другими словами, эта технология позволяет видеть то, что «видит» дрон в момент полета.
- Для осуществления такого полёта на дрон устанавливается камера, видеопередатчик и антенна.
- Данная технология позволяет осуществлять приём с БПЛА видео изображения , передаваемого курсовой камерой.
- 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.
- Квадрокоптеры** – это наиболее распространённые и развитые конструкции летательных аппаратов, имеющие четыре двигателя. Главным недостатком летательных аппаратов данной группы является невысокая отказоустойчивость, в случае потери одного из двигателей квадрокоптер теряет равновесие и падает. При установке мощных двигателей можно переносить полезную нагрузку до 5 кг.

ОБЩАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ

Конструкции всех беспилотных летательных аппаратов похожи по своему построению и принципу работы, и состоят из нескольких компонентов.

РАМА

Основа, рама – это основа (корпус) всего беспилотника, на которую крепятся все остальные элементы.

ПОЛЁТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР

Полётный контроллер представляет собой интегральную схему (печатную плату), на которой размещены датчики. На основе информации с датчиков контроллер регулирует скорости вращения двигателей, отвечает за координацию, стабилизацию и управление дроном.

- На основе информации от датчиков контроллер осуществляет регулирование скорости вращения двигателей, отвечает за координацию, стабилизацию и управление дроном.

Основные функции и задачи контроллера:

- сбор данных от датчиков;
- расчёт своего положения в пространстве;
- получение команд от внешних контроллеров с пульта управления;
- отправка сигналов управления на регуляторы оборотов (**ESC** – electronic speed controller);
- удержание дрона на заданной высоте;

Контроллер управляет скоростью вращения моторов, подавая ШИМ-импульсы на регуляторы оборотов. ШИМ (**PWM**) – широтно-импульсная модуляция. Это процесс

управления мощностью методом пульсирующего включения и выключения потребителя энергии. Скорость вращения двигателей определяется длительностью ШИМ-импульсов, передаваемых с контроллера.

Направление и ход полёта дрона **«в ручном»** режиме управления устанавливаются джойстиками (стиками) газа и вращением углов в трёх плоскостях: крен, тангаж, рыскание (англ. – *throttle, roll, pitch, yaw*).

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ОБЩАЯ СХЕМА КОНСТРУКЦИИ

АКСЕЛЕРОМЕТР

Акселерометр: Как следует из названия, акселерометры измеряют линейное ускорение по трем осям (назовём их: X, Y и Z). Обычно измеряется в «G». Стандартное (нормальное) значение, составляет $g = 9.80665 \text{ м/с}^2$. Для определения положения, выход акселерометра может быть интегрирован дважды, правда из-за потерь на выходе объект может быть подвержен дрейфу. Самой значимой характеристикой трёхосевых акселерометров является то, что они регистрируют гравитацию, и как таковые, могут знать, в каком направлении «**спуск**». Это играет главную роль в обеспечении стабильности многороторного БЛА. Акселерометр должен быть установлен на контроллере полёта так, чтобы линейные оси совпадали с основными осями беспилотника.

ГИРОСКОП

Гироскоп измеряет скорость изменения углов по трём угловым осям (назовём их: альфа, бета и гамма). Обычно измеряется в градусах в секунду. Обратите внимание, что гироскоп не измеряет абсолютные углы напрямую, но вы можете выполнить итерацию, чтобы получить угол, который, как и у акселерометра, способствует дрейфу. Выход реального гироскопа имеет тенденцию быть аналоговым или **I2C**, но в большинстве случаев вам не нужно беспокоиться об этом, так как все поступающие данные обрабатываются кодом контроллера полёта. Гироскоп должен быть установлен так, чтобы его оси вращения совпадали с осями БПЛА.

МАГНИТОМЕТР

Электронный магнитный компас способен определять магнитное поле Земли и использовать эти данные для определения направления компаса беспилотника (относительно северного магнитного полюса). Данный сенсор почти всегда имеется при наличии **GPS**-входа и доступности от одной до трёх осей.

ДАВЛЕНИЕ/БАРОМЕТР

Поскольку атмосферное давление изменяется при удалении от уровня моря сенсор давления можно использовать для получения достаточно точных показаний высоты БПЛА. Для расчёта максимально точной высоты большинство контроллеров полёта получают данные одновременно от сенсора давления и спутниковой системы навигации (**GPS**). При сборке обратить внимание - лучше, чтобы отверстие в корпусе барометра было накрыто куском поролона для уменьшения негативного влияния ветра на чип.

СИСТЕМА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (GPS)

Для определения своего конкретного географического положения с использованием сигналов, посылаемых несколькими спутниками, обращающимися по орбите вокруг Земли.

Контроллер полёта может иметь как встроенный **GPS-модуль**, так и подключаемый с помощью кабеля. Не следует путать **GPS-антенну** с **GPS-модулем**, которая может выглядеть и как маленький чёрный ящик, и как обычная **Duck-антенна**.

Для получения точных данных местоположения **GPS-модуль** должен принимать данные от нескольких спутников, и чем больше, тем лучше.

ДРУГИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Система приёмо-передачи радиоволн соответствующего диапазона, обычно: **2,4; 2,4 – 5,8 ГГц**; Устройства, обеспечивающие полёт дрона:

- двигатели,
- пропеллеры,
- регулировка оборотов.

Аккумуляторные батареи

Современные электронные устройства используют два основных типа аккумуляторов:

- литий-ионный;
- литий-полимерный.

КЛАССИФИКАЦИЯ БПЛА

РОССИЙСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ БПЛА

КАТЕГОРИЯ	ВЗЛЕТНАЯ МАССА /КГ/	ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ /КМ/
МИКРО И МИНИ БПЛА	0-5	25-40
ЛЕГКИЕ БПЛА /малые/	5-50	10-70
ЛЕГКИЕ БПЛА /средние/	50-100	70-150 /250/
СРЕДНИЕ БПЛА	100-300	150-1000
СРЕДНИЕ БПЛА /тяжелые/	300-500	70-300
ТЯЖЕЛЫЕ БПЛА /средней радиус/	< 500	70-300
ТЯЖЕЛЫЕ БПЛА /дальний радиус/	< 1500	1500
БЕСПИЛОТНЫЕ САМОЛЕТЫ	< 500	1500

Российская классификация отличается от предложенной AUVSi по ряду параметров:

- Упразднены группы БПЛА,
- Некоторые классы зарубежной классификации отсутствуют в России,
- БПЛА, считающиеся легкими в России, имеют значительно большую дальность и т.д.

КЛАССИФИКАЦИЯ БПЛА ПО КОНСТРУКЦИИ

6 основных типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различаются особенностями конструкции:

- АЭРОСТАТИЧЕСКИЕ БПЛА
- РЕАКТИВНЫЕ БПЛА
- БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА /с фиксированным крылом/
- БПЛА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА /однороторные/
- МУЛЬТИКОПТЕРНЫЕ БПЛА /мультироторные/
- ГИБРИДНЫЕ БПЛА /конвертопланы/

АЭРОСТАТИЧЕСКИЕ БПЛА

Аэростаты имеют оболочку, заполненную газом или нагретым воздухом, для создания подъемной силы (силы Архимеда). Используются для долгосрочного наблюдения, связи, метеорологии и других задач. В военной сфере применяются, в основном, для установки на них ретрансляторов, реже - аппаратуры наблюдения и разведки.

Преимущества:

- Продолжительность полета на протяжении нескольких дней или недель
- Большая грузоподъемность

Недостатки:

- Ограниченнная маневренность и скорость
- Большая зависимость от погодных условий
- Большие размеры и масса

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ КЛАССИФИКАЦИЯ БПЛА

РЕАКТИВНЫЕ БПЛА

Реактивные БПЛА (управляемые ракеты) передвигаются в пространстве за счёт действия реактивной тяги двигателей автономно или под внешним управлением. Используются, в основном, как средства поражения наземных и воздушных целей.

Преимущества:

- *Большая скорость, дальность и высота полета*
- *Независимость от погодных условий*

Недостатки:

- *Большие габариты и вес*
- *Высокая стоимость и сложность обслуживания*
- *Сложность управления*

БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА

БПЛА с фиксированным крылом способны летать благодаря подъёмной силе, создаваемой аэродинамической формой крыла при движении вперёд с определённой скоростью, развитие которой достигается различными способами.

Применяются для разведки, наблюдения, нанесения ударов по наземным и воздушным целям.

Преимущества:

- *Большая высота и продолжительность полета*
- *Простота в обслуживании и ремонте*
- *Дешевизна*

Недостатки:

- *Часто требования к стартовой площадке*
- *Сложность управления и посадки*
- *Зависимость от погодных условий*

БПЛА ВЕРТОПЕТНОГО ТИПА

Однороторные БПЛА, подъемная сила и тяга для поступательного движения создается с помощью двух несущих винтов или пары несущего и рулевого. Из-за дороговизны и сложности в управлении используются только в качестве малогабаритных средств ближней разведки.

Преимущества:

- *Вертикальный взлет и посадка*
- *Высокая маневренность и малые габариты*
- *Возможность зависнуть на месте*

Недостатки:

- *Дороговизна*
- *Сложность обслуживания и ремонта*
- *Малая продолжительность полета*
- *Зависимость от погодных условий*

ГИБРИДНЫЕ БПЛА

Гибридный БПЛА – летательный аппарат с поворотными (или фиксированными) винтами, которые при взлете и посадке работают как подъемные, а при горизонтальном полете как тянувшие, в полете подъемная сила обеспечивается фиксированным крылом. Сочетают преимущества БПЛА самолётного и мультироторного типа, что дает гибкость при выполнении различных задач.

Преимущества:

- *Вертикальный взлет и посадка, зависание*
- *Высокая скорость и маневренность*
- *Большие, чем у мультироторов, время полета и полезная нагрузка*

Недостатки:

- *Сложность обслуживания и ремонта*
- *Зависимость от погодных условий*
- *Дороговизна, сложность управления*

■ РАЗНОВИДНОСТИ РАМ

Основное назначение мультикоптеров – это фото и видеосъемка различных объектов, поэтому они, как правило, оснащаются управляемыми подвесами для камер. Мультикоптеры также используются в качестве устройств для оперативного мониторинга ситуации, проведения сельскохозяйственных работ (например, опрыскивание), для доставки грузов небольшого веса.

■ ТРИКОПТЕР

«Трикотер» БПЛА, который имеет три луча, каждый из которых соединен с мотором. Передней частью трикотоптера принято считать сторону стыка двух лучей (Y3). Угол между лучами может варьироваться, но, как правило он составляет **120°**. Чтобы противодействовать гироскопическому эффекту неравномерного числа роторов, а также для изменения угла поворота, задний двигатель должен иметь возможность вращаться (*достигается установкой обычного RC серводвигателя*). Чтобы исключить из сборки применение сервопривода, используют конструкцию (Y4) которая подразумевает соосную установку дополнительного мотора на заднем луче.

Преимущества:

- Необычный внешний вид дрона.
- Лучших лётных характеристик достигает при полёте в прямом направлении.
- Цена (для сборки требуется меньше количество моторов и регуляторов ESC).

Недостатки:

- Требует применение сервопривода.
- Сложность исполнения заднего луча (поскольку сервопривод должен быть установлен вдоль оси).
- Не все полётные контроллеры поддерживают такую конфигурацию



■ КВАДРОКОПТЕР

«Квадрокоптер» дрон который имеет четыре луча, каждый из которых соединен с мотором. Для передней частью квадрокоптера принято считать сторону стыка двух лучей, для конфигурации передом может считаться продольный луч..

Преимущества:

- Самый распространённый мульти rotorный дизайн.
- Простейшая и универсальная конструкция.
- В стандартной конфигурации лучи/моторы симметричны относительно двух осей.
- Все доступные на рынке контроллеры полёта могут работать с такой мульти rotorной сборкой.

Недостатки:

- Отсутствие избыточности (если в системе происходит сбой, особенно в элементах силовой установки, беспилотник падает).



■ ГЕКСАКОПТЕР

«Гексакоптер» имеет шесть лучей, каждый из которых соединен с мотором. Передней частью гексакоптера принято считать сторону стыка двух лучей, но также передом может считаться и продольный луч.

Преимущества:

- При необходимости, конструкция гексакоптера позволяет легко добавить два дополнительных луча и мотора, что позволит увеличить суммарную тягу, в следствии чего дрон сможет поднять больше полезной нагрузки.
- В случае отказа одного из моторов, допускается вероятность, что дрон сможет осуществить мягкую посадку, а не разбиться.
- Модульная конструкция рамы.
- Почти все полётные контроллеры поддерживают эту конфигурацию.

Недостатки:

- Громоздкая и дорогостоящая конструкция.
- Дополнительные двигатели и детали увеличивают вес коптера, соответственно чтобы получить ту же продолжительность полёта, что и у квадрокоптера, необходимо устанавливать более ёмкие АКБ.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ РАЗНОВИДНОСТИ И МАТЕРИАЛ РАМ ФПВ

КОНСТРУКЦИЯ Y6

«Конструкция Y6» представляет собой тип гексакоптера у которого в основе не шесть лучей, а три, каждый из которых соединён с парой соосно установленных моторов (итого 6 моторов). При этом стоит обратить внимание, что нижние пропеллеры проецируют тягу вниз.

Преимущества:

- Меньшее количество компонентов по сравнению с гексакоптером.
- Поднимает больше полезной нагрузки по сравнению квадрокоптером.
- При использовании винтов с встречным вращением исключается гироскопический эффект, как у Y3.
- В случае отказа одного из моторов, допускается вероятность, что дрон сможет осуществить мягкую посадку, а не разбиться.

Недостатки:

- Требует применение сервопривода.
- Сложность исполнения заднего луча (поскольку сервопривод должен быть установлен вдоль оси).
- Не все полётные контроллеры поддерживают такую конфигурацию



ОКТОКОПТЕР

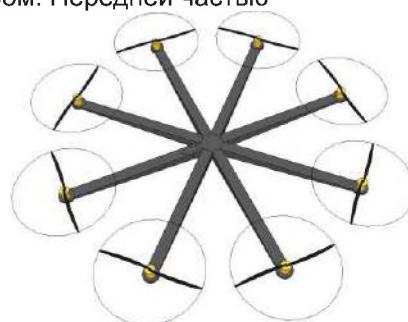
«Октокоптер» дрон который имеет восемь лучей, каждый из которых соединен с мотором. Передней частью октокоптера принято считать сторону стыка двух лучей.

Преимущества:

- Больше моторов = больше тяги, и соответственно повышенная избыточность, позволяющая дрону уверенно перемещаться с тяжёлыми и дорогостоящими DSLR камерами.

Недостатки:

- Больше моторов = более высокая цена и большой АКБ.
- Ввиду своей дороговизны актуален только для профессиональной сферы.



КОНСТРУКЦИЯ X8

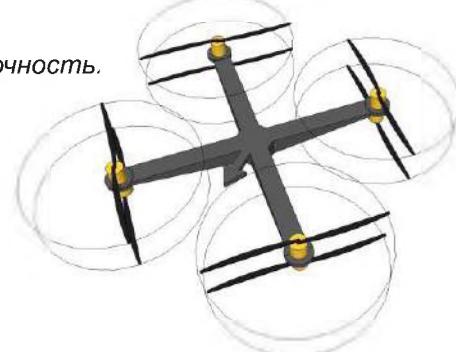
«Конструкция X8» по-прежнему является октокоптером, только не с восемью, а с четырьмя лучами, каждый из которых соединён с парой соосно установленных моторов (итого 8 моторов).

Преимущества:

- Больше двигателей = больше тяги, и соответственно повышенная избыточность.
- Больше шансов мягко посадить дрон в случае отказа мотора.

Недостатки:

- Больше моторов = более высокая цена и большой АКБ.
- Ввиду своей дороговизны актуален только для профессиональной сферы деятельности.



КВАДРОКОПТЕР

«Квадрокоптер» - самая распространенная схема построения мультикоптеров. Наличие четырех жестко зафиксированных роторов дает возможность организовать довольно простую схему организации движения. Существуют две таких схемы движения: схема «+» и схема «x». В первом случае один из роторов является передним, противоположный ему - задним, и два ротора являются боковыми. В схеме «x» передними являются одновременно два ротора, два других являются задними, а смещения в боковом направлении также реализуются одновременно парой соответствующих роторов. Алгоритм управления частотами вращения винтов для схемы «+» несколько проще и понятнее, чем для схемы «x», однако последняя используется все же чаще из-за конструктивных преимуществ: при такой схеме проще разместить фюзеляж, который может иметь вытянутую форму, бортовая видеокамера имеет более свободный обзор.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ТИПЫ РАМ КВАДРОКОПТЕРОВ

■ РАМА ТИПА «Х» ИЛИ «TRUE-X»

Фюзеляж рамы делается коротким, в виде квадрата. Вся электроника собирается в центре, а лучи располагаются четко по углам квадрата. Рама получается одинакова по длине и ширине. Так как вес сосредоточен в центре и распределен равномерно, дрон становится более маневренным, но ограниченное место в центре делает сборку более сложной. Все компоненты приходится размещать слоями друг под другом, что не всегда удобно.



■ РАМА ТИПА УДЛИНЕННЫЙ «Х»



Удлиненная «Х»-рама фюзеляжем похожа на раму типа «Х», но отличается увеличенной длиной «тела» по сравнению с шириной. Еще одна особенность этой рамы заключается в смещении передних пропеллеров от задних. Это исключает турбулентные завихрения, что позволяет квадрокоптеру летать более стабильно.

Ввиду своей дороговизны актуален только для профессиональной сферы.

■ РАМА ТИПА «Н»

Крепление лучей к фюзеляжу спереди и сзади делает раму похожей на букву «Н». Центральная часть данной рамы более длинная, чем у рамы «Х», что делает сборку и ремонт компонентов проще и удобнее. Камеру и аккумулятор в такой раме размещают на верхней пластине, распределяя все по одному направлению, что приводит к неравномерному распределению момента инерции, особенно по тангажу. То есть, наклоны вперед/назад будут тратить больше энергии, чем наклоны вправо/влево.



H

■ РАМА ТИПА «UNIBODY»



Такие рамы отличаются несъемными лучами – нижняя пластина фюзеляжа и лучи соединены в одну деталь. Делается это для того, чтобы упростить сборку и устраниТЬ вес деталей для крепления. Однако, минус подобной рамы в том, что если во время полета сломается один луч, то менять придется всю деталь. На это может уйти много времени.

Такая рама 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 ее похожей на обычную раму «Н», но разница будет в передаче вибраций от моторов к полетному контроллеру.

■ РАМА ТИПА ГИБРИДНЫЙ «Х»



Hybrid-X

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ТИПЫ РАМ КВАДРОКОПТЕРОВ

РАМА ТИПА «КВАДРАТ»

Если к раме «**X**» добавить соединяющие лучи «**ребра**», то получится рама типа «**Квадрат**». За счет жесткости соединений получается достаточно крепкая рама, которую сложно сломать, но при этом она обладает повышенным воздушным сопротивлением и большим весом. Походит для начинающих пилотов, но не подходит для маневренных полетов.



РАЗНОВИДНОСТЬ МАТЕРИАЛА РАМ

ДЕРЕВО



Дерево - если в приоритете дешевизна конструкции, то дерево - это отличный вариант, который значительно сократит время сборки и изготовления запасных частей. Древесина достаточно твердая и является проверенным временем материалом. важно что бы при изготовлении рамы использовалась идеально прямая древесина (*без изгибов и деформации*).

ПЛАСТИК



Пластик - для большинства пользователей доступен только в виде пластиковых листов. Имеет тенденцию к изгибу и как таковой не идеален. Отлично подходит для изготовления защитного каркаса или шасси. Если вы рассматриваете возможность 3D печати, следует учитывать временной интервал изготовления (*возможно проще купить комплект дооснащения*). Пластик и 3D печать деталей отлично себя зарекомендовала при создании небольших квадрокоптеров

АЛЮМИНИЙ



Алюминий - доходит до потребителя в различных формах и размерах. Вы можете использовать листовой алюминий для исполнения корпуса, либо экструдированный алюминий для реализации лучей дрона. Алюминий не такой лёгкий, по сравнению с углеродным волокном или **G10**, зато цена и долговечность выступают главными преимуществами материала. Вместо разрушения или трещин, алюминий имеет склонность к изгибу. Для работы с материалом требуется только пила и дрель.

G10



G10 разновидность стекловолокна - не смотря на то, что внешний вид и основные свойства практически идентичны с карбоном (*углеродным волокном*), является менее дорогим материалом. В основном доступен в листовом формате и используется для реализации верхних и нижних пластин рамы. Также в отличии от углеродного волокна, **G10** не блокирует радиочастотные волны.

УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО



Углеродное волокно - самый востребованный материал из-за лёгкого веса и высокой прочности. Процесс изготовления по прежнему исключительно ручной. Как правило серийно производятся простые формы, такие как плоские листы, трубчатые комплектующие; исполнение сложных трехмерных форм осуществляется на заказ.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ МОТОРЫ, ПОПАСТИ

МОТОРЫ

От того какие моторы вы будете использовать в своей сборке, будет зависеть, какую максимальную нагрузку сможет поднять дрон, а также сколько времени он сможет находиться в полёте. Силовая установка должна обязательно состоять из моторов одной марки и модели, такой подход обеспечит ей сбалансированную работу. При этом стоит отметить, что даже абсолютно одинаковые (Бренд/Модель) моторы могут иметь незначительную разницу в скорости, которую в последующем выравнивает полётный контроллер.

КОЛЛЕКТОРНЫЙ И БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЙ

В коллекторных (*Brushed*) моторах ротор с обмоткой вращается внутри статора на котором магниты зафиксированы жёстко. В бесколлекторных (*Brushless*) моторах всё наоборот; обмотка крепится жёстко к внутренней части статора, а магниты установлены на валу и врачаются. В большинстве случаев вы будете рассматривать только бесколлекторные моторы (БК) постоянного тока. Моторы такого типа широко используются в индустрии радиолюбителей при сборке различных продуктов, начиная от вертолётов и самолётов и заканчивая системами привода в автомобилях и катерах.



Inrunner мотор



Бесколлекторный мотор
(Brushless)



Бесколлекторный мотор
типа «Pancake»

Бесколлекторные моторы типа «*Pancake*» имеют больший диаметр, они более плоские и как правило имеют высокий крутящий момент и более низкое значение **KV** (детали ниже). Несмотря на то, что бесколлекторные моторы могут быть разных размеров и иметь разные характеристики, выбор меньшего размера совсем не означает, что будет дешевле.

INRUNNER VS OUTRUNNER

Существует несколько типов бесколлекторных моторов постоянного тока:

Inrunner - внутренний ротор. Обмотка зафиксирована на статоре, магниты установлены на валу ротора, который вращается (как правило используются на радиоуправляемых лодках, вертолётах и автомобилях из-за высокого KV).

Outrunner - наружный ротор. Магниты зафиксированы на статоре, который вращается вокруг неподвижной обмотки.

Нижняя часть мотора зафиксирована (как правило, у моторов такого типа больше крутящего момента).

Hybrid Outrunner - технически это «*Outrunner*», но реализованный в корпусе «*Inrunner*». Такой подход позволил объединить в одном типе крутящий момент «*Outrunner*» и отсутствие внешних вращающихся элементов как у моторов типа «*Inrunner*».

Размер бесколлекторных моторов для беспилотников обычно указывается 4-значным номером - **AABB**:

- **AA** относится к ширине статора (диаметру статора).
- **BB** означает высоту статора. Оба параметра указаны в миллиметрах.

Статор - это неподвижная часть двигателя, состоящая из «**полюсов**», обернутых медными проводами (обмотками).

Эти полюса включают несколько слоев тонких металлических пластин, склеенных вместе, с ультратонким изоляционным слоем между ними.

КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДВИГАТЕЛЯ:

Статор двигателя: Неподвижная часть двигателя состоит из множества металлических катушек. Провод катушки покрыт эмалью для предотвращения короткого замыкания, так как он намотан в несколько витков. Когда электрический ток проходит через катушки статора, он генерирует магнитное поле, которое взаимодействует с постоянными магнитами на роторе, в результате создается вращение.

Магниты: Постоянные магниты создают фиксированное магнитное поле. В двигателях FPV-дронов они крепятся к внутренней части раструба двигателя с помощью эпоксидной смолы.



КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДВИГАТЕЛЯ:

Колокол: Служит защитным кожухом двигателя для магнитов и обмоток. Как правило, изготавливаемые из легких металлов, таких как алюминий, некоторые колокола сконструированы как миниатюрные вентиляторы, чтобы направлять больше воздуха на обмотки двигателя для дополнительного охлаждения при вращении двигателя.

Вал двигателя: Соединенный с раструбом мотора, вал является рабочим компонентом двигателя, который передает на пропеллер крутящий момент, создаваемый двигателем.

Увеличение ширины или высоты статора увеличивает объем статора, размер постоянных магнитов, а также электромагнитных катушек статора. В результате увеличивается общий крутящий момент двигателя, что позволяет ему быстрее вращать более тяжелый пропеллер и создавать большую тягу (за счет потребления большего тока). Однако недостатком более крупного статора является то, что он тяжелее по весу и менее отзывчив.

KV

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

В то время как для акробатического полёта будет актуальным значение **KV** между **1000** и **1500**, в tandemе с несущими винтами (пропеллерами) меньшего диаметра.

Допустим, значение **KV** для конкретного мотора составляет **650 об/вольт**, то при напряжении в **11.1В** мотор будет вращаться со скоростью: **11.1 × 650 = 7215 об/мин**, а если вы будете использовать мотор при более низком напряжении (скажем, **7.4В**), то частота вращения составит: **7.4 × 650 = 4810 об/мин**.

При этом важно отметить, что использование низкого напряжения, как правило означает, что потребление тока будет выше (**Мощность = Ток × Напряжение**).

ТАГА

Некоторые производители бесколлекторных моторов могут указывать в спецификации информацию о максимально возможной тяге (*Thrust*) создаваемой мотором в купе с рекомендуемым несущим винтом. Единицей измерения тяги, как правило, являются килограмм (*Kg/Kg*), фунт (*Lbs*) или Ньютон (*N*). Например, если вы строите квадрокоптер и вам известно, значение тяги отдельно взятого мотора = до **0.5кг** в купе с **11-дюймовым** несущим винтом, то на выходе четыре таких мотора смогут поднять на максимальной тяге: **0.5кг × 4 = 2кг**.

Соответственно, если общий вес вашего квадрокоптера составляет чуть менее **2кг**, то с такой силовой установкой он будет взлетать только на максимальных оборотах (макс. тяге). В данном случае будет актуальным, либо выбрать более мощную связку «**мотор + несущий винт**», которые позволят обеспечить большую тягу, либо уменьшить общую массу беспилотника. При макс. тяге силовой установки = **2кг**, вес дрона должен составлять не более половины этого значения (**1кг, включая вес самих моторов**). Аналогичный расчёт можно сделать для любой конфигурации.

Предположим, что вес гексакоптера (включая раму, моторы, электронику, аксессуары и т.д.) составляет - **2.5кг**. Значит каждый двигатель для такой сборки должен обеспечивать **(2.5кг ÷ 6 моторов) × 2 = 0.83кг** тяги (или более).

Теперь вы знаете как рассчитать оптимальную тягу моторов исходя из общего веса, но прежде чем принимать решение, предлагаем ознакомиться с разделами ниже.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

Разъёмы: у коллекторных моторов постоянного тока доступно два разъёма «+» и «-». Смена проводов местами меняет направление вращения мотора.

Разъёмы: бесколлекторные моторы постоянного тока имеют три разъёма. Чтобы узнать как их подключить, а также как изменить направление вращения, обратитесь к разделу «**ESC**» ниже.

Обмотки: обмотки влияют на **KV** моторов. Если вам необходимо наиболее низкое значение **KV**, но при этом в приоритете крутящий момент, будет лучшим обратить своё внимание на бесколлекторные моторы постоянного тока типа «**Pancake**».

Монтаж: у большинства производителей есть общая схема монтажа для **БК** моторов постоянного тока, которая позволяет компаниям, производящим рамы не прибегать к изготовлению так называемых адаптеров. Шаблон как правило метрический, с двумя отверстиями разнесёнными на **16мм** друг от друга, и ещё двумя отверстиями, разнесёнными на **19мм** (под углом 90° к первому).

Резьба: монтажная резьба, используемая для крепления бесколлекторного мотора к раме, может варьироваться. Обычные метрические размеры винтов **M1, M2 и M3**, имперские размеры могут быть **2-56** и **4-40**.

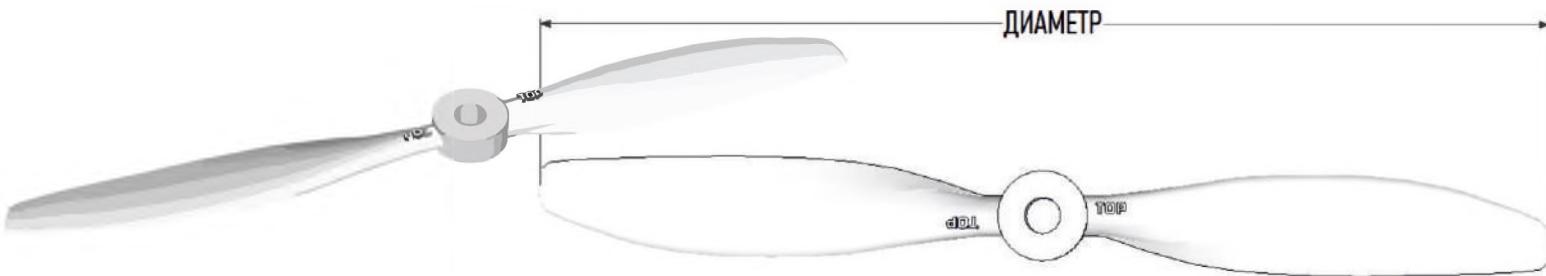
НЕСУЩИЕ ВИНТЫ (ПРОПЕЛЛЕРЫ)

Несущие винты (пропеллеры, сокр. пропы) для многороторных БЛА берут своё начало от винтов радиоуправляемых самолётов. Многие спросят: почему бы не использовать лопасти вертолёта? Несмотря на то, что это уже было сделано, представьте себе размеры гексакоптера с лопастями от вертолёта. Также стоит отметить, что вертолётная система требует изменения шага лопастей, а это существенно усложняет конструкцию.

Вы также можете спросить, почему бы не использовать *турбореактивный двигатель*, *турбовентиляторный двигатель*, *турбовинтовой двигатель* и т.д? Безусловно они невероятно хороши для обеспечения большой тяги, но при этом требуют большое количество энергии. Если первостепенной задачей беспилотника является очень быстрое перемещение, а не зависание в ограниченном пространстве, один из выше перечисленных двигателей может быть хорошим вариантом.

ЛОПАСТИ И ДИАМЕТР

Несущие винты большинства мульти rotorных БЛА имеют две, либо три лопасти. Наибольшее применение получили винты с двумя лопастями. Не думайте, что добавление большего количества лопастей автоматически приведёт к увеличению тяги; каждая лопасть работает в потоке, возмущенном предыдущей лопастью, **снижая КПД** пропеллера. Несущий винт малого диаметра имеет меньшую инерцию и следовательно его легче ускорять и замедлять, что актуально при акробатическом полёте.

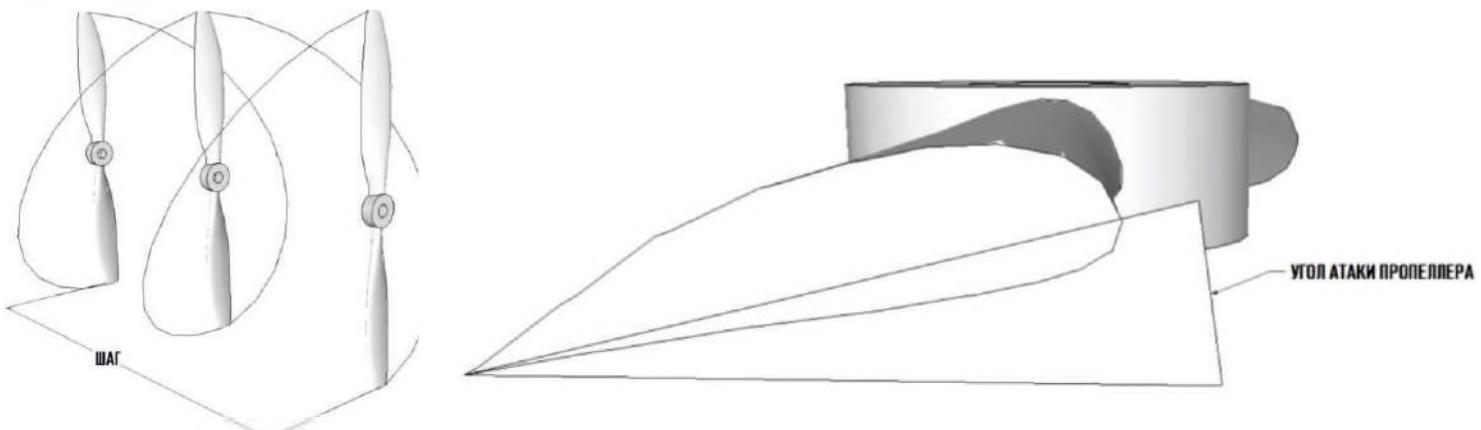


ШАГ/УГОЛ АТАКИ/ЭФФЕКТИВНОСТЬ/ТЯГА

Тяга, создаваемая несущим винтом, зависит от плотности воздуха, числа оборотов винта, его диаметра, формы и площади лопастей, а также от его шага. Эффективность винта связана с углом атаки, который определяется как шаг лопасти минус угол спирали (угол между результирующей относительной скоростью и направлением вращения лопасти). Сама эффективность - это отношение выходной мощности к входной. Большинство хорошо спроектированных винтов имеют **КПД более 80%**.

На угол атаки влияет относительная скорость, поэтому пропеллер будет иметь разную эффективность при разных скоростях мотора. На эффективность также сильно влияет передний край лопасти несущего винта, и очень важно, чтобы он был максимально гладким.

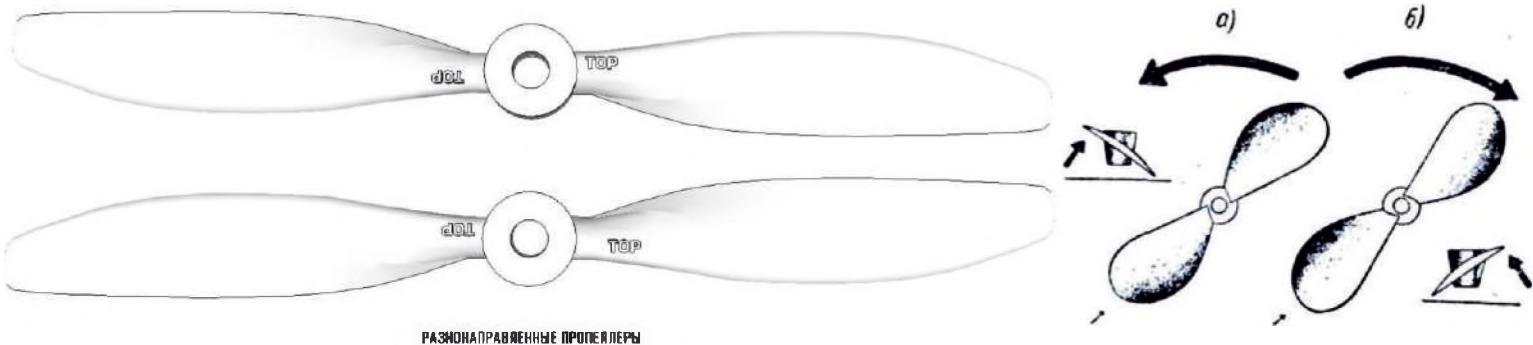
Несмотря на то, что конструкция с переменным шагом была бы наилучшей, дополнительная сложность, необходимая по сравнению с присущей многороторной простотой, означает, что пропеллер с переменным шагом почти никогда не используется.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ МОТОРЫ, ПОПАСТИ

ВРАЩЕНИЕ

Несущие винты рассчитаны на вращение по часовой стрелке (СЧ), либо против часовой стрелки (ССЧ). На направление вращения указывает наклон лопасти (смотреть на пропеллер с торца). Если правая кромка лопасти выше - ССЧ, если левая кромка - СЧ. Если конструкция вашего беспилотника подразумевает перевёрнутое расположение моторов (как в случае с конфигурациями Vtail, Y6, X8) обязательно измените направление вращения несущих винтов, чтобы тяга была направлена вниз. Лицевая сторона несущего винта всегда должна быть обращена к небу. Документация которая идёт с контроллером полёта как правило содержит информацию о направлении вращения каждого винта, для каждой поддерживаемой контроллером многомоторной конфигурации.



РАЗНОНАПРАВЛЕННЫЕ ПРОПЕЛЛЕРЫ

МАТЕРИАЛЫ ИСПОЛНЕНИЯ

Материал(ы), используемые для изготовления несущих винтов (пропеллеров), могут оказывать умеренное влияние на лётные характеристики, но безопасность должна быть главным приоритетом, особенно, если вы новичок и не опытны.

ПЛАСТМАССА

Пластмасса (ABS/Нейлон и т.д.) - является самым популярным выбором, когда речь заходит о многомоторных БЛА. Во многом это связано с низкой стоимостью, достойными лётными характеристиками и показательной долговечностью. Как правило в случае краха, по крайней мере, один пропеллер оказывается сломанным, и пока вы осваиваете дрон и учитесь летать, у вас всегда будет много сломанных пропов. Жёсткость и ударопрочность пластикового винта может быть улучшена посредством усиления углеродным волокном (карбон), такой подход макс. результативен и не так дорог по сравнению с винтом полноценно исполненным из карбона.



ФИБРОАРМИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕР

Фиброполимер (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, и, следовательно, при краше, он нанесёт больший ущерб всему, с чем соприкоснётся. Одновременно с этим, карбоновые винты, как правило, хорошо сделаны, более жёсткие (обеспечивают минимальные потери в эффективности), редко требуют балансировки и имеют более лёгкий вес по сравнению с любыми другими материалами исполнения. Такие винты рекомендуется рассматривать только после того, как уровень пилотирования пользователя станет комфортным.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ МОТОРЫ, ПОПАСТИ

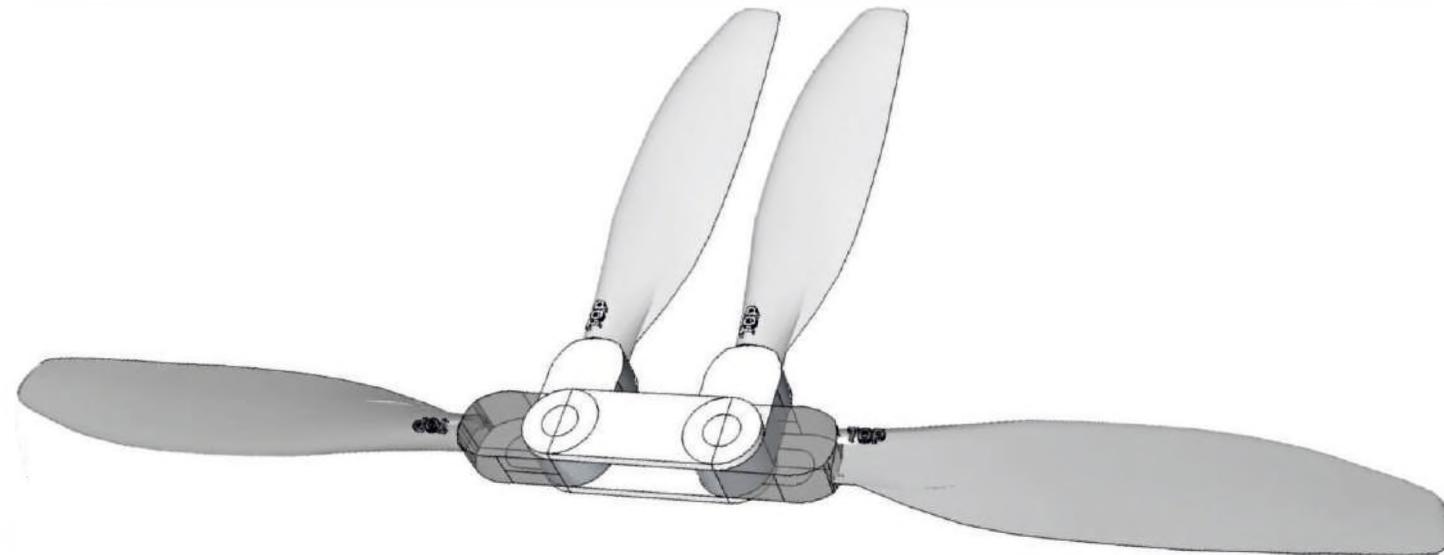
ДЕРЕВО

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. Отметим, что деревянные пропеллеры всё ещё применяют на радиоуправляемых самолётах.



СКЛАДНЫЕ ПРОПЫ

Складные пропы имеют центральную часть, которая соединяется с двумя поворотными лопастями. Когда центр (который соединен с выходным валом мотора) вращается, центробежные силы действуют на лопасти, выталкивая их наружу и по существу делая пропеллер **«жёстким»**, с тем же эффектом, что и классический не складываемый винт. Из-за низкого спроса и большого количества требуемых деталей, складные пропеллеры встречаются реже. Основное преимущество складных пропов это компактность, а в сочетании со складной рамой, транспортировочные размеры дрона могут быть значительно меньше полётных. Сопутствующим преимуществом складного механизма является отсутствие необходимости, при крашении, менять винт целиком, достаточно будет заменить только повреждённую лопасть.



УСТАНОВКА

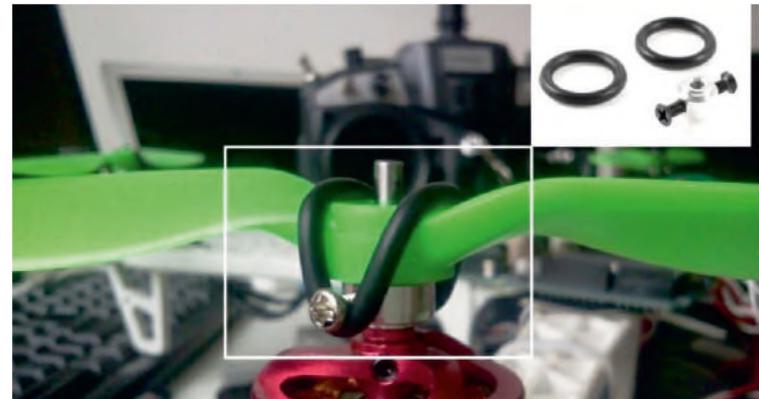
Как и БЛА, несущие винты могут иметь широкий диапазон размеров. Таким образом, в этой отрасли существует целый ряд **«стандартных»** диаметров вала двигателя. В связи с чем несущие винты часто поставляются с небольшим набором переходных колец (*выглядят как шайбы с отверстиями разного диаметра в центре*), которые устанавливают в центральное посадочное отверстие пропа, в случае если диаметр отверстия несущего винта оказался больше диаметра вала используемого мотора. Так как не все разработчики комплектуют пропы набором таких переходных колец, рекомендуется заранее сверять диаметр отверстия приобретаемых пропов с диаметром вала вашего мотора.

Фиксируясь винт на моторе может исходить из того, какой из способов крепления поддерживает ваш мотор. Если вал мотора не подразумевает никаких вариантов крепежа (*резьб. соединение, различные приспособления для крепления и т.д.*), в таком случае применяются специальные адаптеры, такие как пропсейверы и цанговые зажимы.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ МОТОРЫ, ПОПАСТИ

ПРОПСЕЙВЕР

Пропсейвер - представляет из себя втулку с боковыми симметрично расположенным отверстиями в которые вкручены винты. Втулка надевается на вал мотора и фиксируется боковыми винтами. Поверх втулки устанавливается пропеллер который в свою очередь фиксируется резиновым кольцом идущим в комплекте с втулкой (как правило в комплекте их несколько). Из-за своей ненадёжности, но в тоже время быстрого монтажа, лучше всего подходят для проведения кратковременных тестовых полётов в процессе сборки беспилотника.



ЦАНГОВЫЙ ЗАЖИМ



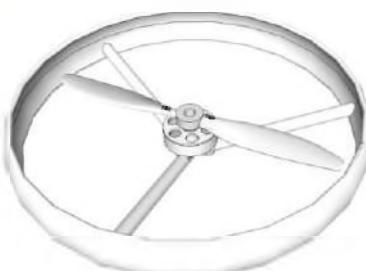
Цанговый зажим – по сравнению с пропсейвером является более сбалансированным и надёжным адаптером. Цанговый зажим состоит из разрезной конусообразной втулки с резьбовым соединением (Цанга), зажимной втулки, шайбы и кок-гайки. Сначала на вал мотора одевается цанга, затем зажимная втулка, после идут несущий винт (пропеллер) с шайбой, замыкает конструкцию зажима кок-гайка.

БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ МОТОРЫ

Бесколлекторные моторы с наружным ротором (*типа "Outrunner"*) как правило, в верхней его части, имеют несколько резьбовых отверстий рассчитанных под установку различных адаптеров и креплений. Не менее популярным вариантом крепления пропеллера на валу **БК** мотора является самозатягивающая гайка. Вал такого мотора на конце имеет резьбу, направление которой противоположно направлению вращения ротора. Такой подход исключает самопроизвольное откручивание фиксирующей гайки, обеспечивая безопасную и надежную эксплуатацию дрона.



ЗАЩИТА НЕСУЩИХ ВИНТОВ



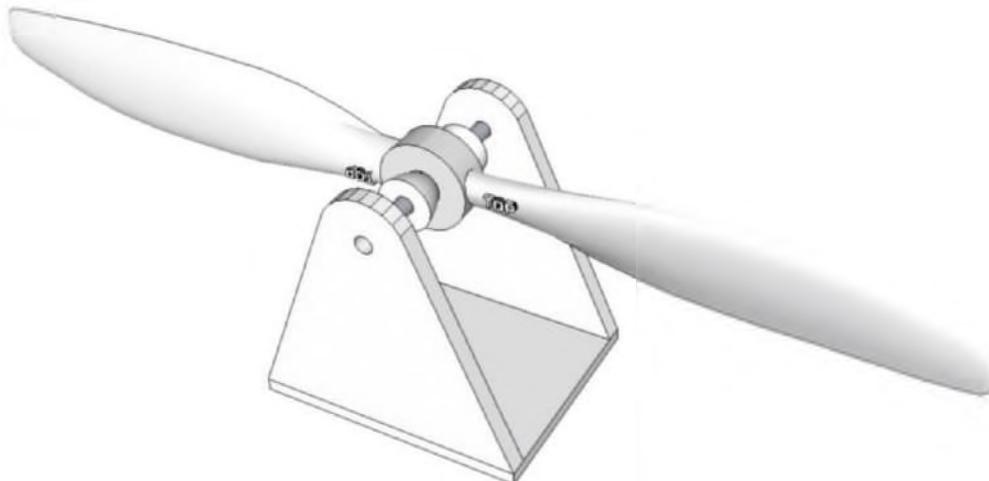
Защита несущих винтов – призвана исключить прямой контакт силовой установки БЛА с встречным объектом, сохранив тем самым её целостность и работоспособность, а также не допустить получение травм о быстро вращающиеся пропеллеры в результате столкновения с людьми и животными. Защита пропеллеров крепится к основной раме. В зависимости от варианта исполнения может как частично перекрывать рабочую зону силовой установки, так и полностью (кольцевая защита). Защита винтов чаще всего применяется на небольших (*игрушечных*) БЛА.

Применение в сборке элементов защиты несёт и ряд компромиссов, среди которых:

- Может вызывать избыточную вибрацию.
- Как правило выдерживает не сильные удары.
- Может понизить тягу, если под пропеллером размещено слишком много крепёжных опор.

БАЛАНСИРОВКА

Неудовлетворительная балансировка имеет место быть у большинства недорогих пропеллеров. Чтобы в этом убедиться, далеко ходить не надо, достаточно вставить в центральное посадочное отверстие винта карандаш (как правило при дисбалансе одна сторона будет тяжелее другой). В связи с чем настоятельно рекомендуется проводить балансировку своих пропов, перед тем как устанавливать их на моторы. Несбалансированный пропеллер будет вызывать избыточные вибрации, которые в свою очередь отрицательно влияют на работу полётного контролера (проявляется в некорректном поведении дрона в полёте), не говоря уже об увеличении шумности, повышенном износе элементов силовой установки и ухудшении качества съёмки подвешенной камеры.



Пропеллер может быть уравновешен разными способами, но если вы строите беспилотник с нуля, то в арсенале инструментов обязательно должен быть недорогой балансир пропеллеров, позволяющий легко и просто определять дисбаланс веса в винте. Для выравнивания веса, вы можете либо отшлифовать наиболее тяжёлую часть пропа (равномерно шлифуется центральная часть лопасти, и не в коем случае не отрезайте часть пропеллера), также можно балансировать путём наклеивания отрезка скотча (тонкий) на более лёгкую лопасть (добавляете отрезки равномерно до тех пор пока не будет достигнут баланс). Обратите внимание, что чем дальше от центра вы делаете балансировочную модернизацию (шлифование или добавление ленты) пропеллера, тем больше будет эффект, основанный на принципе кручущего момента.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

РАСЧЕТ ВЕСА ДРОНА И РАЗМЕРА РАМЫ

При расчете общего веса вашего **FPV-дрона** обязательно учитывайте все компоненты: раму, полетный контроллер (*FC*), регулятор скорости (*ESC*), двигатели, пропеллеры, радиоприемник (*RX*), видеопередатчик (*VTX*), антенну, литий-полимерный аккумулятор, экшн-камеру **GoPro** и так далее. Вес не обязательно должен быть точным на 100%, и все же тщательные подсчеты необходимы. Лучше переоценить вес и иметь дополнительную мощность, чем недобрать мощность и испытывать проблемы во время взлета.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЯГЕ МОТОРА

Чтобы рассчитать минимальную тягу, необходимую для вашей комбинации двигателя и пропеллера, вам нужно знать примерный общий вес вашего дрона. Общее проверенное правило состоит в том, что максимальная тяга, создаваемая всеми моторами, должна как минимум вдвое превышать общий вес квадрокоптера. Недостаточная тяга может привести к плохому отклику управления и трудностям при подъеме.

Например, если ваш дрон весит **1 кг**, общая тяга всех двигателей при **100% газе** должна быть не менее **2x кг**. То есть каждый из четырех моторов квадрокоптера должен производить тягу в **500 гр**. Разумеется, иметь дополнительную тягу, сверх необходимой, никогда не помешает.

Если вы собираетесь летать медленно и заниматься аэрофотосъемкой в плавном режиме, стремитесь достичь соотношения тяга/вес выше, чем **3:1** или даже чем **4:1**. Это не только обеспечит лучшее управление, но также позволит нести на борту дополнительные грузы

СРАВНЕНИЕ БОЛЕЕ ВЫСОКИХ И БОЛЕЕ ШИРОКИХ СТАТОРОВ

Более широкие двигатели обладают большей инерцией при вращении, потому что масса двигателя находится дальше от оси вращения и для изменения числа оборотов требуется больше энергии. Следовательно, более широкие и короткие двигатели обычно менее отзывчивы, чем более узкие и высокие двигатели, даже если они имеют одинаковый объем статора и генерируют одинаковый крутящий момент. Более широкие и короткие двигатели также имеют магниты меньшего размера на раструбе двигателя, что может снизить мощность двигателя.

Однако более широкие двигатели предлагают лучшее охлаждение из-за большей площади поверхности сверху и снизу. Температура имеет решающее значение для производительности мотора. Когда двигатель нагревается, его способность генерировать магнитный поток снижается, а это влияет на эффективность и создание крутящего момента. По сути, ширина и высота статора двигателя представляют собой баланс между чувствительностью и охлаждением. Решение зависит от вашего стиля полета. Например, для медленных кинематографических дронов с тяжелой камерой **GoPro** вам могут понадобиться моторы с более широким статором для лучшего охлаждения. В быстрых и отзывчивых дронах для гонок или фристайла предпочтительнее использовать более высокие статоры.

Более широкие статоры также позволяют использовать более крупные подшипники, что может увеличить эффективность, плавность хода и долговечность.

Крупные статоры не всегда лучше. Например, двигатели **2207** могут работать со стандартными **5-дюймовыми** пропеллерами, но использование гораздо более тяжелых двигателей **2506** с тем же значением KV может не дать заметных преимуществ. Они будут создавать такую же тягу с теми же пропеллерами или даже обеспечивать худшую реакцию из-за повышенного веса. Чтобы улучшить производительность без увеличения веса, рассмотрите двигатели с более высоким значением **KV**. Впрочем, двигатель **2506** в этом примере, вероятно, будет работать лучше с **6-дюймовыми** пропеллерами, чем **2207**, из-за повышенных требований к крутящему моменту.

КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ

Двигатели с высоким крутящим моментом обеспечивают быстрое изменение оборотов и меньшее время отклика, что приводит к меньшим вибрациям пропеллера и более быстрому отклику.

Крутящий момент двигателя определяют несколько факторов, в том числе:

размер статора (объем);

- материалы (тип магнитов и качество медной обмотки);
- конструкция мотора (воздушный зазор, число полюсов и т.д.).
- Поскольку **FPV-двигатели** в последние годы имеют схожие характеристики и конструкции, размер статора является самым простым способом вычислить крутящий момент.

Размер статора можно рассчитать по формуле объема цилиндра:

Объем = $\pi r^2 \times \text{высота}$

Например, для мотора **2207** объем статора составит

$$\pi r^2 \times (22/2)^2 \times 7 = 2660,93$$

Чем больше объем статора, тем больший крутящий момент может сгенерировать двигатель. По сравнению с мотором **2306** (его объем составляет 2492,85) у **2207** крутящий момент будет **больше**.

При выборе мотора сравнимте объем статора и вес. Более легкие двигатели с тем же самым объемом более предпочтительны при прочих равных условиях. Так почему бы не выбрать самый большой доступный двигатель? Ответ кроется в весе. Двигатели с большим объемом статора тяжелее, поэтому ваш выбор зависит от сферы применения.

Например, легкие дроны не требуют высокой подачи газа, чтобы удержаться в воздухе. В сочетании с пропеллерами с меньшим шагом моторы могут вращать их с меньшим крутящим моментом. В этом случае требования к крутящему моменту невелики, что позволяет использовать более компактные и легкие двигатели и в целом снизить вес дрона. Менее мощный двигатель (с меньшим крутящим моментом) предпочтителен в одном случае - когда плавность важнее, чем отзывчивость. Моторы с высоким крутящим моментом могут менять скорость вращения так быстро, что это вызывает толчки и снижает плавность. Они также создают большие скачков напряжения и электрических помех в системе питания, потенциально влияющих на работу гироскопа и летные качества в целом. А если фильтрация помех не функционирует должным образом, это ведет к возникновению механических вибраций.

ПОЛЮСА И МАГНИТЫ

Выбирая мотор для вашего **FPV-дрона**, вы можете встретить такие спецификации на коробке, как **12N14P**. Вот что означают эти цифры: число перед буквой **N** указывает на количество электромагнитов (полюсов) в статоре, а число перед буквой **P** указывает на количество постоянных магнитов в раструбе.

Моторы разного размера имеют различное количество полюсов. К примеру, двигатели **22XX** и **23XX** обычно имеют **12 полюсов** (электромагнитов) и **14 постоянных** магнитов.

Число полюсов напрямую влияет на производительность двигателя. Если полюсов меньше, в статор можно включить больше содержания железа, что приведет к более высокой выходной мощности. Однако повышенное число полюсов приводит к более равномерному распределению магнитного поля. Это, в свою очередь, обеспечивает более плавную работу двигателя с более точным контролем вращения.

Если вкратце, то:

Больше полюсов = Больше плавности.

Меньше полюсов = Увеличение мощности.

Поскольку двигатели для **FPV-дронов** обычно **3-фазные**, конфигурация полюсов обычно кратна числу 3 (т.е. 9, 15, 18 и т.д.). Это связано с наличием трех проводов, подключаемых к мотору. Следовательно, количество полюсов не так просто изменить, и это не является критическим фактором при выборе двигателей, особенно для **FPV-дронов**. Но вы должны обратить внимание на число полюсов, так как это число нужно ввести в **Betaflight** при включении фильтра **RPM** (оборотов в минуту). Если вы не можете найти это число, вы можете просто посчитать, сколько магнитов в раструбе.

ОБМОТКА ДВИГАТЕЛЯ

Количество медных обмоток или «витков» на полюсе статора определяет максимальный ток, потребляемый двигателем. В то же время толщина провода влияет на способность двигателя выдерживать ток, прежде чем будет достигнута точка перегрева.

Проще говоря, меньшее количество витков означает меньшее сопротивление, что приводит к более высокому **KV**. Однако это также приводит к уменьшению электромагнитного поля на статоре и, следовательно, к снижению крутящего момента.

С другой стороны, когда в катушке больше витков, увеличенный объем меди создает усиленное магнитное поле на полюсе статора, генерируя больший крутящий момент. Но есть загвоздка - более длинные провода и более высокое сопротивление приводят к снижению значения **KV**.

Итак, как производители решают эти проблемы, когда *увеличивают мощность двигателей для FPV-дронов?* Ответ заключается в увеличении количества обмоток при использовании более толстых медных проводов. Этот оригинальный подход эффективно снижает сопротивление обмотки, тем самым повышая мощность без ущерба для эффективности и крутящего момента. Более того, двигатель с проводами большего диаметра может выдерживать большой ток без перегорания.

Однако важно отметить, что использование более толстых проводов и дополнительных обмоток приводит к увеличению веса двигателя. Вдобавок, обмотка занимает больше физического пространства, что требует более крупного статора. Вот почему сейчас на рынке появляются более крупные и тяжелые моторы, что также объясняет их возросшую мощность.

МНОГОЖИЛЬНАЯ ОБМОТКА ПРОТИВ ОДНОЖИЛЬНОЙ

Что касается обмоток двигателя, то существует две основных разновидности: одножильная и многожильная. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки, поэтому подходит для разных условий применения.

В одножильной обмотке используются более толстые провода, которые могут более эффективно справляться с теплом, что делает этот вариант идеальным для работы с более высоким напряжением, например, **6S**. Однако толстые провода приводят к увеличению зазоров между ними, ограничивая количество обмоток, которыми можно обернуть статор.

С другой стороны, многожильные обмотки заменяют один более толстый провод несколькими проводами меньшего диаметра. Эти более тонкие провода не так эффективно отводят тепло и более подвержены физическому обрыву. Несмотря на эти ограничения, одножильные обмотки могут предложить превосходную производительность по сравнению с одножильными обмотками благодаря более плотной упаковке вокруг статора с меньшими зазорами между проводами. В итоге генерируется более сильное магнитное поле, а это может привести к повышению мощности и эффективности.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

МНОГОЖИЛЬНАЯ ОБМОТКА ПРОТИВ ОДНОЖИЛЬНОЙ

Однако многожильным проводам, как правило, сложнее добиться такой же аккуратности, как одножильным проводам. Поскольку между многожильными катушками больше слоев изоляции, это приводит к увеличению воздушных зазоров между проводами, что может сгладить преимущества, упомянутые ранее.

Важно отметить, что аккуратность обмоток играет жизненно важную роль как с эстетической, так и с электрической точки зрения. Небрежные обмотки с многочисленными пересечениями проводов генерируют менее эффективные магнитные поля, поскольку провода не пересекают статор перпендикулярно. Поэтому, оценивая обмотки двигателя, не упускайте из виду важность аккуратной и хорошо выполненной обмотки.

Наконец, многожильный провод может перегреваться быстрее, чем одножильный, что влияет на общую мощность и КПД двигателя. В целом, как показывает практика, лучшим выбором все же является одножильная намотка.

ВЫБОР ПРАВИЛЬНОГО РАЗМЕРА ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ FPV ДРОНА

Чтобы определить идеальный размер двигателя для вашего дрона, следуйте этой последовательности:

Размер рамы => Размер пропеллера => Размер двигателя.

Определив размер рамы, вы можете оценить подходящий размер двигателя. Размер рамы ограничивает размер пропеллера, и для каждого размера пропеллера требуются разная скорость вращения для создания эффективной тяги, именно здесь вступает в игру **KV**.

Дополнительно убедитесь, что двигатели производят достаточный крутящий момент для вращения выбранного пропеллера. Это соображение связано с размером статора. Как правило, более крупный статор и более высокое значение **KV** приводят к увеличению потребляемого тока.

Приведенная ниже таблица предлагает общие рекомендации. Их не следует рассматривать как жесткое правило, поскольку вы можете встретить людей, использующих двигатели с несколько большим или меньшим **KV**, чем указано в таблице. Однако она служит хорошей отправной точкой. Таблица предполагает, что вы питаете свой квадрокоптер от литий-полимерной батареи **4S**, а размер рамы соответствует расстоянию между двигателями по диагонали.

РАЗМЕР ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ FPV ДРОНА

РАЗМЕР РАМЫ	РАЗМЕР ПОЛАСТЕЙ	РАЗМЕР ДВИГАТЕЛЯ	KV
150мм и менее	3" и меньше	1105–1306 и меньше	3000KV и более
180мм	4"	1806, 2204	2600–3000KV
210мм	5"	2205–2208, 2305–2306	2300–2600KV
250мм	6"	2206–2208, 2306	2000–2300KV
350мм	7"	2506–2508	1200–1600KV
450мм	8", 9", 10" и более	26XX и более	1200KV и более

* размер лопастей указан в дюймах

СООБРАЖЕНИЯ ПО НАПРЯЖЕНИЮ И ПОТРЕБЛЕНИЮ ТОКА

Понимание роли напряжения при выборе двигателя является очень важным фактором. При более высоком напряжении ваш мотор будет пытаться вращаться быстрее, что вызовет повышенное потребление тока. Помните о тяге, создаваемой вашими двигателями, и токе, которого они требуют.

Как только у вас будет четкое представление о токе, который потребляет ваш двигатель в паре с пропеллером, вы сможете уверенно выбрать правильный контроллер скорости для вашего дрона. Имейте в виду, что контроллер скорости должен выдерживать максимальный потребляемый ток, не выходя за его пределы, чтобы обеспечить безопасную и надежную работу.

КАК ОЦЕНİТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ

После того, как вы разобрались с размером мотора, у вас, скорее всего, останется несколько вариантов на выбор. Чтобы определить наилучший двигатель для ваших конкретных потребностей, примите во внимание следующие факторы:

- Тяга.
- Эффективность и потребляемый ток.
- Вес.

В конечном счете, на ваш выбор будет влиять предполагаемая область применения, стиль полета и желаемые эксплуатационные характеристики.

ТЯГА

Когда речь идет о выборе двигателя для FPV-дрона, тяга часто становится первостепенным фактором. В конце концов, эта та самая сила, которая двигает ваш дрон и позволяет ему совершать впечатляющие воздушные маневры и трюки.

Хотя более сильная тяга конвертируется в более быстрое ускорение, крайне важно не упускать из виду другие факторы, такие как потребление тока и эффективность. Выбор в пользу комбинации двигателя и пропеллера, требующей чрезмерной силы тока, может привести к чрезмерной нагрузке на ваши аккумуляторы, что потенциально сократит срок их службы.

Если ваш дрон потребляет значительное количество тока при полном газе, необходимо убедиться, что максимальная скорость разряда вашего аккумулятора соответствует поставленной задаче.

Хотя тяга, несомненно, является жизненно важным аспектом, который следует учитывать при выборе двигателя для вашего FPV-дрона, необходимо сопоставить ее с другими факторами, о которых речь пойдет далее.

ВИБРАЦИИ

Вибрация, исходящая от двигателей, может привести к нескольким нежелательным последствиям для производительности вашего квадрокоптера.

Двигатель с плохой балансировкой или некачественной сборкой может генерировать вибрации, которые могут повлиять на ваш **PID-контроллер**. Из-за изменения частоты вибраций при разных уровнях газа настройка вашего дрона может оказаться довольно сложной задачей.

Кроме того, двигатель, подвергающийся вибрациям, производит больше электрических помех, чем плавно работающий двигатель. Этот электрический шум может мешать работе вашего гироскопа, то есть ухудшать летные характеристики, и может даже негативно влиять на качество **FPV-видео**, если ваша **FPV-система** питается напрямую от батареи дрона.

Чтобы смягчить проблемы с вибрацией, большинство полетных контроллеров поставляются с решениями для мягкого монтажа, такими как резиновые уплотнения, которые обеспечивают значительные улучшения. Однако важно помнить, что поврежденные, погнутые или несбалансированные пропеллеры также могут способствовать проблемным вибрациям. Обязательно регулярно проверяйте свои пропеллеры и заменяйте их по мере необходимости для поддержания оптимальной производительности.

КРЕПЛЕНИЯ ВАЛА: С-ОБРАЗНЫЕ ЗАЖИМЫ И ВИНТЫ

Что касается крепления вала, двигатели **FPV-дронов** используют один из трех способов: **С-образные** зажимы, **Е-образные** зажимы или винты. Каждый метод имеет свои плюсы и минусы, что затрудняет выбор лучшего варианта.

В целом можно сказать, что винты легче снимаются и более просты в обращении, чем **С-образные** или **Е-образные** зажимы. Однако существует повышенный риск чрезмерного затягивания винтов, что может привести к блокировке вала и затруднению вращения двигателя.

С другой стороны, поступали сообщения о **С-образных** зажимах, высекающих во время полета. В итоге раструб двигателя может отлететь, что приведет к аварии дрона. Хотя винты могут показаться более безопасным вариантом, они тоже не застрахованы от этой проблемы.



■ КОНСТРУКЦИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ

В конструкции основания двигателя есть более традиционный подход «**закрытое дно**» и более современный стиль «**голое дно**». У обоих вариантов есть свои плюсы и минусы.

Конструкция с «**закрытым дном**» означает более прочное основание, однако «голое дно», как правило, легче за счет удаления лишнего материала, экономия веса составляет около 2 граммов.

Двигатели с закрытым основанием с меньшей вероятностью допустят попадание грязи внутрь раструба. Но сторонники «**голого дна**» могут возразить, что там грязь легче очистить.

В случае с «голым дном» вы можете ясно видеть, насколько глубоко ввинчены винты, и у вас меньше шансов закоротить обмотку двигателя, если винты слишком длинные. (Это часто случается с новичками, которые решили использовать моторы с закрытым основанием).

Тем не менее, закрытое дно обеспечивает лучшую защиту проводов от натяжения в случае поломки и смещения.



■ РЕГУЛЯТОР ОБОРОТОВ

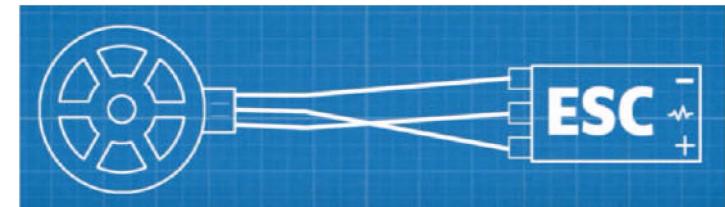
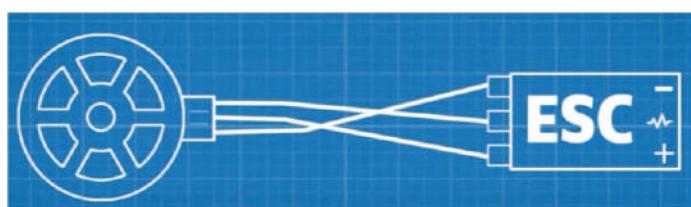
ESC - *electronic speed controller*, переводится как электронный контроллер скорости. В русскоязычном сообществе принято называть их как «**регуляторы оборотов**», в простонародье «**регули**» или «**регуляторы**».

■ ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ESC

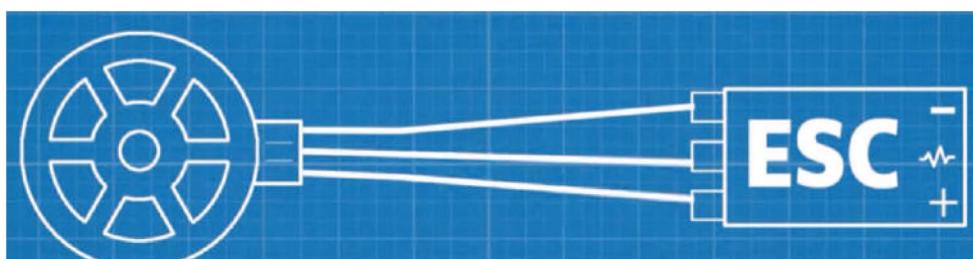
Контроллер полета посылает данные регулятору оборотов, что нужно прибавить или убавить газ на двигателе. Но двигателю квадрокоптера нельзя просто подать напряжение, так как он трехфазный и требуется попеременно подавать напряжение на определенные участки обмотки. Этим и занимается регулятор оборотов (**ESC**).

В зависимости от требуемой скорости вращения регулятор будет в строго заданной последовательности с определенной скоростью подавать на обмотки двигателя напряжение, что будет вызывать вращение ротора.

Обмотки бесколлекторного мотора намотаны и соединены между собой по специальной схеме. Имеют три вывода. К электронному регулятору нужно подключить эти выводы обмоток мотора, а также подвести питание от аккумулятора. Подключать провода можно в каком угодно порядке.



Это будет влиять только на направление вращения двигателя, которое потом можно будет настроить в программе. Для того, чтобы сообщать регулятору с какой скоростью требуется крутить мотор, служит вот этот сигнальный вывод.



СИГНАЛЬНЫЙ ВЫВОД ESC

Выбирая регулятор для квадрокоптера вы столкнетесь со следующими параметрами.



Максимальный ток.

Это та сила тока, которую выходные транзисторы контроллера могут держать продолжительное время, то есть постоянно. Иногда указывают величину кратковременного пикового тока, допустимого в течение нескольких секунд.

Specification (Manual)	
Binad Name:	Racerstar
Model Name:	RS30A V2
Model:	RS30A V2
Input Voltage:	2-4S
Con Current:	30A
Pic Current (peak):	55A
ECNO:	
Programming:	YES
Net Weight:	5.26g
Size:	28*13mm

ПРИМЕР РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

На картинке аккумуляторная батарея, может отдавать постоянный ток силой не более **80 ампер**.

Делим это значение на **4** и получаем, что на каждый регулятор приходится не более **20 ампер** постоянного максимального тока.

Да, аккумулятор может кратковременно отдать ток и больше **80 ампер**, но и хороший регулятор способен кратковременно его выдержать.

Таким образом, нужны регуляторы с максимальным током **20-25 ампер**, либо один на **50A**.



Если не желаете рисковать, берите с запасом, но помните, чем больше максимальный ток, тем дороже и больше по размерам регулятор. Также на регуляторе указывается максимальное рабочее напряжение.



ПОМЕТКА, НА КАКОЙ АККУМУЛЯТОР РАССЧИТАН ESC

Важно убедиться, что регулятор рассчитан на то количество банок, которые содержатся в вашем аккумуляторе. Чем быстрее передаются в регулятор сведения о скорости вращения двигателя, тем выше реакция силовой установки на расчеты полетного контроллера и тем лучше квадрокоптер ведет себя в воздухе.

Поэтому постоянно разрабатываются все новые и новые протоколы, позволяющие все быстрее и быстрее доставлять данные в регулятор.

Самый медленный и поддерживаемый всеми регуляторами протокол обозначается буквами **PWM** или если по-русски **ШИМ**, широтно-импульсная модуляция.

В гоночных квадрокоптерах он не используется, поскольку очень медленный.

Минимумом для регулятора гоночного квадрокоптера является поддержка протокола **OneShot 125**. Один пакет данных этого протокола передается за 250 микросекунд, что **8 раз** быстрее обычного **ШИМ**. **MultiShot** является самым быстрым протоколом связи и он в **10 раз** быстрее, чем **OneShot 125**.

ВИДЫ И СКОРОСТЬ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ESC

В настоящее время повсеместно внедряется принципиально новый тип протокола, цифровой, который называется **DSHOT**.

Цифровой протокол отличается более точной и помехоустойчивой передачей данных и высоким разрешением.

На данный момент есть **3 варианта** этого протокола в зависимости от скорости интерфейса **DSHOT 150**, **DSHOT 300** и **DSHOT 600**.

Как видите **DSHOT 600** по скорости передачи информации сопоставим с **MultiShot**. Однако преимущество цифрового сигнала вне конкуренции.

OneShot125 250μs

Oneshot42 84μs

Multishot 25μs

СКОРОСТЬ ЦИФРОВЫХ ПРОТОКОЛОВ DSHOT

Какие по строению бывают регуляторы оборотов?

Регуляторы оборотов бывают **"4 в 1"** и **отдельные**.

4 в 1 - это одна большая плата размером с полетный контроллер, которая крепится над или под ним. Придумана для экономии места и веса. Но есть один минус - если выйдет из строя один регулятор, придется менять всю плату целиком.

ПРИМЕР РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

На картинке аккумуляторная батарея, может отдавать постоянный ток силой не более **80 ампер**.

Делим это значение на **4** и получаем, что на каждый регулятор приходится не более **20 ампер** постоянного максимального тока.

Да, аккумулятор может кратковременно отдать ток и больше **80 ампер**, но и хороший регулятор способен кратковременно его выдержать.

Таким образом, нужны регуляторы с максимальным током **20-25 ампер**, либо один на **50A**.

Если не желаете рисковать, берите с запасом, но помните, чем больше максимальный ток, тем дороже и больше по размерам регулятор.

Также на регуляторе указывается максимальное рабочее напряжение.

РЕГУЛЯТОР ОБОРОТОВ "4 в 1"

Отдельные регуляторы оборотов представляют из себя *изолированные платы* с компонентами с индивидуальным питанием и подсоединением.

Чаще всего покупают регуляторы для крепления на лунах рамы, так как такие проще поменять в случае необходимости, да и проще следить за их состоянием.

Крепятся они обычно *пластиковыми стяжками*:

Поскольку каждый индивидуальный **ESC** питается от основной батареи, основной разъем **AKB** должен быть как-то разделен на четыре **ESC**.

Для этого используется плата распределения питания или жгут распределения питания.

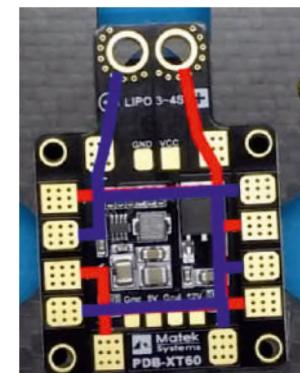
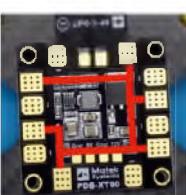
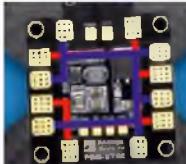
ПЛАТА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПИТАНИЯ

Плата имеет специальные площадки-контакты силовой линии питания, к которым припаиваются провода от регуляторов оборотов.

Внутри этой платы все плюсовые и все минусовые контакты соединены между собой.

И выведены в отдельное место для подсоединения разъёма аккумулятора. Получается аккуратный монтаж без всяких скруток и навесных спаек.

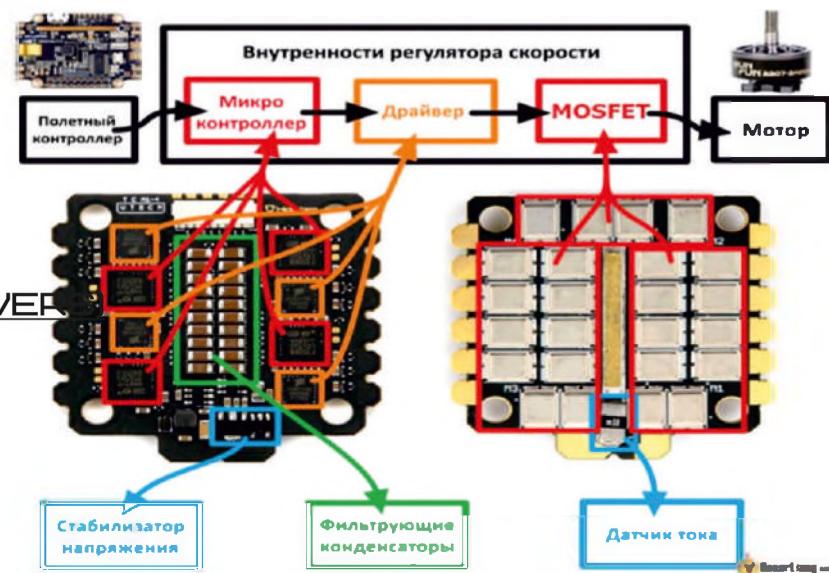
Регуляторы 4 в 1 - это, как правило, 4 одинаковые схемы на одной плате.



OneShot125	250µs
DShot150	107µs
Oneshot42	84µs
DShot300	53µs
DShot600	27µs
Multishot	25µs

LDO (СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ)

Этот стабилизатор снижает напряжение аккумулятора, служит для питания микроконтроллера и других компонентов регулятора (это не BEC).



МИКРОКОНТРОЛЛЕР

Это мозг регулятора, работает под управлением прошивки, например **BLHeli**.

ДРАЙВЕРЫ КЛЮЧЕЙ (GATE DRIVER)

В старых и дешевых регуляторах вместо драйверов использовались простые транзисторы. Поэтому их характеристики и возможности по торможению были хуже.

Вместо того, чтобы использовать три отдельных драйвера для трех фаз мотора, в современных регуляторах с **BLHeli_32** используется чип **FD6288**. Это сразу три драйвера в одном чипе.

СИЛОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ (MOSFET)

Или ключи, они как выключатели, только включаются и выключаются тысячи раз в секунду, собственно, это и есть управление мотором.

ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР FC

Название ролдукта

SpeedyBee BLS F405 V3 BLS 50A 30x30 стеков

Контроллер полета

SpeedyBee BLS F405 V3

ESC

SpeedyBee BLS 50A 4 in 1 ESC

Bluetooth

Поддерживается. Используется для параметров FC и ESC

Прошивка прошивки Wireless FC

НЕ поддерживается

Беспроводной черный ящик

НЕ поддерживается

Потребляемая мощность

3–6 S LiPo

Монтаж

30,5 x 30,5мм (размер отверстия 4мм)

Размеры

45,6мм (Д) x 44мм (Ш) x 18,3мм (В)

Вес

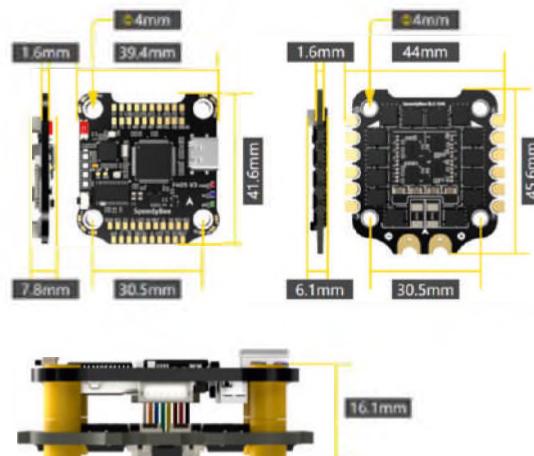
23,4г

РАЗМЕРЫ

При покупки стэка в коробке должно быть:

Комплект поставки:

- SpeedyBee F405 V3 50A 30x30 Stack
- Контроллер полета SpeedyBee F405 V3 x 1
- SpeedyBee BLS 50A 4 в 1 ESC x 1
- Конденсатор с низким ESR 35 В 1500 мкФ x 1
- Нейлоновая гайка M3 x 5
- Силиконовое уплотнительное кольцо M3 x 5
- Силиконовые втулки M3 * 8 мм (для FC) x 5
- Силиконовые втулки M3 * 8.1 мм (для ESC) x 5
- 8-контактный кабель SH 1,0 мм длиной 15 мм (для подключения FC-ESC) x 1
- Винты с внутренним шестигранником M3 * 30 мм x 5
- Кабель DJI 6pin (80 мм) x 1
- Кабель питания XT60 (70 мм) x 1



ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПК И РЕГУЛЯТОРОВ

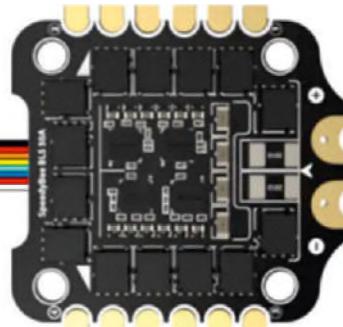
Используйте 8-контактный кабель из комплекта поставки для подключения **FC** и **ESC**.
Или припаяйте 8 проводов непосредственно к **8 контактам** на каждом конце.

Способ 1 - Использование 8-контактного кабеля

Используйте любой конец 8-контактного кабеля **JST** для подключения **ПК** к **ESC**.



F7 V3 Flight Controller



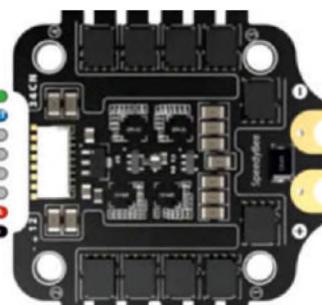
BLS 50A 4-in-1 ESC

Способ 2 - Прямая пайка

Припаяйте **8** проводов к **8** площадкам на каждом конце, руководствуясь приведенным ниже определением площадки.



F405 V3 Flight Controller

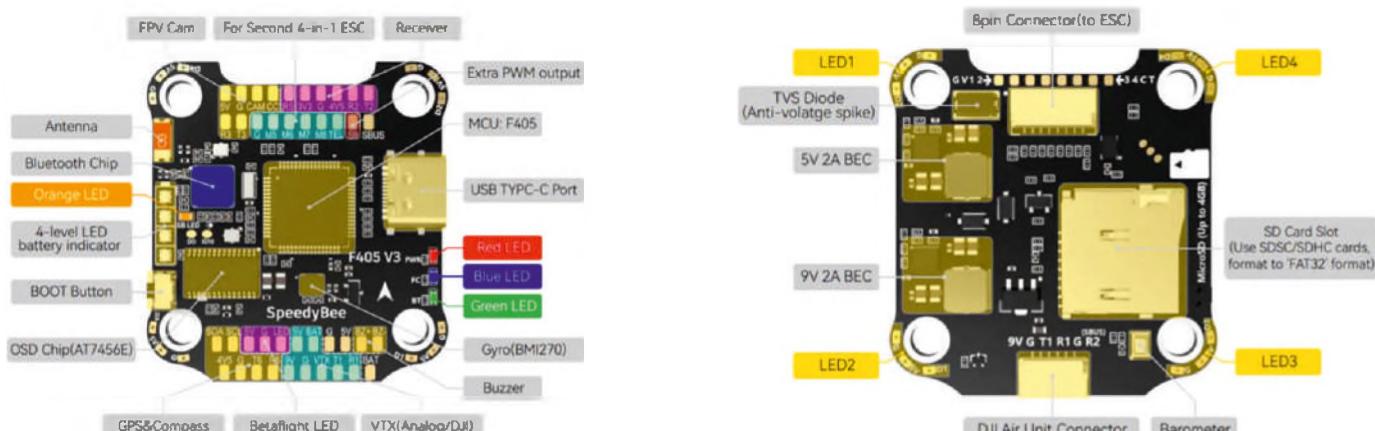


BLS 50A 4-in-1 ESC

КОНТРОЛЛЕР ПОЛЕТА F405 V3

- КРАСНЫЙ** светодиод: индикатор питания. Постоянно горит красным после включения питания.
- ЗЕЛЕНЫЙ** светодиодный: индикатор состояния Bluetooth. Постоянно зеленый указывает на подключение Bluetooth.
- СИНИЙ** светодиод: индикатор состояния контроллера полета, который управляется встроенным ПО контроллера полета.
- Оранжевый** светодиод: светодиодный индикатор режима управления. Это указывает на то, что **4** комплекта светодиодных лент, подключенных к накладкам **LED1 - LED4** по углам контроллера полета, управляются прошивкой **Betaflight** (режим **BF_LED**) или чипом **Bluetooth** (режим **SB_LED**).
- Сплошной оранжевый:** указывает на то, что **4** светодиода находятся в режиме **SB LED**. В этом режиме, когда **FC** включен и находится в режиме ожидания, нажмите кнопку загрузки, чтобы переключать режимы отображения светодиодов.
- ВЫКЛ.:** указывает, что **4x** светодиодов управляются встроенным **PO Betaflight**.

*Длительное нажатие кнопки в течение 3 секунд позволяет переключать режимы управления между режимом **BF LED** и режимом **SB LED**.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ИНДИКАТОРА

· Только в том случае, если контроллер полета заблокирован и не может включиться, пожалуйста, выполните следующие действия, чтобы повторно прошить для него прошивку:

Подключите к компьютеру кабель **USB A-TYPE-C**.

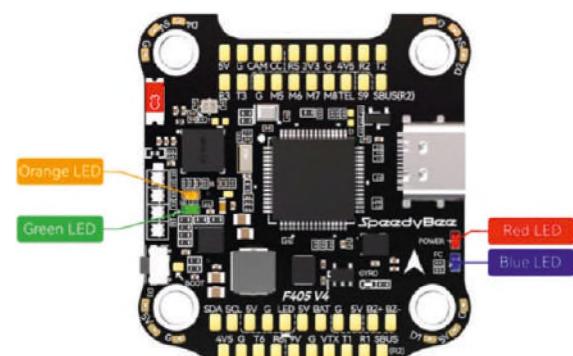
Нажмите и удерживайте кнопку загрузки, вставьте **USB**-кабель в контроллер полета, затем отпустите кнопку загрузки.

Откройте конфигуратор **Betaflight** на **ПК**, перейдите на страницу прошивки прошивки, выберите целевой параметр **"SPEEDYBEEF405V3"** и выполните прошивку.

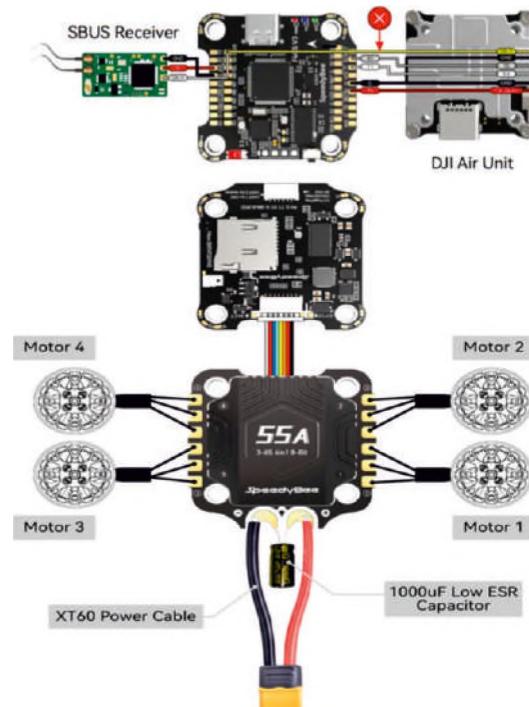
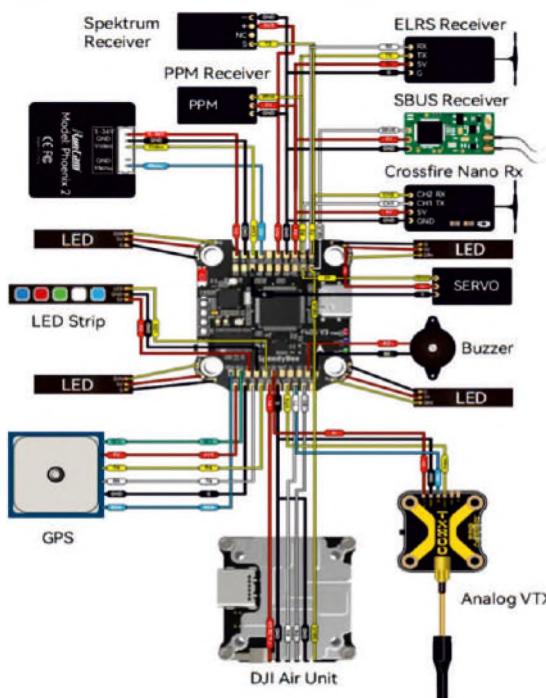
Когда **FC** включен и находится в режиме ожидания, кнопка загрузки может использоваться для управления светодиодными полосками, подключенными к светодиодным панелям **1-LED4** по углам.

Кратковременно нажмите кнопку загрузки, чтобы переключить режим отображения светодиодов. Длительное нажатие кнопки загрузки позволяет переключаться между режимами **SpeedyBee-LED** и **BF-LED**. В режиме **BF-LED** все полосы **LED1-LED4** будут управляться прошивкой **Betaflight**.

*По умолчанию используется режим **BF-LED**.

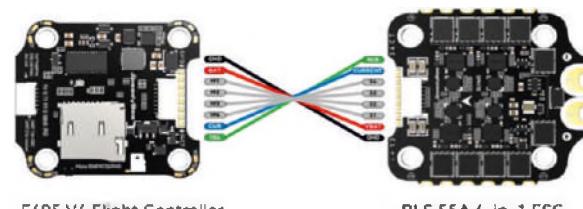


ПЕРИФЕРИЙНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ FC



***Примечание 1:** Во избежание перегорания стека из-за скачков напряжения при включении питания настоятельно рекомендуется использовать конденсатор с низким уровнем ESR, входящий в комплект поставки.

****Примечание 2:** FC и ESC также могут подключаться с помощью прямой пайки. Определение паяльных площадок выглядит следующим образом.



КАБЕЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ВОЗДУШНОМУ БЛОКУ DJI 03

Используйте 6-контактный кабель, поставляемый с воздушным блоком 03.

* рисунок 1

КАБЕЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРОТИВ RUNCAM LINK / CADDX VISTA AIR UNIT

Используйте 6-контактный кабель, который поставляется в комплекте со стеком F405 V3.

* рисунок 2



рисунок 1

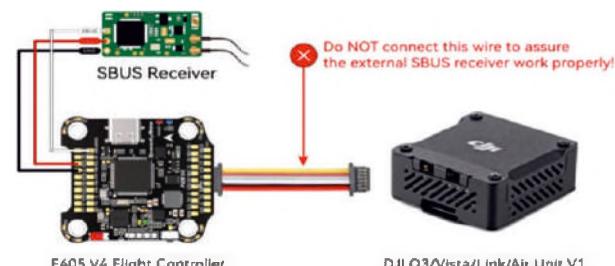


рисунок 2

ДЛЯ ПРИЕМНИКА SBUS

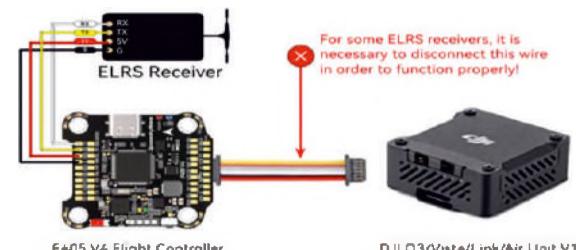
При использовании приемника **SBUS** сигнал **SBC-JS** приемника должен быть подключен к панели **SBUS** на передней панели контроллера полета (внутри этой панели используется **OART 2**).

Если вы также используете устройство **DJI Air (03 /Link / Vista / Air Unit VI)**, вам потребуется отсоединить сигнальный провод **SBUS** от жгута проводов устройства **Air**. Невыполнение этого требования приведет к неправильному распознаванию приемника **SBUS** диспетчером полета. С помощью пинцета извлеките провод **SBUS** из 6-контактного разъема жгута проводов (или непосредственно перережьте этот провод) и тщательно изолируйте оголенную часть провода.



ДЛЯ ПРИЕМНИКА ELRS

Мы рекомендуем подключать приемники **TX** и **RX** приемника **ELRS** к разъемам **T2** и **R2** на контроллере полета. Однако при одновременном использовании устройства **DJI Air** некоторые приемники **ELRS** могут неправильно распознаваться диспетчером полета. Если вы столкнулись с этой проблемой, вам необходимо отключить сигнал **SBC-JS** от жгута проводов кондиционера. С помощью пинцета извлеките провод **SBUS** из 6-контактного разъема жгута проводов (или непосредственно перережьте этот провод) и тщательно изолируйте оголенную часть провода.



ХАРАКТЕРИСТИКИ

НАИМЕНОВАНИЕ

MCU

STM32F405

Гироскоп

BMI270

Барометр

Встроенный

Чип OSD

Чип OSD

Блютуз /Bluetooth/

Поддерживается. Используется для конфигурации полетного контроллера (MSP должен быть включен со скоростью 115200 бод на UART4)

WIFI

Не поддерживается

6-контактный штекер воздушного блока DJI

Поддерживается. Полностью совместим с DJI O3/RunCam Link/Caddx Vista/DJI Air Unit VI, замена проводов не требуется

* Для прошивки Betaflight требуется, чтобы тип карты microSD был стандартным (SDSC) или высокой емкости (SDHC), поэтому карты расширенной емкости (SDXC) не поддерживаются (многие высокоскоростные карты U3 являются SDXC). Также карта ДОЛЖНА быть отформатирована в файловой системе FAT16 или FAT32 (рекомендуется). Таким образом, вы можете использовать любую SD-карту объемом менее 32 ГБ, но Betaflight может распознавать максимум 4 ГБ

Слот для карт памяти Blackbox MicroSD

ХАРАКТЕРИСТИКИ

НАИМЕНОВАНИЕ

КОНТРОЛЛЕР ПОЛЕТА SPEEDYBEE F405

Потребляемая мощность

3S – 6S Уро [через G, контакты/контакты BAT от 8-контактного разъема или 8-контактные контакты на нижней стороне]

Выход 5 В

9 групп выходов 5 В, четыре площадки +5 В и 1 площадка BZ+ (используется для зуммера) на передней стороне, а также 4 светодиодные площадки 5 В (запитывается при включении OLED вкладке OLED). Общая токовая нагрузка составляет 2А

Выход 9 В

2 группы выходов 9 В, одна контактная площадка +9 В на передней стороне и другая, включенная в разъем на нижней стороне. Суммарная токовая нагрузка 2А.

Выход 3.3 В

Поддерживается. Предназначен для приемников с входом 3.3 В. Токовая нагрузка до 500 мА

Выход 4.5 В

Поддерживается. Предназначен для приемника и модуля GPS, даже когда FC питается через порт USB. Токовая нагрузка до 1A.

Сигнал ESC, M5 M6 M7 M8

M1 – M4 на нижней стороне и M5–M8 на лицевой стороне.

UART

6 комплектов (UART1, UART2, UART3, UART4 (предназначены для подключения по Bluetooth)), UART5 (предназначены для телеметрии ESC), UART6

Телеметрия ESC

UART R5 (UART5)

GPS

Поддерживается. Панели SDA и SCL на лицевой стороне. Используется для магнитометра, гидролокатора и т.д.

OLED

Поддерживается. В нижней части передней панели расположены 5 В, G и светодиодные панели. Используется для светодиодов WS2812, управляемых прошивкой Betaflight.

Звуковой сигнал

BZ+ и BZ- pad используются для звукового сигнала 5 В

Ввод RSSI

Поддерживается. Обозначен как RS на лицевой стороне

BAT

Прямая линия от АКБ(до 36В)

9V

Питание VTX

SBUS

Для однопроводного приемника

VTX

Видео передатчик

G, GND

Земля, общий минус

TEL

Телеметрия ESC

ХАРАКТЕРИСТИКИ

НАИМЕНОВАНИЕ

S9

КОНТРОЛЛЕР ПОЛЕТА SPEEDYBEE F405

T#

Сервопривод

R#

Tx – для передачи данных

CAM

RX – для приема данных

* UART – имеют разделение в виде пунктирной линии на PC

Для подключения Камеры

НАСТРОЙКА BETAFLIGHT

ПЕРВАЯ НАСТРОЙКА BETAFLIGHT

Важно! Убедитесь, что все пропеллеры сняты, прежде чем настраивать квадрокоптер на стенде, чтобы избежать несчастного случая



ПОДКЛЮЧИТЕ FC К КОМПЬЮТЕРУ

Подключив USB-кабель к **FC**, он также обеспечит питание, нет необходимости подключать **Lipo** аккумулятор

ВАЖНО

Всегда нажимать кнопку **Сохранить Перезагрузить** перед перемещением по вкладкам, иначе измененные данные не будут сохранены.

Обязательно сохранить заводские настройки в текстовом формате через командную строку, в командной строке написать «**dump**» появившуюся информацию сохранить в текстовый документ.

Когда **FC** подключен к компьютеру, в Конфигураторе должен появиться новый COM-порт. Выберите этот новый COM-порт и нажмите "**Подключить**".

Если вы не находите COM-порт, это может быть связано с проблемой драйвера компьютера.

Или, возможно, ваш **FC** "окирпичен" (крайне редко).



INFO

Если вы не видите появления нового COM-порта или конфигуратор не может подключиться, есть несколько способов решить эту проблему:

Убедитесь, что вы подключаете USB-кабель к полетному контроллеру, и ничего больше. Не подключайте **BetaFlight Configurator** к системе **HD**. Не подключайте **BetaFlight Configurator** к радиопередатчику. **Betaflight Configurator** не предназначен для использования с чем-либо, кроме полетного контроллера.

Убедитесь, что вы используете USB-кабель, способный передавать данные. Некоторые USB-кабели предназначены только для зарядки.

Возможно, вам потребуется установить драйверы для вашего полетного контроллера. В конфигураторе есть ссылка на скачивание инструмента **ImpulseRC Driver Fixer**.

■ ВКЛАДКА НАСТРОЙКА

После успешного подключения к **Betaflight** перед вами откроется вкладка **Setup** с 3D-моделью квадрокоптера. Здесь вы получите базовый обзор состояния полетного контроллера и доступ к некоторым основным функциям.



■ ОСНОВНЫЕ НАСТРОЙКИ

■ КАЛИБРОВКА АКСЕЛЕРОМЕТРА

Акселерометр используется для определения ориентации полетного контроллера. Он используется для определения углов тангла, крена и рыскания. Вы можете *откалибровать* его здесь, следуя инструкциям.

Акселерометр используется для функций *самостабилизации*, таких как угол, горизонт, акротренажер и даже *GPS-спасение*. Если вы не собираетесь использовать эти функции, вы можете *пропустить* этот шаг или даже полностью отключить акселерометр.

■ КАЛИБРОВКА МАГНИТОМЕТРА

Магнитометр (компас) используется для определения курса полетного контроллера в 3d-пространстве. Это полезно для получения более точной информации для *GPS-спаса*. Откалибруйте его, следуя инструкциям.

Процесс калибровки магнитометра ограничен по времени, у вас есть **только 30 секунд**, чтобы выполнить все движения.

■ СБРОСИТЬ НАСТРОЙКИ

ОПАСНО

Это приведет к сбросу всех настроек по умолчанию, что приведет к пустой конфигурации. Это не "**сброс настроек на заводские**" для дрона или полетного контроллера. Он используется как жесткий сброс, и может привести к непредсказуемым результатам, или вам даже потребуется *перепрошивка*, чтобы иметь возможность подключиться снова.

Здесь вам нужно сделать несколько вещей:

Положите квадрокоптер/FC на ровную поверхность, затем нажмите "**Calibrate Accelerometer**" - это нужно делать только один раз при каждой прошивке.

Теперь подвигайте квадрокоптер руками (*попробуйте наклониться вперед и назад, повернуть влево и вправо, рыскание и т.д.*), **3D-модель** должна следовать за движениями.

Если **3D-модель** движется не так, как ваш квадрокоптер, это может означать несколько вещей, возможно, ваш **FC** перевернут вверх ногами, или он установлен в неправильном направлении (например, стрелка на **FC** не направлена вперед). Попробуйте повернуть плату, пока она не станет правильной. Если вы физически не можете повернуть **FC**, вы можете попробовать установить смещение **YAW** на вкладке конфигурации, выравнивание датчика платы, чтобы исправить это (обычно 90/180/270 градусов).

С права некоторые основные данные с бортового контроллера. К ним относятся:

Arming Disable Flags - показывает все "**ошибки**", которые не позволяют поставить полетный контроллер на **ARM**. Это полезно для проверки, если у вас возникли проблемы с постановкой на **ARM**.

Battery Voltage - показывает текущее напряжение батареи, если настройки для него установлены правильно

Current Draw - Показывает ток, потребляемый от батареи, если настройки для него установлены правильно

Current Draw - Показывает ток, который дрон потребляет от батареи, если настройки для него установлены правильно

RSSI - показывает текущее значение **RSSI** (используется как грубая оценка уровня сигнала), если для него установлены правильные настройки

GPS

Показывает данные GPS, если к полетному контроллеру подключен и настроен модуль GPS.

К ним относятся:

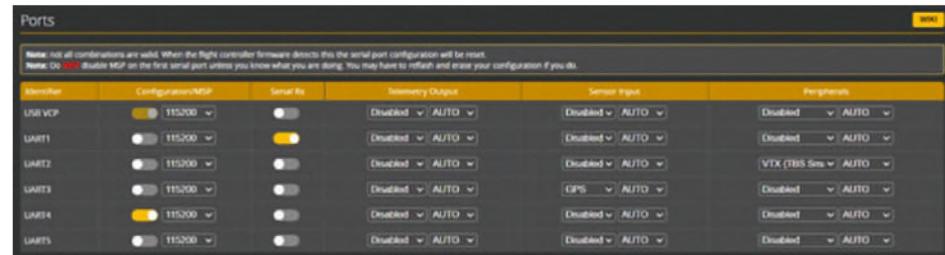
3D Fix - показывает, есть ли у GPS 3D-фиксация или нет, фиксация необходима для правильной работы GPS.

Sats - показывает текущее количество спутников, на которых GPS зафиксирован. Чем больше, тем лучше, обычно для хорошей фиксации требуется 6 или более.

Latitude/Longitude - показывает текущие координаты широты/долготы дрона.

Приборы:

Графическая копия настоящих приборов самолета



Identifier - Метка порта. Номер *UART* отвечает на пары RX-TX.

Configuration/MSP

Как следует из названия, обычно используется только для связи нижнего уровня с использованием **MSP** (*MultiWii Serial Protocol*) для конфигурирования внешними устройствами или для более прямого способа управления. Вы также можете установить определенную скорость передачи данных.

ВНИМАНИЕ!

Это не должно использоваться в качестве "**переключателя**" для текущего *UART* при настройке его (например, для *Serial RX*). Это довольно распространенная ошибка, которая может привести к тому, что ваш конфиг не будет сохранен, чтобы предотвратить нежелательное поведение при установке конфликтующих опций.

Serial RX

Используется для настройки *UART* на прием последовательных данных от приемника. Это наиболее распространенное использование порта *UART*. Если вы включите эту опцию, вам не нужно будет трогать другие опции для этого порта.

Telemetry Output

Используется в старых радиосистемах, где требуется отправлять телеметрические данные обратно в приемник через *UART*, отдельный от используемого для управления. Вам также может потребоваться установить скорость передачи данных для вашего устройства. Это не используется для большинства современных радиосистем, таких как *ELRS*. Современные приемники по умолчанию используют двустороннюю связь с *FC*, что позволяет отправлять телеметрию через тот же порт, который используется для последовательного *Rx* соединения.

Убедитесь, что на вкладке Приемник вы установили значение Вкл. для вывода телеметрии, чтобы ФК отправлял телеметрию на приемник.

Sensor Input

Если вы хотите, чтобы порт получал данные от датчика. Это используется для таких вещей, как телеметрия **BLHeli_32 ESC** или **GPS**. Чтобы GPS работал, вам, возможно, придется вручную назначить скорость передачи данных.

ESC - должен быть подключен автоматически.

Peripherals

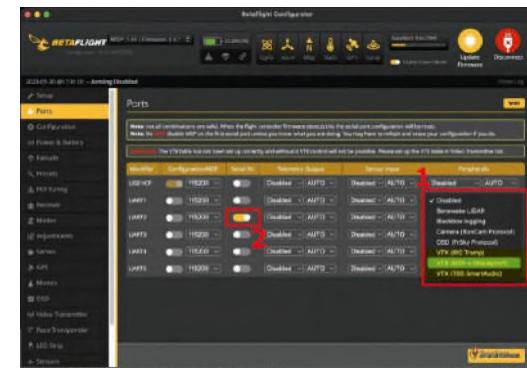
Несколько опций, позволяющих *FC* управлять периферийными устройствами, такими как *VTX*, камеры, внешние *OSD* или даже цифровые *VTX* вместе с *MSP*. Как и в случае с *i*, вам может потребоваться установить скорость передачи данных для вашего устройства, хотя такие распространенные устройства, как *SmartAudio*, *Tramp* и *MSP VTX*, должны хорошо работать со скоростью передачи данных по умолчанию.

ВКЛАДКА ПОРТЫ

В основном нужно сделать только 2 вещи:

При использовании аналоговых VTX и подключи провод SmartAudio или *IRC Tramp* для управления VTX, то вам следует выбрать "**VTX (TBS SmartAudio)**" или "**VTX (IRC Tramp)**" в разделе **Peripherals** для того *UART*, к которому вы подключили VTX. Если вы используете **HD VTX**, например, *DJI / Avatar / HDZero*, то вам следует выбрать **VTX (MSP + Displayport)**, это также автоматически включит **MSP**.

При использовании последовательного приемника, такой как *ExpressLRS* и *Crossfire*, нужно включить "**Serial RX**" на *UART*, к которому он подключен.



ВКЛАДКА КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ

Вкладка Конфигурация содержит основные настройки системы. Большинство настроек можно оставить по умолчанию, нужно изменить лишь несколько параметров.

System configuration

Note: Make sure your FC is able to operate at these speeds! Check CPU and cycletime stability. Changing this may require PID re-tuning. TIP: Disable Accelerometer and other sensors to gain more performance.

1. **3.20 kHz** Gyro update frequency
3.20 kHz PID loop frequency
 Accelerometer
 Barometer (if supported)
 Magnetometer (if supported)

Personalization

Craft name: [empty]

Camera

3. FPIV Camera Angle [degrees]: 0

Arming

180 Maximum ARM Angle [degrees]

Other Features

Note: Not all features are supported by all flight controllers. If you enable a specific feature, and it is disabled after you hit 'Save and Reboot', it means that this feature is not supported on your board.

- INFLIGHT_ACC_CAL** In-flight level calibration
- SERVO_TILT** Servo gimbal
- SOFTSERIAL** Enable CPU based serial ports
- SONAR** Sonar
- LED_STRIP** Multi-color RGB LED strip support
- DISPLAY** OLED Screen Display
- CHANNEL_FORWARDING** Forward aux channels to servo outputs
- TRANSPONDER** Race Transponder
- AIRMODE** Permanently enable Airmode
- OSD** On Screen Display

Board and Sensor Alignment

First: GYRO/ACCEL CW 0° First GYRO

Default MAG Alignment

Accelerometer Trim

0 Accelerometer Roll Trim
0 Accelerometer Pitch Trim

Dshot Beacon Configuration

3 Beacon Tone
 RX_LOST Beeps when TX is turned off or signal lost (repeat until TX is okay)
 RX_SET Beeps when aux channel is set for beep

Beeper Configuration

- GYRO_CALIBRATED** Beeps when gyro has been calibrated
- RX_LOST** Beeps when TX is turned off or signal lost (repeat until TX is okay)
- RX_LOST_LANDING** Beeps SOS when armed and TX is turned off or signal lost (autolanding/auxiliary alarm)
- DISARMING** Beep when disarming the flight controller
- ARMING** Beep when arming the flight controller
- ARMING_GPS_FIX** Beep a special tone when arming the board and GPS has fix
- BAT_CRIT_LOW** Longer warning beeps when battery is critically low (repeats)
- BAT_LOW** Warning beeps when battery is getting low (repeats)
- GPS_STATUS** Use the number of beeps to indicate how many GPS satellites are tracked

ВКЛАДКА КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ

Gyro Update Frequency

Частота, с которой происходит выборка гироскопа. В последних версиях *Betaflight* по умолчанию будет установлена частота, на которой гироскоп работает лучше всего (8 КГц для *MPU6000*, 3,2 КГц для *BMI270* и т. д.).

PID Loop Frequency

Частота, на которой производятся вычисления в ПИД-петле. Это, по сути, вся математика, которая используется для управления полетом. При использовании *dshot300* вы можете увидеть, что ПИД-петля сбрасывается на 4K, если вы вручную попытаетесь установить 8K, *dshot300* не отправляет обновления достаточно быстро, чтобы использовать 8K ПИД-петлю, поэтому 4K выбирается для экономии процессорного времени.

Рекомендуемые комбинации ПИД-контура и выхода двигателя при включенной фильтрации оборотов - 2K/*dshot150*, 4K/*dshot300* и 8K/*dshot600*. Исключением является использование гироскопа *BMI270*, в этом случае рекомендуются значения 3.2K/1.6K.

ИНФОРМАЦИЯ

Обычно лучше всего установить ту же частоту, что и у гироскопа, или половину этой частоты, если вы используете более медленный MCU и высокую частоту гироскопа (8KHz гироскопа будет 4KHz PID цикла на F411).

Sensor Toggles:

Accelerometer - включение или отключение акселерометра, который используется для функций самостабилизации.

Barometer - включение или отключение барометра. Если он присутствует, то используется для измерения высоты.

Magnetometer - включите или отключите магнитометр. Если он присутствует, то используется для определения ориентации в реальном мире

Accelerometer Trim - Подстройка акселерометра, чтобы компенсировать любые ошибки в показаниях акселерометра. Виден только при включенной опции акселерометра

Board and Sensor Alignment

Позволяет виртуально сместить FC и другие датчики, если они установлены нестандартным образом

СОВЕТ

Если предварительный просмотр 3d-модели некорректно реагирует на движение в реальном мире, скорее всего, это связано с неправильным выравниванием платы. Используйте опции выравнивания, чтобы исправить ситуацию. Перемещайтесь с шагом 90 градусов (45, если плата установлена по диагонали) и проверяйте предварительный просмотр после каждого изменения.

Personalization

Позволяет задать имя пилота, которое будет отображаться в экранном меню, журналах черного ящика и выводах *diff/dump*.

DShot Beacon Configuration

Запускает высокочастотный сигнал на выходе двигателя, чтобы заставить двигатели резонировать и издавать звук.

Хорошая альтернатива настоящему зуммеру, но он не может быть активирован в полете (*так как двигатели врачаются*), не такой громкий и не может использоваться в течение длительного времени, так как двигатели могут потреблять чрезмерный ток и перегреваться.

Beacon Tone - Вы можете выбрать один из 5 различных тонов.

RX_LOST - включение или отключение сигнала при потере RX-сигнала

RX_SET - включение или отключение звукового сигнала при включении режима *BEEPER*

ДРУГИЕ ФУНКЦИИ:

Список различных функций, которые могут быть включены или выключены, а также могут присутствовать или отсутствовать на вашем полетном контроллере

NFLIGHT_ACC_CAL - Позволяет откалибровать акселерометр в полете

SERVO_TILT - Включает режим, который стабилизирует угол наклона камеры с помощью до двух сервоприводов, установленных в конфигурации кардана *CAMSTAB*

SOFTSERIAL - Эмулирует последовательный порт на другом выходе или разделяет пару RX-TX UART. Это позволяет использовать его в качестве дополнительного *UART*

ВКЛАДКА КОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ

INFO

Softserial полезен для *FC*, которые не имеют достаточного количества *UART* для поддержки всех функций, которые вы хотите использовать. Однако есть некоторые ограничения.

Он работает на более низкой скорости передачи данных. Хорошо работает на скорости 9600, но не так хорошо на более высоких скоростях.

Потребляет больше ресурсов процессора и создает дополнительную нагрузку на него. Поэтому не идеален для низкопроизводительных *MCU*.

Не стоит запускать приемник на *софтсериальном порту* из-за ограничений рабочего цикла.

Некоторые порты могут работать лучше, чем другие. Обычно работает всегда, но вам может понадобиться поэкспериментировать с другими *LED_STRIP*

И наконец, вы не можете иметь более двух *софтсериальных портов* активными одновременно

SONAR - Включает поддержку сонара, но в настоящее время эта функция не рекомендуется к использованию

LED_STRIP - Включает функцию светодиодной ленты, которая позволяет управлять *RGB-светодиодами WS2812B*

DISPLAY - Включает функцию дисплея, которая позволяет использовать небольшой *OLED-дисплей* для отображения различной информации. Если функция включена и дисплей не подключен, *FC* будет загружаться примерно на 10 секунд дольше. Не рекомендуется использовать в настоящее время

OSD - Включает экранное меню, вы можете настроить его на вкладке *OSD*, которая появится при включении этой опции.

BLACKBOX - Включает функцию "черный ящик", которая позволяет записывать данные о полете на *флэш-чип* в *FC* или на *SD-карту* (если она есть). Вы можете настроить ее на вкладке *Blackbox*, которая появится при включении этой функции.

CHANNEL_FORWARDING - Позволяет перенаправить канал *aux* на выход двигателя/сервопривода

TRANSPONDER - Включает функцию гоночного транспондера, если ваше оборудование поддерживает ее.

AIRMODE - Постоянное включение режима *airmode*, который дает аппарату больше возможностей управления в воздухе при 0 дросселе.

Set Home Point Once - если включено, домашняя точка будет установлена только один раз, при первом получении данных *GPS*.

Конфигурация звукового сигнала

Переключайте различные триггеры, когда звуковой сигнал должен быть активен

RX_LOST - подает звуковой сигнал при потере сигнала *RX* (повторяется до тех пор, пока сигнал не будет восстановлен)

RX_LOST_LANDING - подает звуковой сигнал, когда сигнал *RX* потерян, и аппарат находится в фазе посадки. Обязательно включить!

ВКЛАДКА POWER & BATTERY

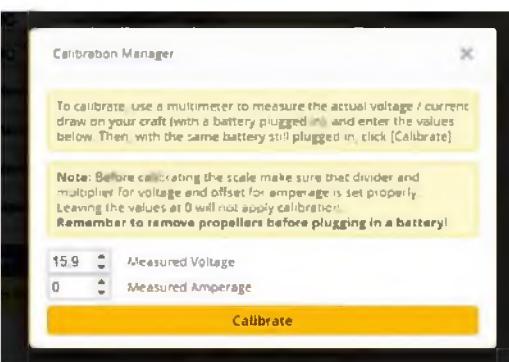
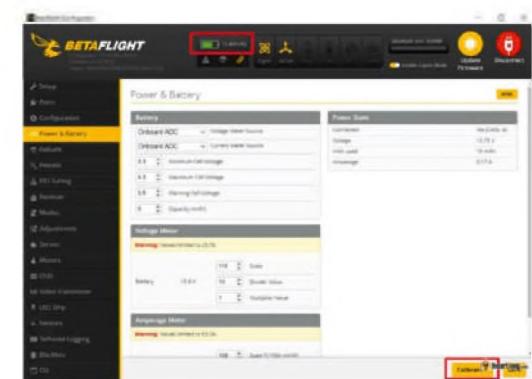
Возьмите батарею, проверьте ее напряжение с помощью прибора для проверки батарей или мультиметра.

Затем подключите его к дрону (сначала снимите пропеллеры!). Если сообщаемое напряжение в конфигураторе (красный круг на изображении ниже) не совпадает с измеренным напряжением, значит, необходимо откалибровать датчик напряжения в *Betaflight*.

Для этого перейдите на вкладку "**Питание и батарея**" в левой части панели.

Нажмите кнопку *Калибровка* в правом нижнем углу.

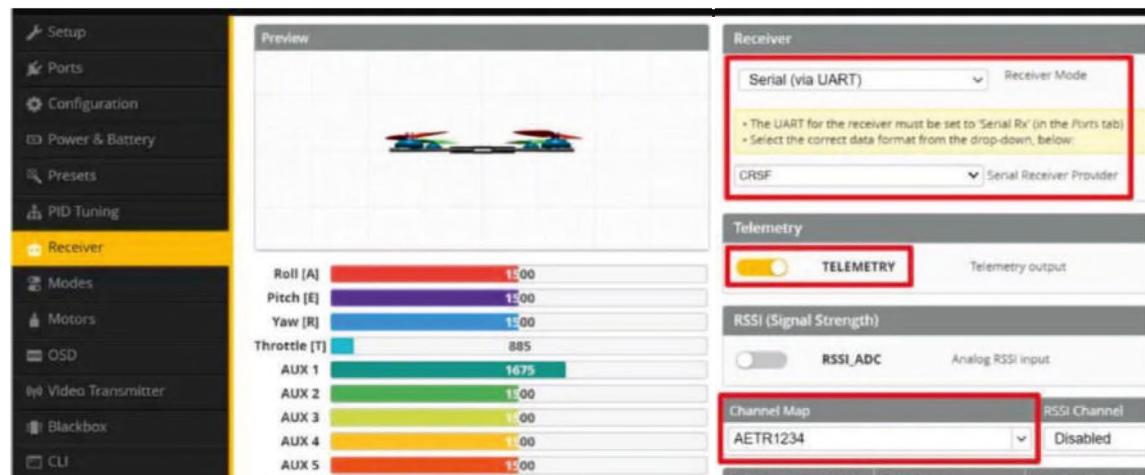
Введите измеренное напряжение во всплывающее окно, затем нажмите *Calibrate*, и появится запрос на применение новой шкалы напряжения. Вот и все.



ВКЛАДКА ПРИЕМНИК

Приемник - это устройство, которое (как следует из названия) получает данные от передатчика, обычно вашего радиоконтроллера. Вкладка приемника используется для настройки FC таким образом, чтобы он мог считывать данные приемника. Вкладка приемника разделена на два раздела: предварительный просмотр выхода приемника и конфигурация приемника.

На вкладке Приемник вы можете настроить и проверить, правильно ли работает ваш приемник.



Output Preview

Предварительный просмотр выходных сигналов приемника показывает текущее состояние каналов приемника, как в виде значений каналов, так и в виде графиков, и то, как они влияют на движение дрона.

Receiver Configuration

Используется для настройки всех параметров, характерных для вашего приемника

Receiver

Выберите протокол связи, используемый вашим приемником. Возможны следующие варианты: PPM/PPPM - устаревший протокол, который вряд ли будет использоваться в современных устройствах.

Serial-based - Большинство современных приемников обмениваются данными по последовательному интерфейсу, используя различные протоколы, такие как CRSF или SBUS.

PWM - устаревший протокол, вряд ли будет использоваться в современных устройствах.

MSP - продвинутый вариант, использующий протокол MSP для связи с приемником.

SPI - используется для большинства интегрированных приемников, например ExpressLRS на платах tinywhoop AIO.

ВНИМАНИЕ

Выбор неправильного протокола приведет к тому, что сигнал не будет обнаружен или будет интерпретирован неверно. Вы должны выбрать правильный протокол для вашего приемника.

Telemetry

Включите или выключите выход телеметрии. Также требуется для управления VTX с приемников ELRS

RSSI

В основном устаревшая опция, используемая для настройки отдельного аналогового входа RSSI 0-3,3 В. Большинство современных приемников передают RSSI (наряду с другими телеметрическими данными) по тому же последовательному соединению, что и управляющие данные.

Не включайте эту опцию для современных приемников

Канал RSSI

В некоторых старых приемниках RSSI выводится только на один канал. Если у вас старый приемник, вы можете установить, какой канал будет использоваться для считывания значения RSSI. Обычно это AUX 4 или 12. Оставьте эту настройку отключенной, если у вас современный приемник, например, использующий протоколы CRSF или GHST.

"Stick" Settings

Минимальные/центральные/максимальные значения для четырех основных каналов управления. Они используются для установки диапазона значений стиков, обычно в целях безопасности и калибровки.

ВКЛАДКА ПРИЕМНИК

Channel Map

Различные приемники выводят четыре основных канала управления:

- *Aileron - Roll (left/right)*
- *Elevator - Pitch (forward/backward)*
- *Throttle - Throttle (up/down)*
- *Rudder - Yaw (left/right)*

ВНИМАНИЕ

Если входной сигнал радиостанции не совпадает с тем, что вы видите в предварительном просмотре, вам необходимо изменить карту каналов. Существуют также предустановленные опции для некоторых наиболее распространенных систем:

FrSky/Futaba/Hitec - приемники *FrSky*, *Futaba* и *Hitec* выводят каналы в том же порядке, что и *Betaflight* по умолчанию (*AETR1234*)

Spektrum/Graupner/JR - приемники *Spektrum* выводят каналы в другом порядке, чем *Betaflight* по умолчанию (*TAER1234*)

Deadband Settings

Deadband - это диапазон перемещения стика, который игнорируется. Некоторые радиостанции/приемники могут иметь небольшое дрожание, и эта настройка может использоваться для его игнорирования. У вас также есть опции, чтобы установить его специально для рыскания и дросселя в режиме 3d.

RC Smoothing

Включить или выключить фильтр сглаживания *RC*

ВАЖНО

Если вы используете последовательный RX. Двумя наиболее популярными последовательными приемниками являются *Crossfire* и *ExpressLRS*.

В этом случае вам следует выбрать "Serial (via UART)" в *Receiver Mode*.

В пункте **Serial Receiver Provider** выберите соответствующий протокол приемника:

TBS Crossfire - CRSF

ExpressLRS - CRSF

Tracer - CRSF

Ghost - IRC GHOST

Spektrum DSM2 - SPEKTRUM1024

Spektrum DSMX - SPEKTRUM2048

FrSky RX - SBUS

Futaba RX - SBUS

FlySky RX - IBUS

Turnigy RX - IBUS

Если вы подключаете RX к FC через *PPM*, то используйте "**PPM RX Input**" в режиме приемника.

Если вы используете телеметрию, убедитесь, что включен выход телеметрии.

Включите радиоконтроллер (*TX*) и радиоприемник (*RX*), если они уже связаны, то при перемещении стиков значения каналов также должны изменяться. Если отвечают не те каналы, возможно, вам нужно изменить "**Карту канала**", обычно это должно быть *AETR1234* или *TEAR1234*.

Если каналы не реагируют на движения стика, вот как устранить неполадки:

связан ли RX с TX? (Вы видите постоянный зеленый свет на RX?)

правильно ли припаян RX к FC?

включен ли последовательный RX для нужного *UART*?

выбран ли правильный протокол RX?

Убедившись, что каналы работают правильно, проверьте средние и конечные точки первых 4 каналов (*Pitch*, *Roll*, *Yaw*, *Throttle*). Когда вы убираете руки со стиков, каналы *Pitch*, *Roll* и *Yaw* должны быть 1500. Некоторые приемники могут иметь небольшие дрожания, например, около 1498-1502, что нормально. Конечные точки должны быть 1000 и 2000 (допускается небольшая погрешность 8-12, например, 988 и 2012).

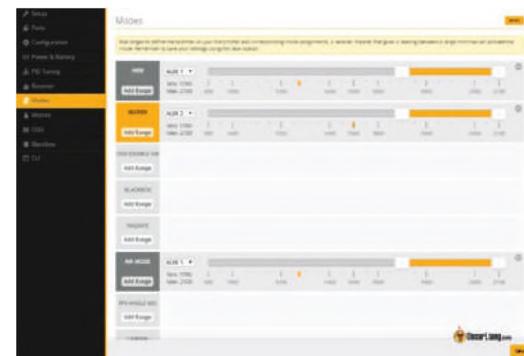
Прежде чем перейти к следующей вкладке, убедитесь, что переключатели режимов и постановки на *ARM* работают правильно, переключая их, вы должны увидеть, как изменяются значения каналов *AUX1*, *AUX2* или *AUX3*.

ВКЛАДКА РЕЖИМЫ

Режимы используются для включения или отключения функций и запуска действий FC с помощью переключателей каналов AUX. Режимы включаются, когда активны диапазоны или связи.

Диапазоны - активируются, когда канал приемника соответствует заданным входным значениям. Канал приемника, дающий показания в диапазоне *min/max*, активирует режим.

Добавить связь - активируются, когда активен другой связанный режим.



ТИПЫ РЕЖИМОВ

ARM - активирует двигателя и позволяет летать.

ANGLE - режим полета, который сохраняет ровное положение с помощью акселерометра. Ввод стика влияет на угол наклона корабля

HORIZON - режим полета, в котором акселерометр остается ровным. Ввод стика влияет на угол наклона корабля, но при экстремальных углах тангажа и крена корабль перевернется вверх ногами, а затем вернется в горизонтальное положение.

MAG - активирует фиксацию курса с помощью магнитометра (компаса)

BEEPER - активирует звуковой сигнал, либо звуковой сигнал двигателя *dshot* (если он не включен), либо внешний зуммер и мигающий элемент экранного звукового сигнала. Полезно для определения местоположения разбившегося дрона

LEDLOW - выключает светодиодную ленту

OSD - включить/выключить функцию наложения экранного меню

TELEMETRY - включение/выключение отправки телеметрии FC на приемник канала управления или другой выходной порт

SERVO1 - включить/выключить первый выход сервопривода

SERVO2 - включить/выключить второй выход сервопривода

SERVO3 - включить/выключить выход третьего сервопривода

BLACKBOX - включение/выключение записи журнала "черного ящика". Полезно для записи только необходимых данных, когда объем памяти черного ящика ограничен

AIRMODE - включает/выключает функцию воздушного режима, которая позволяет полностью скорректировать PID при нулевом дросселе для поддержания управляемости. Более подробная информация приведена в примечаниях к настройке

ACRO TRAINER - Режим полета *ACRO TRAINER*, ограничивающий угол наклона дрона при полете в режиме *acro*

LAUNCH CONTROL - система помощи при старте. Вращает двигатели и наклоняет аппарат вперед на нужный угол без взлета

На вкладке "**Режимы**" вы можете назначить переключатели для различных функций.

Нажмите "**Добавить диапазон**" на режиме, который вы хотите использовать

Выберите переключатель, который вы хотите использовать для управления этим режимом, в выпадающем меню.

Если вы не знаете, какой AUX является вашим переключателем, просто перейдите на вкладку "**Приемник**" и посмотрите, какие каналы AUX реагируют, когда вы переключите переключатели. AUX1 - это канал 5, AUX2 - канал 6 и так далее.

Перетащите ползунок в нужный диапазон для активации

Переверните переключатель, и маленький желтый маркер также должен перемещаться, посмотрите, попадает ли он в диапазон активации режима при включенном переключателе.

Нажмите "**Сохранить**".

■ ВКЛАДКА МОТОРЫ

Вкладка "**Моторы**" используется для настройки *ESC* и тестирования моторов. Для безопасности, пожалуйста, убедитесь, что вы сняли все пропеллеры перед использованием вкладки моторов.

Настройте параметры двигателя и *ESC*.

Mixer

Mixer управляет расположением двигателей и тем, как *FC* будет использовать двигатели для поддержания стабильного полета. Обычно квадрокоптеры используют настройку "**QUAD X**", поэтому установите ее, если вы не уверены.

Направление вращения моторов изменено - обычная настройка предполагает, что ваши стойки будут вращаться по направлению к камере в передней части квадрокоптера "**пропы внутрь**", обратная настройка означает, что стойки будут вращаться от камеры "**пропы наружу**".

ИНФОРМАЦИЯ

Пилоты используют "**пропы наружу**", чтобы предотвратить попадание мусора в камеру за счет того, что вместо этого он попадает в корпус квадрокоптера.

Motor direction - откройте инструмент для проверки направления вращения двигателя, который позволяет осторожно вращать двигатели и легко менять направление вращения двигателей, чтобы они соответствовали направлению вращения вашего миксера. *Снимите порты и будьте осторожны!!!*

ESC/Motor Protocol - *DShot* является стандартным для современных сборок и обеспечивает *наилучшие летные характеристики* и функции.

ИНФОРМАЦИЯ

Скорость *Dshot* зависит от выбранной вами частоты контура *PID*, так как более медленные скорости *Dshot* не могут отправлять обновления достаточно быстро, чтобы полностью использовать более высокие частоты контура *PID*. В связи с этим рекомендуется использовать 8K в паре с *Dshot600*, 4K с *Dshot300* и 2K с *Dshot150*. Другие опции, такие как *Oneshot125*, необходимы только для очень старых *ESC*, таких как оригинальный *BLHELI*, более новые *BLHeli_S*, *BLHeli_32*, *BlueJay* или *AM32 ESC* должны использовать *Dshot*.

MOTOR_STOP - предотвращает вращение двигателей на холостом ходу при постановке на охрану. Обычно не требуется, считается, что безопаснее вращать двигатели, чтобы посторонние могли видеть, что ваш квадрокоптер находится в режиме *ARM*.

ESC_SENSOR – Позволяет получать телеметрические данные от *UART*-соединения с *ESC*, как настроено на вкладке *Ports*.

Bidirectional DShot - Требуется для фильтрации оборотов. Вместо того, чтобы отправлять *Dshot*-команды в *ESC* только по выходным разъемам двигателя, *FC* будет также слушать обратные данные от *ESC* по тому же проводу.

Motor Poles - количество постоянных магнитов, установленных в колоколе двигателя



ИНФОРМАЦИЯ

Большие двигатели, такие как 2207 или 2306, имеют 14 магнитов, в то время как 1103 и меньшие двигатели имеют 12 магнитов. Количество магнитов обычно изменяется с 12 до 14 в моторах типоразмера 14xx/15xx.

Motor idle (% static) - устанавливает минимальное значение мощности двигателя, чтобы обеспечить плавное ускорение двигателя с холостого хода без задержки и без потери контроля.

3D ESC/Motor features - 3D позволяет двигателям работать в обоих направлениях, что дает возможность перевернутого полета. Нулевое положение газа теперь находится в положении 50 % стика, а самое низкое положение стика теперь дает максимально отрицательное положение газа, а максимально положительное положение газа находится в самом *высоком* положении стика.

■ РЕЖИМ ТЕСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

ОПАСНОСТЬ

Будьте осторожны при стендовых испытаниях моторов обязательно снимите пропеллеры, будьте осторожны при использовании *Lipo* батареи.

Пальцы для лопастей это сосиски!!!

Пожалуйста, будьте осторожны!

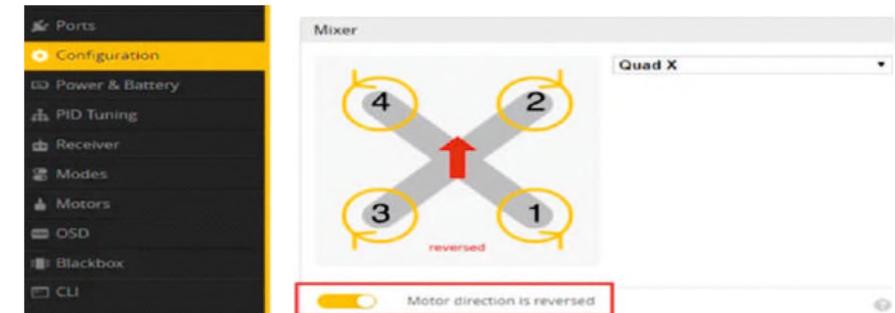
РЕЖИМ ТЕСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Визуализация текущего вращения мотора.

Пропеллеры должны быть сняты перед тестированием моторов. После подключения батареи и включения ESC моторы можно крутить с помощью ползунков.

Если моторы крутятся не правильно (правильное вращение моторов есть на изображении), нужно воспользоваться **Motor direction**.

На изображении пример порядка нумерации двигателей



Вот правильный порядок расположения двигателей и их вращение:

двигатель 1 сзади справа

двигатель 2 спереди справа

двигатель 3 сзади слева

двигатель 4 спереди слева

Единственное, что вам нужно изменить, это протокол *ESC/Motor Protocol*. Если вы используете ЭСК *BLHeli_S* или *BLHeli_32*, рекомендуется использовать протокол *Dshot*.

В качестве эмпирического правила выберите:

DShot600 для 8KHz *loop time*

DShot300 для 3,2КГц / 4КГц

DShot150 для 1,6КГц / 2КГц

Рекомендуется держать опцию "**MOTOR_STOP**" отключенной, иначе вы не сможете определить, включен ли ваш квадрокоптер на *arm*. Остальные параметры можно просто оставить по умолчанию.

Нажмите *Save and Reboot* (*Сохранить и перезагрузить*), затем снова вернитесь на вкладку *Motor*.

НАПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ В BETA FLIGHT

Зачем менять направление вращения двигателей/пропеллеров в квадрокоптере?

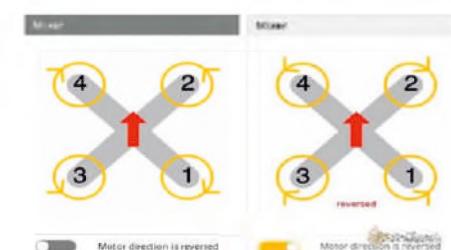
В этой статье мы обсудим некоторые преимущества варианта «**пропеллеры наружу**» (обратного вращения двигателей) для FPV-дрона в сравнении с конфигурацией «**пропеллеры внутрь**», которая используется по умолчанию.

Аэродинамические преимущества

Согласно настройкам по умолчанию, в *Betaflight* для квадрокоптеров выставлено использование «**пропеллеров внутрь**» (*props in*), что является стандартным направлением вращения двигателей. Если вы желаете изменить вращение всех моторов на противоположное (мы называем это «**пропеллеры наружу**» – *props out*), вы должны включить опцию «**Обратное вращение двигателей**» (*Motor direction is reversed*) на вкладке «**Конфигурация**» (*Configuration*). Вам также потребуется изменить настройки контроллера скорости (*ESC*), о чем будет рассказано чуть позднее.

Попробуем объяснить, почему вы можете захотеть изменить дефолтные настройки и использовать «**пропеллеры наружу**».

Одним из основных преимуществ обратного вращения двигателя и пропеллера будет аэродинамика.



Центр тяги

Когда пропеллер вращается в неподвижном положении дрона, центр тяги находится прямо посередине (то есть на втулке пропеллера). Но когда квадрокоптер начинает лететь вперед, на пропеллер действуют силы сопротивления воздуха, которые смещают центр тяги на наступающую лопасть (красные кружки на главной иллюстрации к статье). Это означает, что наступающая лопасть будет создавать больше тяги и втягивать больше воздуха, чем возвращающая лопасть.

На передних двух пропеллерах центр тяги расположен снаружи, а у задних винтов – внутри. Чем быстрее летит беспилотник, тем дальше центр тяги от втулки. Это значит, что задние пропеллеры дрона будут работать менее эффективно, чем передние, согласно принципу моментов.

РЕЖИМ ТЕСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Воздушное возмущение

Более того, воздушная турбулентность от передних пропеллеров может привести к тому, что задние пропеллеры будут работать еще менее эффективно. (Именно для решения этой проблемы была разработана рама *Stretch X*, в которой передние двигатели расположены на значительно удалении от задних).

При обратном вращении двигателей центр тяги передних пропеллеров теперь направлен внутрь, а задних пропеллеров – наружу, и это компенсирует ущерб, который мы получаем из-за бурного возмущения воздуха от передних винтов.

Улучшенная маневренность в рыскании

При перевернутом вращении тыльные моторы с меньшей вероятностью «заглохнут» на крутых поворотах рыскания. Эффект особенно заметен на квадрокоптерах меньшего размера, таких как *Tiny Whoop* и других микродронах.

Однако...

Эти преимущества не будут иметь большого значения во время зависания или при выполнении фигур высшего пилотажа, когда пропеллеры могут вращаться в обоих направлениях.

Другие преимущества

Одной из этих причин может быть достаточно, чтобы заставить вас испытать вариант «пропеллеры наружу» на своем аппарате.

Поскольку передние винты вращаются не в сторону *FPV*-камеры, а наружу, объектив камеры не будет собирать с вентиляторов грязь, траву или воду. Впрочем, все это примет на себя блок полетного контроллера.

Но если вы используете режим «черепахи», то обратная конфигурация пропеллеров может сыграть негативную роль. При попытке вернуть перевернутый дрон в правильное положение пропеллеры будут вращаться внутрь и с большей вероятностью запачкают ваш объектив.

При обратном вращении у вас также меньше шансов зацепиться за ворота или за ветки, так как при столкновении пропеллеры будут просто отталкиваться от препятствий.

Отметим еще один положительный момент в изменении вращения пропеллера. Многие из нас часто сталкивались с ситуациями, когда у нас нет никаких пропеллеров, вращающихся по часовой стрелке (*CW*), зато остается много винтов с вращением против часовой стрелки (*CCW*), либо наоборот. Причина заключается в том, что мы левши или правши, а потому склонны инстинктивно делать больше поворотов в одном определенном направлении. Теперь мы можем просто изменить вращение и продолжать полеты.

Как изменить вращение двигателей на противоположное?

Вот как установить «пропеллеры наружу» для квадрокоптера в *Betaflight*.

Важно! В целях безопасности удалите все пропеллеры перед тем, как продолжить!

В конфигураторе *Betaflight* активируйте опцию «Обратное вращение двигателей» (*Motor Direction is Reversed*). Затем установите пропеллеры в обратном порядке: пропеллеры *CW* вместо *CCW* и наоборот. Но не ставьте их вверх ногами.

Не мешает лишний раз проверить настройку обратного вращения двигателей в *Betaflight* после того, как вы прошивали или обновляли прошивку полетного контроллера (*FC*), иногда настройки сбрасываются после прошивки.

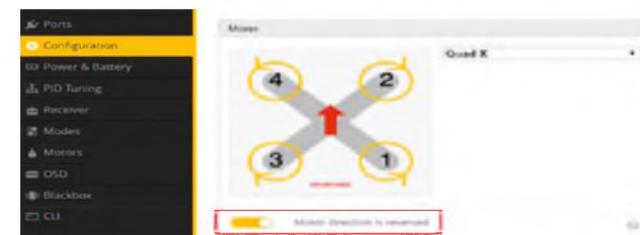
Можно ли рекомендовать конфигурацию «пропеллеры наружу»?

Да и нет.

На крупных квадрокоптерах (3-дюймовых и больше) лучше летать с дефолтной настройкой вращения («пропеллеры внутрь»),

поскольку преимущество реверсивного вращения почти не заметно. К тому же, всякий раз после обновления прошивки придется перенастраивать дрон.

Однако для микродронов (меньше 3 дюймов), таких как *Tiny Whoop* и «зубочистки», лучше использовать обратное вращение («пропеллеры наружу»). Ваши усилия будут вознаграждены улучшением летных характеристик.



ВКЛАДКА ЭКРАННОЕ МЕНЮ

Теперь перейдите на вкладку **OSD** на левой панели.

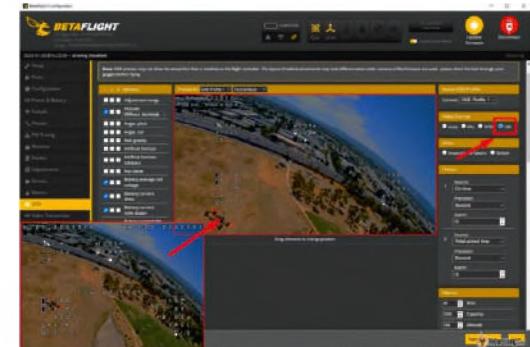
Если вы используете системы *DJI / Avatar / HDZero FPV*, обязательно переключитесь на формат *HD*-видео, это даст правильный размер шрифта и экрана, он будет выглядеть намного лучше.

Для аналоговых систем просто выберите *Auto* (или *PAL/NTSC*, если вы знаете, какой у вас тип камеры).

Настроив **OSD**, вы сможете выводить на экран важные данные о полете, такие как напряжение и таймер.

Можно ввести в командную строку стандартные данные **OSD**:

```
set osd_vbat_pos = 2467
set osd_link_quality_pos = 2114
set osd_rssi_dbm_pos = 2082
set osd_time_2_pos = 2486
set osd_throttle_pos = 2104
set osd_current_pos = 2135
set osd_mah_drawn_pos = 2403
set osd_warnings_pos = 14633
set osd_avg_cell_voltage_pos = 2435
save
```



Так выглядит экранное меню в очках.

Если вы используете аналоговый видеопередатчик и хотите менять канал и мощность в экранном меню, то вам необходимо настроить таблицу *VTX*. Это не относится к цифровым *FPV*-системам (*DJI/HDZero/Avatar*).

Существует 3 способа загрузки таблиц *VTX*:

- выбрать предустановку *VTX Table* на вкладке **Presets**
- загрузить JSON-файл на вкладке «**Видеопередатчик**»
- вставить фрагмент кода в *CLI* (мой предпочтительный способ)

Обычно вы можете найти JSON-файл или *CLI*-snippet таблицы *VTX* для вашего конкретного *VTX* на соответствующей странице продукта, если нет, вы можете просто погуглить.

Прошивка.

Обязательно сохранить заводские настройки в текстовом формате через командную строку, в командной строке написать «*dump*» появившуюся информацию сохранить в текстовый документ.

Инструкция по перепрошивке:

На момент написания инструкции, основная прошивка, которая стоит на всех дронах – 4.4.0. Данная версия прошивки ограничивает работу с программой *Betaflight configurator* (в частности взаимодействие с вкладкой «Сервоприводы»). Для устранения этих ограничений необходимо прошить дрон до версии 4.4.2.

1. Для этого, подключаем химеру к компьютеру;
2. Включаем *Betaflight configurator*;
3. Перед началом работы необходимо сохранить все настройки. Для этого заходим в раздел «**Командная строка**» и прописываем команду «*dump*»;
4. Нажимаем кнопку «**Сохранить в файл**» в правом нижнем углу и называем так, чтобы в будущем было понятно, что это;
5. В первом меню, до нажатия кнопки «**Подключиться**», в левой части экрана нажимаем на кнопку «**Программатор**»;
6. В открывшемся экране, в поле «**Выберите полётный контроллер**», выбираем название полётного контроллера дрона;
7. Автоматически, в зависимости от полётного контроллера, подбирается самая актуальная прошивка, если этого не произошло, можно выбрать её вручную;
8. Необходимо отметить позицию «**Полное стирание чипа**»;

ВКЛАДКА ЭКРАННОЕ МЕНЮ

Инструкция по перепрограммированию:

9. В конечном итоге заполненные поля должны выглядеть так (рис. 1)
Спускаемся ниже в разделе «**Radio protocol**» ставим *CRSF*;
10. В разделе «**Other Options**» добавляем позицию «**Servo**»;
11. «**Telemetry protocol**» должен стоять - «**None**»;
12. «**Motor Protocol**» - *DSHOT*;
- 13.



- 14.
15. В нижней части экрана нажимаем кнопку «**Загрузить прошивку (online)**» для этого понадобиться подключение к интернету;
16. Если прошивка загрузилась правильно, в левом нижнем углу появится надпись;

Loaded Online Firmware: betaflight_4.4.2_STM32F7X2_IFLIGHT_BLITZ_F722_7f5062a8.hex

17. Теперь для нажатия доступна кнопка «**Прошить прошивку**», кликаем на неё;
18. Если возникло это сообщение в нижнем левом углу, значит нужно перевести полётный контроллер в режим загрузчика;
19. Для того, чтобы это сделать понадобится специальная программа, которая принудительно переводит полётный контроллер в режим загрузчика;
20. Чтобы добыть эту программу, необходимо перейти на начальной странице во вкладку «**Приветствие**» и нажать как указано здесь в разделе «**Исправление драйверов**» нажать на надпись «**Исправление драйверов ImpulseRC**»;
21. Выключаем *Betaflight configurator*, физически отключаем дрон от ПК, запускаем программу, которую только что установили;
22. Программа ищет контроллер, после того, как высветится эта строка, подключаем дрон к ПК. Если всё прошло правильно, то после надписи «**Installing DFU drivers**» программа закроется и в *Betaflight configurator* в верхнем правом углу появится надпись как на изображении;



For legacy hardware using a CP210x USB to serial chip
The latest CP210x Drivers can be downloaded from [here](#)
The latest Zadig 2.0 Windows USB driver update can be downloaded from [here](#)
ImpulseRC Driver Fixer can be downloaded [here](#) ←



23. Повторяем пункты 6-15. Сначала вся информация с полётного контроллера будет стёрта, затем установится новая, и в конце должно появиться это сообщение;

Прошивка: УСПЕШНО

Конфигуратор: 10.9.0 (697943б)

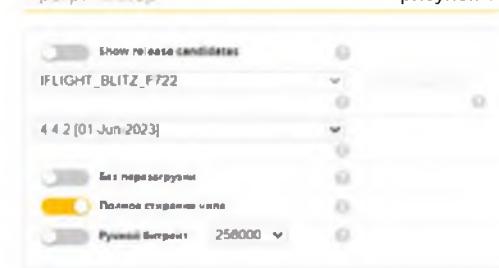
Прошивка: 4.4.2 BTFL

Target: IFRC/IFLIGHT_BLITZ_F722(STM32F7X2)

рисунок 2

24. Чтобы проверить корректность работы, подключаемся к полётному контроллеру (кнопка «**Подключиться**» в верхнем правом углу, рис. 2);
25. Если прошивка 4.4.2 (на момент написания инструкции), значит всё прошло правильно;
26. Теперь нужно восстановить все настройки. Для этого снова заходим в командную строку и загружаем файл, который создали в пункте 4 (через кнопку «**Загрузить из файла**», в конце не забудьте прописать «**Save**»).

рисунок 1



Вкладка Экранное меню

Экспертный режим

Включив режим эксперта в верхней части окна, вы получите доступ к дополнительным вкладкам на левой панели и расширенным настройкам. Однако для первого полета вам обычно не нужно трогать ни одну из этих настроек.

Командная строка

консоль (CLI) в Betaflight

Что такое Betaflight CLI?

CLI расшифровывается как *command line interface* (интерфейс командной строки), это режим настройки, который даёт вам прямой доступ ко всем параметрам прошивки. **CLI** - это очень мощный инструмент, но он может напугать технически менее подкованных пользователей. В этом руководстве мы расскажем, как и зачем использовать консоль Betaflight.

Зачем нужна консоль (CLI)?

Консоль (или командная строка) появилась еще во времена *Beseflight*, и до сих пор существует в *CleanFlight*, *Betaflight*, *iNav*, *Butterflight* и т.д.

Из-за большого количества параметров в этих прошивках, очень непросто сделать простой графический интерфейс для них всех.

Так что есть смысл в графическом интерфейсе отобразить только самые часто используемые, а остальное позволить менять через консоль.

Ещё одно преимущество командной строки в том, что при помощи её можно легко и просто сделать резервную копию всех настроек в обычном текстовом файле, подробнее про это будет написано ниже.



Команды можно вводить в текстовом поле (в самом низу экрана), а нажатие клавиши «Enter» исполняет их.

После того, как вы поменяли параметры, нужно набрать команду «**save**» для сохранения настроек. Если вы выйдете из консоли без исполнения этой команды, то все сделанные изменения могут быть потеряны.

Для выхода из консоли, просто наберите «**exit**» и нажмите «Enter», или кликните на другой закладке или отключите (disconnect) полетный контроллер и подключите заново.

Как проверить настройки в консоли?

Первые команды, которые лучше запомнить — это «**dump**» и «**diff**». Команда «**dump**» просто выведет все параметры и их значения. Как

вы и подумали, список будет внушительный.

Если же вы хотите увидеть только те параметры, которые поменялись (*текущие значения не равны значениям по умолчанию*), тогда введите «**diff**». Этот список прочесть значительно проще, особенно если вы хотите проверить ранее сделанные изменения.

Резервное копирование и восстановление настроек Betaflight через CLI

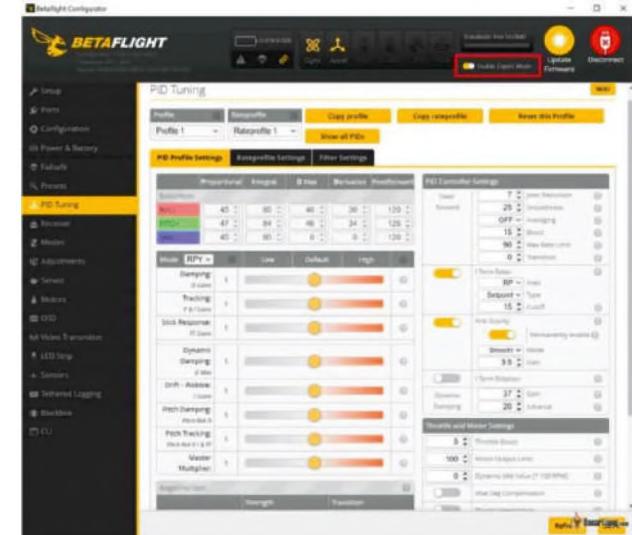
Очень хорошая привычка - делать резервную копию настроек Betaflight каждый раз перед внесением изменений, если что-то пойдет не так, что вы сможете откатить всё назад.

Чтобы сделать резервную копию введите «**diff all**» и скопируйте полученный результат в текстовый файл.

Чтобы восстановить, просто вставьте содержимое файла в консоль и нажмите «Enter». Не забудьте сохранить внесенные изменения перед закрытием консоли.

Команды CLI Command Line Interface

Большими буквами или маленькими, команда будет выполняться одинаково!



КОМАНДЫ CLI COMMAND LINE INTERFACE

Большими буквами или маленькими, команда будет выполняться одинаково!

КОМАНДА

ОПИСАНИЕ

bl (или boot loader)

перевести Ваш полетный контроллер в режим DFU

aux

установить настройки aux

dump

полный бекап настроек ПК в виде текстового файла

diff

сохраняет настройки, которые отличны от тех, что по умолчанию.

Сохраняет также только текущий профиль PID

diffall

сохраняет настройки, которые отличны от тех, что по умолчанию.

Сохраняет также все профили PID

feature

отобразит что у Вас включено из дополнительных возможностей, например:
"Enabled: RX_SERIAL TELEMETRY OSD ANTI_GRAVITY DYNAMIC_FILTER"

help

отобразить все команды

map

покажет таблицу каналов, например, AETRI234

mixer

Покажет тип Вашего квадрокоптера

motor

покажет к каким каналам привязаны моторы (для ремаппинга, например)

save

сохранить настройки и перезагрузиться

status

показать статус системы

version

показать версию

servo

настройки сервоприводов

sd_info

информация о sd-карте

tasks

показать статистику

save to file

Сохранить в файл

board _name

Название таргета это файл описания конфигурации полетника

■ БАТАРЕЙКИ + ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ

■ ПОНИМАНИЕ ОСНОВ РАБОТЫ С АККУМУЛЯТОРАМИ LIPO

Литий-полимерные аккумуляторы, или *LiPo*-батареи, отличаются исключительным соотношением мощности и веса, что делает их идеальным выбором для беспилотных летательных аппаратов *FPV*.

Напряжение батареи *LiPo*

Батареи *LiPo* состоят из отдельных элементов, номинальное напряжение каждого из которых составляет 3,7 В, что указано на этикетке батареи.

Аккумулятор *LiPo* предназначен для безопасной работы в определенном диапазоне напряжений, обычно от 3,0 В до 4,2 В. Перезаряд аккумулятора *LiPo* выше 4,2 В опасен и может привести к возгоранию. Разрядка ниже 3 В может привести к необратимому снижению производительности или *повреждению* батареи. Это минимальное напряжение также называется *напряжением отключения*. Обычно рекомендуется прекратить разрядку, когда напряжение батареи достигнет 3,5 В на элемент, чтобы продлить срок ее службы.



Количество элементов

Батареи *LiPo* могут содержать несколько элементов. Рейтинг 'S' на батарее относится к количеству элементов, которые в ней есть. Итак, батарея 6S имеет шесть элементов, батарея 4S - четыре и так далее. Поскольку номинальное напряжение каждого элемента составляет 3,7 В, батарея 4S имеет номинальное напряжение $4 * 3,7 \text{ В} = 14,8 \text{ В}$, в то время как батарея 6S имеет номинальное напряжение $6 * 3,7 \text{ В} = 22,2 \text{ В}$.

 Напряжение батареи напрямую влияет на скорость двигателя, поэтому использование батареи с большим количеством элементов может увеличить мощность вашего дрона (при условии, что дрон поддерживает более высокое напряжение). Однако добавление большего количества элементов также делает батарею тяжелее и дороже.

В хобби обычно называют батареи по количеству элементов или обозначению "S":

1S = 1 элемент = 3,7 В

2S = 2 элемента = 7,4 В

3S = 3 элемента = 11,1 В

4S = 4 элемента = 14,8 В

5S = 5 элементов = 18,5 В

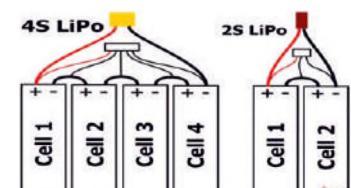
6S = 6 элементов = 22,2 В

Например, батарею напряжением 14,8 В "4-элементной" или просто "4S" батареей.

Последовательное подключение двух одинаковых аккумуляторов удваивает напряжение, но не изменяет емкость (например, две последовательно соединенные батареи емкостью 2S 1000 мАч превращаются в батарею емкостью 4S 1000 мАч). Параллельное подключение удваивает емкость при сохранении того же напряжения (например, аккумулятор 2S емкостью 2000 мАч).

В *LiPos* также может использоваться обозначение "P" для напряжения, причем "P" указывает на количество параллельных ячеек. 2S1P означает "2 ячейки последовательно и 1 ячейка параллельно". Если у батареи нет "P", предполагается, что это "1P", поэтому 2S1P и 2S - это одно и то же.

3S2P означает "3 элемента последовательно и 2 элемента параллельно". Эта батарея имеет в общей сложности 6 элементов, с 2 параллельными группами элементов, каждая из которых содержит по 3 элемента последовательно.



ПОНИМАНИЕ ОСНОВ РАБОТЫ С АККУМУЛЯТОРАМИ LIPO

Вместимость

Емкость аккумулятора LiPo, измеряемая в **mAч** (миллиампер-час), показывает, какой ток вы можете непрерывно получать от аккумулятора в течение часа, пока он не разрядится. Обратите внимание, что 1000 mAч равно 1 Ач. Например, для полной разрядки аккумулятора емкостью 1300 mAч (или 1,3 Ач) потребуется час, если вы потребляете от него постоянный ток 1,3 А. Если текущее напряжение удвоится до 2,6 А, продолжительность сократится вдвое ($1,3/2,6=0,5$). Если вы наберете 39А текущего нон-стоп, пачки хватит всего на 2 минуты ($1,3/39=1/30$ часа). Увеличение емкости аккумулятора может увеличить время полета, но компромиссом является более тяжелая батарея большего размера. Вес значительно влияет на время полета самолета, поэтому важно выбрать аккумулятор с оптимальным балансом между емкостью и весом для достижения максимальной эффективности. Аккумуляторы большей емкости также могут обеспечивать более высокие разрядные токи.

Номинал С

Номинал С - это показатель максимального тока, который вы можете безопасно получить от батареи *LiPo*, не причиняя вреда.

Теоретически это можно рассчитать с помощью:

Максимальный потребляемый ток = емкость x Номинал С

Не рекомендуется использовать ток, превышающий указанный в номинале С, так как батарея может перегреться, со временем увеличить внутреннее сопротивление, сократить срок службы батареи или даже вызвать перегрев (возгорание) в экстремальных случаях.

Аккумуляторы с более высокими показателями С, как правило, тяжелее и крупнее даже при одинаковой емкости. Например, эти две батареи 4S емкостью 650 mAч, показанные на изображении, имеют разный вес и размеры из-за различий в показателях С.

Батарея с более высоким классом С обеспечивает лучшую производительность, особенно для требовательных к мощности дронов, но это не всегда лучший выбор. На маломощном крейсерсе дополнительная мощность от аккумулятора с более высоким классом защиты может оказаться *ненужной*, в то время как дополнительный вес может быть контрпродуктивным и привести к *сокращению* времени полета. Все дело в использовании подходящего для работы инструмента.

Хотя рейтинг С мог бы быть полезным инструментом, в последние годы он стал в основном маркетинговым инструментом, поэтому отнеситесь к нему со всей серьезностью. Бренды могут завышать показатели рейтинга С, что делает бессмысленным сравнение между брендами. Тем не менее, это все равно может быть полезно при выборе батареи того же бренда, при условии, что они соответствуют одному стандарту. Пока вы выбираете батареи в соответствии с нашими рекомендациями, рейтинг С не должен вызывать серьезных опасений.

Чрезмерная разрядка и подзарядка

Чрезмерная нагрузка на аккумулятор путем разряда при более высоком токе, чем он рассчитан, в течение длительного времени приводит к *перегреву*. Также полная разрядка приводит к *недееспособности* батареи. Самым большим фактором, влияющим на максимальную скорость разряда батареи, является ее *внутреннее сопротивление*. Высокий уровень *ИК-излучения* приводит к более заметному *падению напряжения* при увеличении газа, явлению, известному как "*провисание напряжения*". При снижении напряжения двигатели теряют обороты, и дрон кажется менее мощным и отзывчивым.

Внутреннее сопротивление

Все электрические компоненты, включая батареи, обладают *сопротивлением*. Сопротивление внутри батареи называется *внутренним сопротивлением (IR)*, которое показывает, насколько батарея сопротивляется протеканию тока. Внутреннее сопротивление можно использовать для измерения характеристик батареи *LiPo*. Меньшее значение *ИК* означает, что батарея может более эффективно обеспечивать питание вашего *FPV*-дрона.

Мониторинг *ИК-излучения* с течением времени также полезен для определения того, когда следует использовать *LiPo*-батарею. *ИК-излучение* *LiPo*-элементов медленно увеличивается со временем и при использовании, что является неизбежным и необратимым процессом.

ПОНИМАНИЕ ОСНОВ РАБОТЫ С АККУМУЛЯТОРАМИ LIPO

Следующие неправильные действия могут ускорить старение батареи:

Зарядный разъем

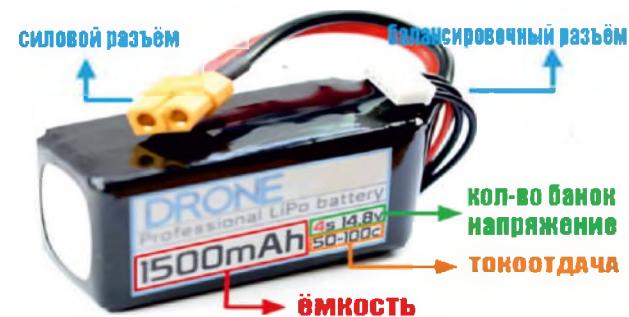
Все аккумуляторы LiPo поставляются с двумя наборами проводов/разъемов:

зарядный разъем (основной вывод) и **балансировочный разъем** (балансировочный вывод). Однако аккумуляторы 1S имеют только **разрядный разъем**, поскольку балансировка не требуется для 1 элемента.



Зарядный провод обычно состоит из двух более толстых красного и черного проводов, используемых для питания FPV-дрона.

Другой набор проводов меньшего размера подключается к белому разъему; это **балансировочный провод**. Количество проводов зависит от количества элементов в батарее.



Наиболее распространенным разрядным разъемом является **XT60**, в основном используемый в 5-дюймовых дронах FPV или больше. Для небольших дронов часто используется **XT30**, уменьшенная версия **XT60**. Они имеют схожие формы, но отличаются размерами и номинальным током.

Балансировочный разъем

Аккумуляторы LiPo с более чем одним элементом всегда будут иметь **балансировочный вывод**, который предназначен для контроля и балансировки напряжений элементов. Официальное название балансировочного разъема - **JST-XH**.

Нужно будет подключить **балансировочный провод** к зарядному устройству во время зарядки. Это позволяет зарядному устройству проверять и балансировать напряжение каждого элемента во время зарядки. Важно, всегда подключайте **балансировочный провод** перед зарядкой!

Количество проводов в выводе баланса начинается с 3 для 2S LiPo, и это число увеличивается на 1 при каждом увеличении количества ячеек:

2S – 3 провода

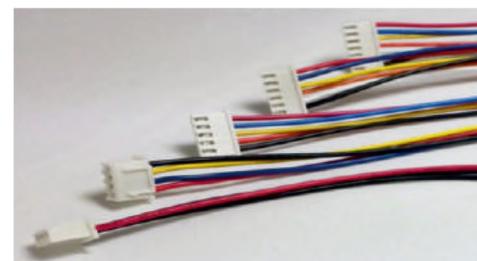
3S – 4 провода

4S – 5 проводов

5S – 6 проводов

6S – 7 проводов

Нередко балансир повреждается вращающимися пропеллерами во время полета.



ТИПЫ БАТАРЕЙ

LiPo

LiPo расшифровывается как **литий-полимерный**, это стандартный химический состав батареи, используемый для гоночных и фристайловых FPV-дронов. Напряжение полной зарядки LiPo составляет 4,2 В, а напряжение заряда аккумулятора - 3,85 В.

LiHV

LiHV - это особый тип LiPo-аккумуляторов, **HV** означает **“высокое напряжение”**. Они более энергоемкие, чем традиционные LiPo-аккумуляторы, и могут заряжаться до 4,35 В на элемент (в отличие от стандартных 4,20 В). Однако существуют неоднозначные отзывы относительно долговечности LiHV-аккумуляторов, поскольку они могут испытывать снижение производительности раньше, чем обычные LiPo. В нашем посте мы сравнили LiHV-аккумуляторы с LiPo с точки зрения производительности. Несмотря на эти опасения, литий-ионные аккумуляторы стали популярным выбором для 1S Tiny Whoops, поскольку влияние более высокого напряжения значительно.

ПОНИМАНИЕ ОСНОВ РАБОТЫ С АККУМУЛЯТОРАМИ LIPO

Литий-ионные

Li-Ion расшифровывается как литий-ионный, обычно имеет гораздо большую емкость по сравнению с *LiPo* того же веса. Из-за своей большей емкости на единицу веса *литий-ионные* аккумуляторы отлично подходят для полетов на большие расстояния. Однако у них гораздо более низкая эффективность разряда, что делает их *непригодными* для агрессивных полетов.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Режимы зарядного устройства

Балансировка заряда:

Во время зарядки аккумулятора зарядное устройство отслеживает напряжение каждого элемента и поддерживает их *сбалансированными*. Это самый безопасный и наиболее рекомендуемый способ зарядки аккумулятора *LiPo*.

Накопительный заряд:

Зарядное устройство подводит каждый элемент к *накопительному* напряжению (которое составляет от 3,80 В до 3,85 В, в зависимости от зарядного устройства).

Разрядка:

Зарядное устройство пытается *разрядить* аккумулятор *LiPo* (этот процесс может быть чрезвычайно медленным, в зависимости от мощности разряда зарядного устройства).

Перед зарядкой всегда подключайте балансировочный провод.

Каждый элемент в батарее имеет небольшие *отличия*, и после полета вы можете обнаружить, что напряжение на элементах *отличается*. Зарядка аккумулятора с несбалансированным напряжением элементов без использования балансировочного провода может привести к тому, что напряжение некоторых элементов *упадет ниже 4,2 В*, а других *превысит 4,2 В, что опасно*.

Заряжать *LiPo* аккумуляторы рекомендуется при токе 1С или ниже, так как это дает наименьшую нагрузку на аккумулятор. Это означает, что ток заряда должен быть *в 1 раз больше* емкости аккумулятора. Например, для *LiPo* емкостью 1500 мАч зарядка при 1С означает установку тока заряда на 1,5 А (1С x 1500 мА), а для батареи емкостью 900 мАч - 0,9 А и так далее.

Выберите безопасное место для зарядки

Очень важно заряжать аккумуляторы в месте, где нет легковоспламеняющихся предметов и материалов. Если вы заряжаете аккумуляторы в помещении, старайтесь делать это возле окна или двери, чтобы в случае пожара можно было *быстро* выбросить аккумулятор.

Неправильное обращение с *LiPo* аккумуляторами может привести к пожару.

Пожалуйста, ознакомьтесь с этими правилами безопасности перед обращением с батареями или их зарядкой:

Берите *LiPo* аккумуляторы за корпус, а не за провода, которые могут быть *оторваны* от хрупких паяных соединений.

Дайте аккумуляторам *полностью остывть* после полета, прежде чем заряжать их.

Никогда не используйте и не заряжайте *поврежденные* или *вздувшиеся* аккумуляторы.

Перед зарядкой убедитесь, что *количество элементов и тип* батареи установлены правильно на зарядном устройстве.

Избегайте *перезарядки*. Хотя умные зарядные устройства обычно могут позаботиться об этом за вас, рекомендуется регулярно проверять напряжение в ячейках.

Храните аккумуляторы вдали от *прямых солнечных лучей*.

Перед зарядкой всегда *извлекайте* аккумулятор из устройства, от которого он питается, и помещайте его в *безопасное место*.

Ни в коем случае не замыкайте выводы батареи.

Как безопасно использовать *LiPo* аккумуляторы

Как долго вы можете оставлять *LiPo* аккумуляторы *полностью заряженными*?

Можно заряжать аккумуляторы за день до полетов. Однако, если не летать в ближайшие пару дней, нужно вернуть аккумуляторы к напряжению хранения (например, 3,8 В на элемент).

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Не оставляйте их полностью заряженными или разряженными на длительное время. Батареи, не находящиеся под напряжением хранения, со временем деградируют быстрее. Как правило, большинство людей считают приемлемым оставлять батареи полностью заряженными или разряженными на несколько дней. Однако если вы не планируете летать дольше пары недель, лучше поставить батареи на режим ХРАНЕНИЕ. Большинство современных зарядных устройств легко справляются с этой задачей, но разрядка может быть медленной.

Температура эксплуатации

Липовые аккумуляторы для FPV дронов оптимально работают при температуре от 30 до 60 °C. Холодная погода негативно влияет на работу LiPo аккумуляторов, что приводит к просадке напряжения и сокращению времени полета. Перед полетом держите батареи в тепле (например, положив их в карман).

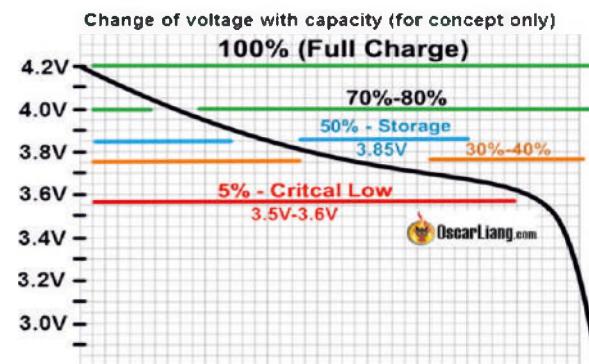
LiPo аккумуляторы также страдают от чрезмерной жары: они могут вздуться или даже загореться. Не оставляйте их летом под прямыми солнечными лучами!

Когда сажать дрон

Сажать дрон следует, когда напряжение аккумулятора достигнет 3,5-3,6 В.

Хотя вы можете продолжать полеты при более низком напряжении, это создает дополнительную нагрузку на батарею и может сократить срок ее службы. Все элементы в батарее разные, и во время резкого дросселирования батарея проседает, причем некоторые элементы проседают больше, чем другие. Это может привести к тому, что напряжение в ячейках опустится ниже безопасного предела и вызовет повреждение. Посадка при напряжении около 3,5 В снижает риск такого развития событий.

Еще одна причина для ранней посадки заключается в том, что напряжение значительно быстрее падает ниже 3,5 В. Продолжение полета может привести к чрезмерной разрядке аккумулятора до того, как вы сможете безопасно приземлиться. Переразрядка может привести к необратимым повреждениям и сократить срок службы батареи.



Как хранить LiPo аккумуляторы

Как уже говорилось ранее, если вы не планируете использовать LiPo аккумулятор в течение длительного времени (например, дольше нескольких недель), вам следует:

- Зарядить его до 3,8-3,85 В
- Хранить его в пожаробезопасном месте (в мешках для LiPo, коробке для боеприпасов и т.д.)
- Хранить при комнатной температуре - слишком холодные или горячие условия могут повлиять на срок службы и безопасность батареи.

Когда напряжение LiPo-элемента составляет около 3,8-3,85 В, он заряжен примерно на 40-50%. Это наиболее стабильное состояние для LiPo аккумулятора, поэтому новые аккумуляторы из магазинов обычно приходят наполовину заряженными.

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Радиоприемник Radiomaster Boxer - это отличный баланс между эргономикой, размером, функциональностью и удобством использования. Он оснащен полноразмерными имбалаами, большим количеством переключателей, встроенным модулем ELRS мощностью 1 Вт, большим батарейным отсеком и съемной антенной.

В комплект поставки Boxer входят следующие аксессуары:

- 1 x чехол для переноски
- 1 x Антенна
- 1 x Кабель USB-C
- 1 x 1,5 мм шестигранный ключ
- 2 x Винты M4*4 (запасные)
- 4 x Пружины низкого натяжения (запасные)
- 1 x Наклейки
- 1 x Руководство

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

В комплект также входит пластиковый протектор кардана, отлитый под давлением, но я не получил его вместе с образцом для обзора, поэтому не могу показать вам. Но вот фотография протектора кардана, который вы получите при покупке Boxer. Он также защищает переключатели, обеспечивая безопасность радиостанции при транспортировке. Обратите внимание, что аккумуляторы в комплект не входят. В качестве альтернативы можно приобрести LiPo аккумулятор 2S 6200mAh (от Radiomaster, от GetFPV), который имеет вдвое большую емкость, чем два обычных 18650, так что теоретически вы должны получить вдвое больше времени работы с ним.



ПРЕЖДЕ ВСЕГО, нужно скопировать данные MicroSD, флешки в комплекте не славятся надежностью.

Технические характеристики и особенности

Радиостанция Radiomaster Boxer поставляется с предустановленной программой EdgeTX V2.8.0, а внутренний модуль ELRS RF Module имеет версию V3.0.1. Обе программы являются передовым программным обеспечением в области радиотехнологий.

Технические характеристики:

- Мощный процессор STM32F407VGT6 с 1 МБ оперативной памяти
- Рабочая частота: 2,400 ГГц-2,480 ГГц
- Внутренние радиочастотные версии: CC2500 / 4-в-1 мультипротокол / ELRS
- Максимальная мощность передачи для CC2500 и 4IN1: 20 дБм (100 мВт)
- Максимальная мощность передачи для ExpressLRS: 30dBm (1W, или для пилотов FPV это 1000mW :-p)
- Встроенный вентилятор охлаждения для внутреннего модуля ELRS RF
- До 16 каналов (зависит от приемника)
- Диапазон входного напряжения: 6.6V - 8.4V DC
- Поддерживаемые аккумуляторы: 2S LiPo или два 18650 литий-ионных элемента (аккумуляторы в комплект не входят)
- Поддержка быстрой зарядки QC3.0 с током заряда до 2A при 5V
- Монохромный ЖК-дисплей 128*64
- Имбалы с датчиком Холла и регулировкой натяжения спереди
- Возможность установки внешнего отсека для модулей - совместимость с модулями JR/FrSKY/Crossfire
- Размер: 235*178*77 мм
- Вес: 532,5 г
- 529 г без батареи
- 638 г с двумя 18650
- 727 г с 2S 6200mAh LiPo

Регулировка натяжения стиков очень удобна для Boxer, вы можете сделать это спереди, не нужно разбирать пульт. Перед использованием необходимо откалибровать стики, так же стоит сделать это после прошивки EdgeTX/OpenTX. Снова перейдите на страницу Radio Setup, затем несколько раз нажмите кнопку "**PAGE**", чтобы перейти на страницу "**HARDWARE**", выберите опцию "**Calibration**", чтобы откалибровать стики и слайдеры. Просто следуйте инструкциям, это довольно просто.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Убедитесь, что вы перемещаете стики *только так*, как показано на следующем изображении. Для достижения *наилучшего результата* не двигайте стики по кругу. Нажимайте на стики *как можно мягче*, чтобы радиоприемник правильно считывал конечные точки.



Important Note on STICK Calibration.

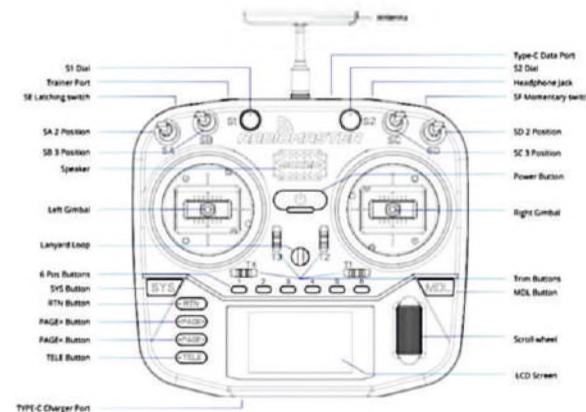
Use a left / right / up / down pattern when calibrating the sticks for the most accurate calibration.

Do not make a circular motion when calibrating sticks.



Переключатели и кнопки меню

На передней панели расположены *четыре* переключателя, по одному двухпозиционному и трехпозиционному с каждой стороны. Два вращающихся циферблата в центре. Кнопка питания расположена в центре между двумя имбальами, под ней находится цветной светодиодный индикатор.



В верхних углах расположены еще два низкопрофильных переключателя - фиксирующий (*SE*) в левом верхнем углу и кратковременный (*SF*) в правом верхнем углу.

В нижней части радиоприемника, между имбалами и экраном, находятся *6* кнопок, отвечающих за режимы полета. Вы также можете назначить на эти кнопки *другие функции* в разделе **"Специальные функции"**, например, воспроизведение музыки/звука/телеметрии или создание скриншотов.

Расположение кнопок меню и колесо прокрутки довольно *стандартное*, как и у других радиостанций *Radiomaster*, очень простое и интуитивно понятное в использовании. Колесо прокрутки выполнено из металла и кажется *прочным и качественным*.

Экран представляет собой монохромный ЖК-дисплей, немного меньше, чем в *Radiomaster Zorro*, но имеет такое же разрешение *128x64px*. Он имеет яркую подсветку и хорошо виден под прямыми солнечными лучами. Съемная антенна *T-образной формы* может быть согнута под углом для оптимального приема. Это та же антенна, которая поставляется с модулями *Radiomaster Ranger Micro/Nano*. Это антенна с относительно *низким коэффициентом усиления* (3,43 dB_i), которая обеспечивает *равномерный сигнал* по всему периметру пилота.

Boxer имеет разъем *RP-SMA*, вы можете снять антенну для транспортировки или поменять ее на антенну с более *высоким коэффициентом усиления*.

Если вам нужна антенна с более *высоким коэффициентом усиления* для большей дальности, вот хороший вариант:

(5,98dBi). Теоретически это даст вам до 38 % увеличения максимальной дальности за счет уменьшения дальности над/под собой.

На верхней панели радиоприемника вы также найдете порт *Trainer*, порт *USB* для передачи данных, позволяющий подключать *SD*-карты и играть в симуляторы, а также разъем для наушников.



ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Пояснения к предупреждению о возможном запуске

Чтобы включить пульт, удерживайте кнопку питания в течение 3 секунд.

Совершенно новый пульт не должен выдавать никаких предупреждений при первом включении, но на случай, если это произойдет, вот список возможных предупреждений и их значение.

Предупреждение о положении стика - при включении радиоприемника дросельная заслонка не находится в самом нижнем положении. Просто переместите дросельную заслонку (левую) до упора вниз, и вы избавитесь от этого предупреждения.

Предупреждение о переключателях (также известное как предупреждение об управлении) - некоторые переключатели не находятся в своих стандартных положениях. Чтобы убрать это предупреждение, просто переведите все переключатели в положение UP (толкните от себя).

Предупреждение о карте SD - версия содержимого карты SD не соответствует версии прошивки.

Профиль модели

Boxer поставляется с несколькими профилями моделей, предварительно созданными для вас из коробки. Вы можете использовать один из них в зависимости от того, какой тип модели вы собираетесь пилотировать. Чтобы посмотреть, какие профили моделей доступны, вы можете перейти туда, удерживая кнопку *MDL*.

Для *FPV* дронов вы можете просто использовать профиль "**Boxer**", в нем уже включен внутренний радиочастотный модуль (*ExpressLRS*), а все элементы управления и переключатели назначены на соответствующие каналы в *MIXES*.

Создание профиля для FPV-симуляторов

Если вы планируете играть в *FPV*-симуляторы с этим пультом, рекомендовано создать специальный профиль модели с отключенным внутренним и внешним *RF*-модулем.

Для этого просто скопируйте профиль *Boxer* и создайте дубликат профиля. Затем установите в настройках модели значение "**Выключено**" как для внутреннего, так и для внешнего *RF*.

Энергопотребление

Энергопотребление *Boxer* при напряжении 7,4 В, он потребляет около 0,48 А при выходной мощности 1 Вт (версия *ELRS*, без подсветки экрана):

2S 6200mAh LiPo батареи могут дать вам более 12 часов!

Если использовать выходную мощность 25 мВт (0,3 А при 7,4 В), можно получить до **20 часов** автономной работы .

Вы можете заряжать как липовые, так и литий-ионные аккумуляторы внутри радиостанции через порт *USB-C*, расположенный в нижней части радиостанции. Зарядка аккумуляторов поддерживает стандарт *QC3.0*. В ходе моих тестов рация смогла выдать до 9,6 Вт (около 1,9 А при 5 В) с помощью адаптера питания с поддержкой *QC*. Для 2S 6200mAh *LiPo* потребуется не менее 6 часов. Если вы торопитесь, то, вероятно, будет быстрее извлечь аккумуляторы из радиостанции и зарядить их на подходящем зарядном устройстве для *LiPo* (например, для зарядки на 1С потребуется всего час).

Продуманная конструкция Radiomaster - в крышке батарейного отсека есть пара прорезей, через которые можно пропустить провод питания *XT30*, чтобы подключить его к внешнему модулю (если вы его используете).

Boxer поддерживает внешний модуль *JR*, совместимый с такими модулями, как *Crossfire*, другими модулями *ExpressLRS*, *Ghost*, *Tracer* и т.д.

Radiomaster Boxer имеет слот для *SD*-карты внутри **батарейного отсека**, карта *micro SD* объемом 256 МБ входит в комплект поставки *Boxer*.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Тестирование выходной мощности

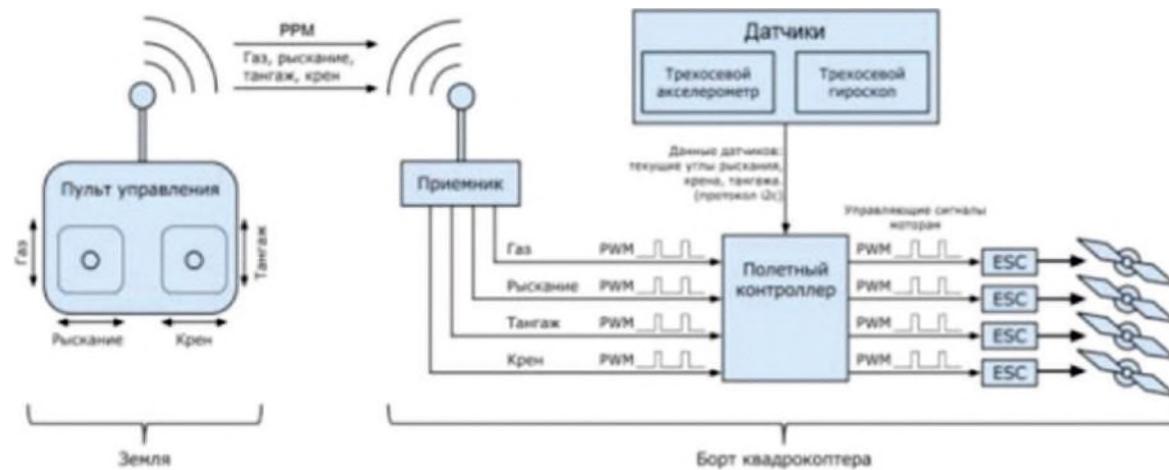
Выходная мощность (в мВт) и потребляемый ток при напряжении 7,4 В (только внутренний радиочастотный модуль) при различных уровнях мощности:

Power Levels	25mW	50mW	100mW	250mW	500mW	1000mW
Boxer						
Internal Module	24 (0.22A)	53 (0.24A)	97 (0.26A)	212 (0.28A)	435 (0.32A)	932 (0.4A)

Принципы работы

Каналы связи. Число каналов - это количество функций летательного аппарата, которыми вообще возможно управлять. Каждая функция: газ, направление движения, угол тангажа и крена требует отдельный канал взаимодействия. Для комфорного управления коптером требуется минимум 4 канала

Приёмник - устройство, предназначенное для радиоприёма, т.е. для выделения сигналов из радиоизлучения. Приёмник устанавливается на коптере, принимает сигнал с пульта и передаёт его в полётный контроллер. Для его работы необходимы антенны.



Bind

Рассмотрим два варианта биндинга передатчиков (TX) /приемников (RX) в системе ExpressLRS: ExpressLRS ПРОЦЕСС СОПРЯЖЕНИЯ (BINDING) ExpressLRS и TBS Crossfire

Сопряжение по биндинг-фразе (BINDING PHRASE). Передатчик и приемник связываются одной фразой (уловно-паролем) - предпочтительней в плане безопасности (не угонят коптер).

Ручной - бинд без бинд-фразы.

ExpressLRS ПРОЦЕСС СОПРЯЖЕНИЯ (BINDING) ExpressLRS и TBS Crossfire

Для начала - определяем версию прошивки RX/TX

Проверить версии прошивки приемника на коптере и передатчика на аппаратуре. Прошивки имеют вид версии 3.2.4

3 - мажорная, полностью измененная с существенными изменениями не поддерживающие предыдущие версии.

2 - не измененная, но добавлены фишки, незначительные изменения.

4 - фиксы багов.

В рамках одной верхней прошивки (мажорной версии) 3 - можно забиндить, если разные значения - нет. Например, версию 3.2.4 можно биндить с версией 3.1.5, но не получится забиндить с версией 2.3.4. или 5.3.1

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Для начала - определяем версию прошивки RX/TX

Как проверить версию передатчика(TX) на аппаратуре:

Нажать **SYS** (кнопка системных настроек) - меню **TOOLS** - выбрать **ExpressLRS**, пролистать до конца - будет версия прошивки.

Если **ExpressLRS** покажет статус «**Loading**» - значит не включен передатчик на аппаратуре (внешний или внутренний(- включить *Internal CRSF*).

Как проверить версию приемника(RX) на коптере:

- Подключить аккумулятор !!! Желательно, особенно на цифровых видео-передатчиках, необходимо обдувать(холодный фен, вентилятор) видеопередатчик или отключить его, т.к может сгореть от перегрева (имеет только пассивное охлаждение)
- Подождать 60 сек – приемник перейдет в режим Wi-Fi (мерцание быстрое)
- Подключиться к точке доступа ExpressLRS RX (пароль expresslrs – всегда и везде)
- Зайти на <https://10.0.0.1/> – попадем на ExpressLRS update page- в верхней строке отразится название устройства (Receiver module) в строке ниже - версия прошивки (Firmware Rev.)

BINDING - вариант 1 (с биндинг - фразой)

Устанавливаем биндинг - фразу на приемнике (RX):

- Подключиться к точке доступа ExpressLRS RX
- Во вкладке «опции» - найти раздел **BINDING PHRASE** и ввести туда биндинг - фразу
- Сохранить

Устанавливаем биндинг - фразу на передатчике(TX):

- Включить Wi-Fi точку на аппаратуре (подходит как для внутреннего так и внешнего передатчика)
- Зайти в меню системных настроек - Нажать **SYS** (кнопка системных настроек) - меню **TOOLS** - выбрать **ExpressLRS** (запустить скрипт LUA ELRS) - **Wi-Fi Connectivity Enable Wi-Fi- (Wi-Fi Ranning...)** - подключено
- Ищем точку со смартфона или компьютера, сеть теперь будет называться **ExpressLRS TX**
- Подключиться к ней точно также, во вкладке опций установить такую же биндинг-фразу как в приемнике
- Сохранить

BINDING - вариант 2 (ручной, без биндинг - фразы)

!!! Биндинг - фраза до этого не должна быть установлена !!!

- Аппаратура отключена.
- Перевести приемник (RX) в режим ручного биндинга (должен заморгать циклами по два моргания) зажать кнопку бинд (маленькая кнопка) на 5 секунд - первое состояние - режим Wi-Fi, еще раз зажимаем на 5 секунд - режим ручного биндинга

*** Или 3 раза подать питание (подключить и выключить АКБ) на приемник (RX)**

**** На мелких коптерах бинд - только через конфигуратор Betaflight во вкладке Приемник**

- Включить аппаратуру: зайти в меню системных настроек - **SYS** (кнопка системных настроек), меню **TOOLS** - выбрать **ExpressLRS** (запустить скрипт LUA ExpressLRS), далее в меню нужно выбрать меню [BIND]. (появится окно binding...) - начался биндинг

Результат один на Оба варианта:

- На аппаратуре в углу экрана появится значек «C» (connect) и деления уровня сигнала
- В очках - в OSD тоже появится уровень сигнала (LQI/RSSI)
- Приемник (RX) - постоянно горит

Прошивка Пульта Внутренний, Внешний ExpressLRS

ПЕРВЫМ ДЕЛОМ ОЗНАКОМИТСЯ С ПАРАМЕТРАМИ СБОРКИ

Параметры сборки

Краткое описание того что нам нужно выставить в параметрах сборки прошивки в **ExpressLRS** конфигураторе.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Некоторые из этих опций общие и для приемника и для передатчика.

Необходимые и достаточные настройки передатчика:

Regulatory Domain (Регион)

Regulatory_Domain_AU_915

Regulatory_Domain_EU_868

Regulatory_Domain_IN_866

Regulatory_Domain_FCC_915

Regulatory_DomainISM_2400

Regulatory_Domain_EU_CE_2400

Для 2.4Гц всегда выбираем *ISM_2400*. Для 868/900 выбираем *FCC_915* для 915мгц и *IN_868* для 868мгц.

***Binding Phrase* (Фраза для бинда)**

Вбиваем свой уникальный пароль для бинда, вбивается и на приемнике и на передатчике. По этой фразе приемник будет находить передатчик. никаких дополнительных процедур для бинда не требуется, все автоматически.

Пожалуйста не вбивайте 123456 и тд, судя по ELRS чату таких людей очень много, и когда-нибудь такие ленивые люди пересекутся на полетушках и будут биндиться друг к другу.

Настройки домашнего WiFi:

HOME_WIFI_SSID

HOME_WIFI_PASSWORD

Тут можно задать вашу домашнюю WiFi сеть, делайте это только если понимаете зачем вам это. Я рекомендую не подключать приемник/передатчик к домашней сети пока вы не разберетесь как оно работает, во избежания дальнейших недопониманий.

ВНИМАНИЕ

После того как вы подключите свой TX/RX модуль к домашней WiFi сети он всегда будет подключаться к вашему роутеру. Он не будет создавать привычную WiFi точку, пока видит ваш домашний WiFi. Если вы не можете найти устройство в локальной сети, выключите роутер и подключитесь первым методом, далее уберите домашнюю WiFi сеть.

Дополнительные опции:

UNLOCK_HIGHER_POWER

На некоторых передатчиках **оциально** есть галка повышенной мощности, убедитесь что у вашего передатчика достаточно охлаждения, иногда потребуется модификация передатчика и установка кулера/радиатора.

UART_INVERTED

Почти все аппаратуры **требуют** установки галки *UART_INVERTED*.

Исключением являются только аппаратуры на *DeviationTX*.

Опции для приемника

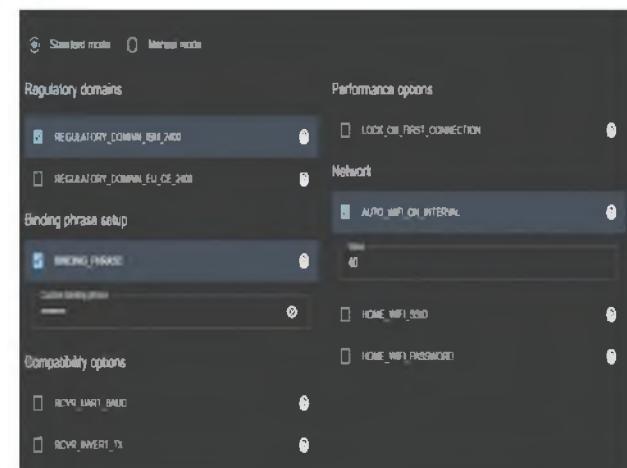
Необходимые и достаточные настройки приемника

ПРИМЕЧАНИЕ

Опции приемника и передатчика в части региона и фразы для бинда должны совпадать для их успешной связи друг с другом.

Инвертирование TX пина на приемнике:

RCVR_INVERT_TX



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Если вы попали в ситуацию, когда на вашем полетнике есть свободный юарт только с *Sbus/iRx/RXI* (инвертированным RX) пином, то эта опция для вас. Она установит инверсию на TX пине приемнике, и вы сможете припаять его на пин *Sbus/iRX*, в этом случае протокол не станет сбасом, на стороне полетника нужно устанавливать протокол *CRSF*:

USE_R9MM_R9MINI_SBUS

Аналогичная настройка для *R9MM/R9Mini* приемников, с пина *SBUS* приемника можно будет получить инвертированный сигнал, и подать на *SBUS* полетника (протокол все еще остается *CRSF*)

Мне нужны эти галочки?

LOCK_ON_FIRST_CONNECTION

Приемник будет запоминать пакетрейт с которым он подсоединился к аппе после включения. При *FailSafe* приемник не будет пытаться перебирать другие герцовки в поисках передатчика, а всегда будет оставаться на том пакетрейте с которым был подключен изначально. Можно включить для быстрого выхода из фейлсейва, можно выключить чтобы при случае потери связи можно было опустить пакетрейт в аппе до 50гц и попытаться поймать приемник на повышенной чувствительности.

Теперь вы знаете что за галочки тут нужно ставить и можно переходить к прошивке.

ПРОШИВКА

Внутренние передатчики

Перед прошивкой убедитесь, что у вас последняя версия *EdgeTX*.

Также убедитесь что у вас *ExpressLRS* версия аппаратуры, а не *Multi* модуль.

Проверьте что на *6й* странице настроек в аппаратуре (*Hardware*), в пункте *Serial Port* параметр *USB-VCP* равен **CLI**

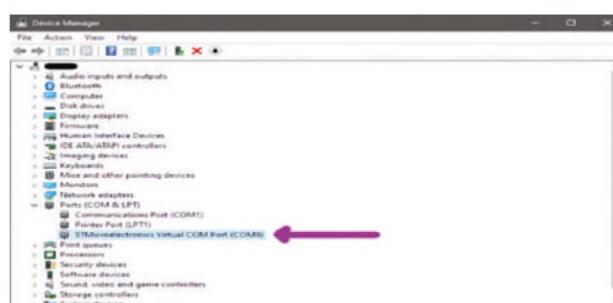
В настройках Модели на аппаратуре выберите *Internal RF = CRSF*

Включите аппаратуру и подключите *USB* кабель в нужный порт (у аппаратур *Radiomaster* это *верхний*). Выберите опцию *USB Serial (Debug)* или *USB Serial (VCP)* в появившемся на аппаратуре окне.



ВАЖНО

Внимательно читайте этот шаг, частые проблемы с прошивкой этим методом связано именно с ним.



Если ваш ПК на *Windows* убедитесь что в Диспетчере Устройств аппарата определилась как *STMicroelectronics Virtual COM Port*.

Если нет, и вы видите желтый восклицательный знак на логотипе рядом с названием устройства, то вам необходимо установить драйвера (кликально). Распакуйте архив, и запустите *VCP_V1.5.0_Setup_W7_x64_64bits*.

В *ExpressLRS* конфигураторе выберите нужную вам версию и правильный тип устройства, а также метод прошивки *EdgeTXPassthrough*

Flashing Method

EdgeTxPassthrough ? UART ? WIFI ?

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

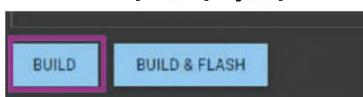
Прошивка через EdgeTX

В ExpressLRS Configurator выбрав правильный таргет и Параметры сборки, нажмите *Build and Flash* и прошейте передатчик. Дождитесь окончания, при успешной прошивке будет надпись «**Success**»



Отключите USB кабель и запустите **LUA Script**, проверьте работоспособность и версию прошивки.

Метод через браузер



Выбрав правильный таргет и Параметры сборки, соберите кнопкой **Build** вашу прошивку через ExpressLRS Configurator.

После того как строчки в окне конфигуратора успешно пробегут, откроется проводник, где будет файл Название **_TX-<версия>.bin**. Не закрывайте это окно, а сохраните этот файл в удобное место для последующей загрузки, например скопируйте в сохраненки *Telegram*.



Следующий шаг потребует *Lua скрипт ELRS* (правой кнопкой, сохранить как *.lua). Скачайте и зайдите на флешку аппы, в папку */Scripts/Tools*. Чтобы открыть скрипт на аппаратуре зажмите кнопку **SYS** и выберите ExpressLRS.

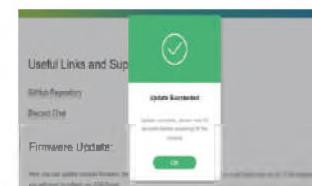


Если скрипт не открывается и висит на *Loading...*, проверьте, что в модели выставлен *Internal CRSF*.



В **System** выберите пункт **Wifi Connectivity** в скрипте, а потом нажмите **Enable WiFi**. Нажмите **OK** еще раз, чтобы включить *WiFi* на передатчике. Подключитесь к сети *ExpressLRS TX* с паролем **expresslrs**.

Откройте браузер и перейдите на <http://10.0.0.1/>, откроется красивый сайт, где вам нужна будет кнопка **Choose File**, выберите ранее полученный из конфигуратора файл Название **_TX-<версия>.bin** и нажмите **Update**.



После того как файл загрузится появится зеленое окно подтверждения, что все хорошо, либо ошибка. Если ругается на таргет, убедитесь, что он верный и нажмите **Flash Anyway**. Проверьте, что версия внизу скрипта или на WiFi странице поменялась на ту, что вы прошивали.



Внешние передатчики

Подходит для всех внешних *ELRS* передатчиков на 2.4Ghz/900Mhz, которые устанавливаются во внешний слот аппаратуры

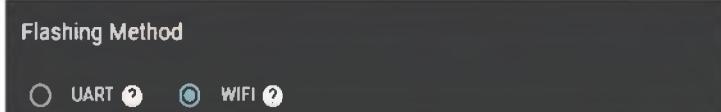
Прошивка по WiFi:

Device Category:

Выбираем фирму вашего передатчика

Device:

Выбираем модель вашего передатчика, например *HM ES24TX Pro Series 2400 TX - для HappyModel PRO*



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Прошивка по WiFi

ПРИМЕЧАНИЕ

Методы прошивки описанные ниже работают только в том случае, если ваши модули уже на 2.x прошивке. Для модулей на древних 1.x прошивках вам придется обновить его по USB.

Метод через браузер

Выбрав правильный таргет и Параметры сборки, соберите кнопкой *Build* вашу прошивку через *ExpressLRS Configurator*.



После того как строчки в окне конфигуратора успешно пробегут, откроется проводник, где будет файл **Название_TX-
<версия>.bin**. Не закрывайте это окно, а сохраните этот файл в удобное место для последующей загрузки, например скиньте в сохраненки *Telegram*.

Следующий шаг потребует *Lua скрипт ELRS* (правой кнопкой, сохранить как *.lua). Скачайте и закиньте на флешку апды, в папку /Scripts/Tools. Чтобы открыть скрипт на аппаратуре зажмите кнопку **SYS** и выберите *ExpressLRS*.

Если скрипт не открывается и висит на *Loading...*, проверь что в модели выставлен *External CRSF*.

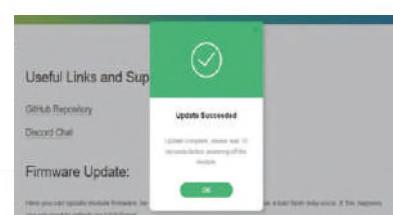
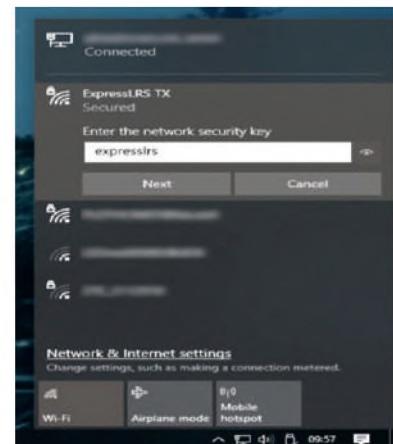
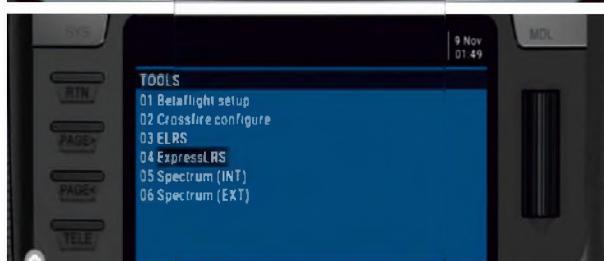
Выберите пункт *Wifi Connectivity* в скрипте, а потом нажмите *Enable WiFi*. Нажмите *OK* еще раз, чтобы включить *WiFi* на передатчике. Подключитесь к сети *ExpressLRS TX* с паролем **expresslrs**.

Откройте браузер и перейдите на <http://10.0.0.1/>, откроется красивый сайт где вам нужна будет кнопка **Choose File**, выберите ранее полученный из конфигуратора файл **Название_TX-
<версия>.bin** и нажмите **Update**.

После того как файл загрузится появится зеленое окно подтверждения что все хорошо, либо ошибка. Если ругается на таргет, убедитесь что он верный и нажмите **Flash Anyway**

Проверьте, что версия внизу скрипта или на *WiFi* странице поменялась на ту, что вы прошивали.

Ниже Вы можете ознакомиться с информацией на приере изображений:



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Прошивка по USB/UART

Device Category:

- Выбираем фирму вашего передатчика

Device:

- Выбираем модель вашего передатчика, например **HM ES24TX Pro Series 2400 TX - для HappyModel PRO**

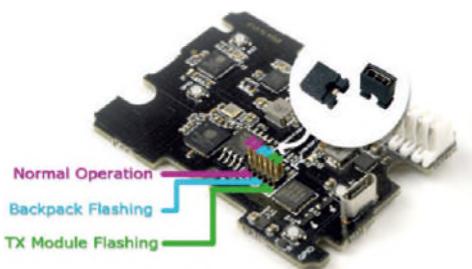
Flashing Method

UART 

WIFI 

Flashing via UART

Если у вас модуль от HappyModel/BetaFPV перед прошивкой по USB нужно убедится что джамперы либо дип-свитчи стоят в правильном режиме для прошивки передатчика Tx Module Flashing:



Set the jumper blocks to the pair of pins for the required operation

TX Module Flashing via USB/UART

Backpack Flashing via USB/UART

Normal Operation

Normal Operation

Backpack Flashing

TX Module Flashing

Set the jumper blocks to the pair of pins for the required operation

Set the jumper blocks to the pair of pins for the required operation

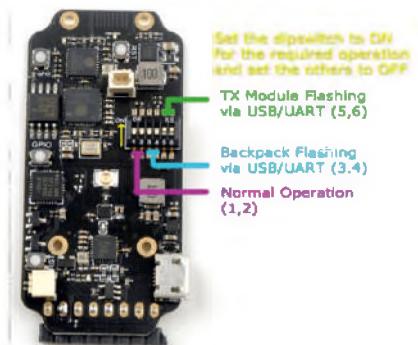
TX Module Flashing via USB/UART

Normal Operation

Normal Operation

Backpack Flashing via USB/UART (3,4)

TX Module Flashing via USB/UART (5,6)



Set the dipswitch to ON for the required operation and set the others to OFF

TX Module Flashing via USB/UART (5,6)

Backpack Flashing via USB/UART (3,4)

Normal Operation (1,2)

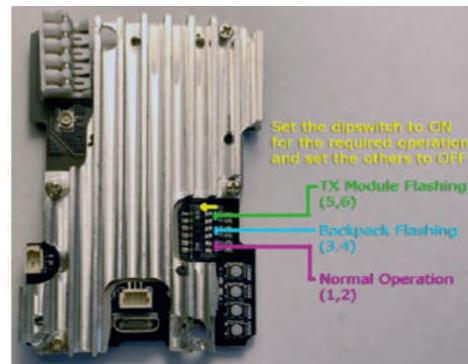


Set the dipswitch to ON for the required operation and set the others to OFF

Normal Operation (1,2)

Backpack Flashing via USB/UART (3,4)

TX Module Flashing via USB/UART (5,6)



Set the dipswitch to ON for the required operation and set the others to OFF

Normal Operation (1,2)

TX Module Flashing (5,6)

Backpack Flashing (3,4)

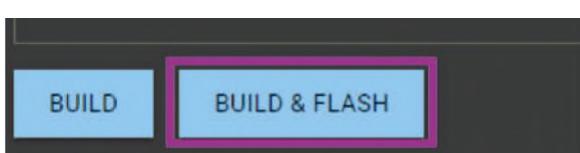
Normal Operation (1,2)



1-2 DIP Switches on-Update Firmware
3-4 DIP Switches on-Operating Mode
5-6 DIP Switches on-Update Backpack

Воткните USB в передатчик. Убедитесь что у вас есть драйвера на CP210x для Windows (Для Mac/Linux не нужно). Проверьте в диспетчере устройств, что у устройства нет восклицательного знака и драйвера встали. Устройство должно называться **CP210x** и иметь номер COM-порта.

В ExpressLRS Configurator выбрав правильный таргет и **Параметры** сборки, нажмите **Build and Flash** и прошейте передатчик. Дождитесь окончания, при успешной прошивке будет надпись **«Success»**



Update Succeeded

OVERVIEW DOWNLOADS TECH DOCS COMMUNITY & SUPPORT

Download and Install VCP Drivers

Downloads for Windows, Macintosh, Linux and Android below.

*Note: The Linux 3.x.x and 4.x.x version of the driver is maintained in the current Linux 3.x.x and 4.x.x tree at www.kelitel.org.

Software Downloads

Software (11)

Software · 11

CP210x Universal Windows Driver	inf files(advanced)	v1.0.0 17/10/2021
CP210x VCP Mac OSX Driver		v6.0.2 10/21/2021
CP210x VCP Windows		v6.7 16/02/2020
CP210x Windows Drivers	installer wizard(easy)	v6.7.6 9/4/2020
CP210x Windows Drivers with Serial Enumerator		v6.7.6 9/4/2020

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Прошивка Приемника TX

Настройка полетного контроллера

После пайки приемника настройте порты и протокол в полетнике. Если вы паялись на $TX(x)$ $RX(x)$, то выберите порт $UART(x)$ во вкладке портов и поставить галочку **Serial RX** напротив него, **НИКАКИЕ ДРУГИЕ ГАЛОЧКИ И ОПЦИИ НА ЭТОМ ПОРТЕ НЕ ВКЛЮЧАЕМ**.

Во вкладке приемника установите протокол **CRSF**

Если вы переходите на 3.x.x версию прошивки с 2.x.x для начала обновите ваш приемник на версию 2.5.2, иначе прошивка не установится по WiFi. Ошибка будет показывать сообщение "**Not Enough Space**".

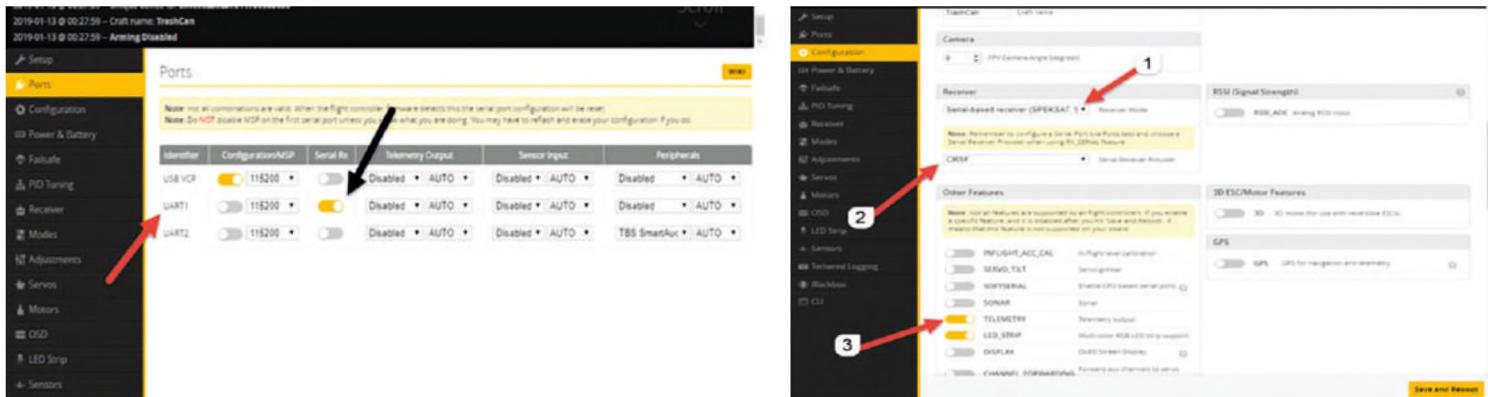
Прошивка по WiFi

Device Category:

- Выбираем фирму вашего приемника

Device:

- Выбираем модель вашего приемника, например HappyModel EP 2400 RX для HappyModel EP1/2



Если вы переходите на 3.x.x версию прошивки с 2.x.x для начала обновите ваш приемник на версию 2.5.2, иначе прошивка не установится по WiFi. Ошибка будет показывать сообщение "**Not Enough Space**".

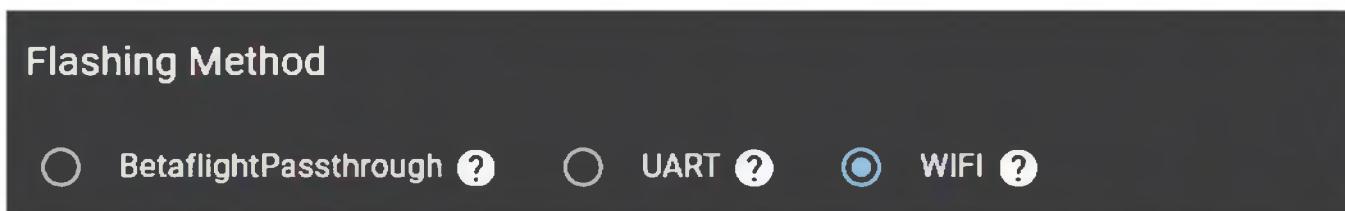
Прошивка по WiFi

Device Category:

- Выбираем фирму вашего приемника

Device:

- Выбираем модель вашего приемника, например HappyModel EP 2400 RX для HappyModel EP1/2



ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

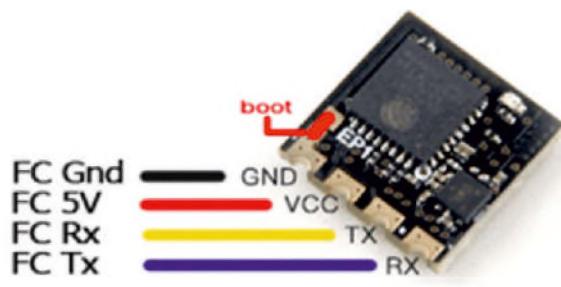
Прошивка по WiFi

Метод через браузер

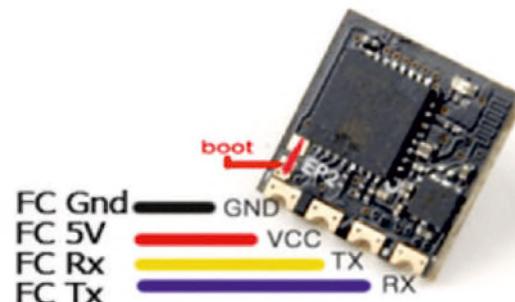
(Самый простой и менее трудозатратный метод, рекомендуется всем)

Перед началом убедитесь что вы верно припаяли приемник и настроили полетник.

EP1 RX connection diagram



EP2 RX connection diagram



Выбрав правильный таргет и *Параметры сборки*, соберите кнопкой **Build** вашу прошивку через ExpressLRS Configurator.



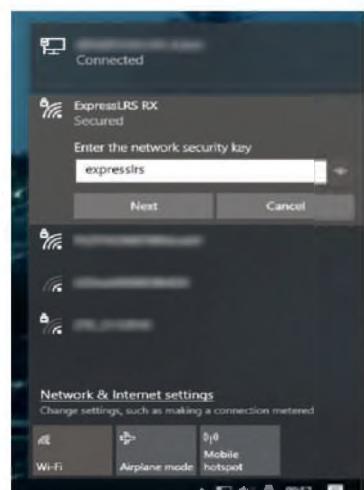
После того как строчки в окне конфигуратора успешно пробегут, откроется проводник, где будет файл **Название_RX-<версия>.bin**. Не закрывайте это окно, а сохраните этот файл в удобное место для последующей загрузки, например скиньте в сохраненки *Telegram*.

Подайте питание на полетник. Это можно сделать как по USB, так и воткнув батарею в дрон. Диод на приемнике начнет медленно мигать. Через 20-30 секунд диод на приемнике начнет моргать быстро, значит он начал раздавать WiFi.

Подключитесь к сети ExpressLRS RX с паролем **expresslrs**.

Откройте браузер и перейдите на <http://10.0.0.1/>, откроется красивый сайт где вам нужна будет кнопка **Choose File**, выберите ранее полученный из конфигуратора файл **Название_RX-<версия>.bin** и нажмите **Update**.

После того как файл загрузится появится зеленое окно подтверждения, что все хорошо, либо ошибка. Если ругается на таргет, убедитесь что он верный и нажмите **Flash Anyway**. При успешной прошивке вы увидите зеленое окно подтверждения. Дождитесь пока приемник перезагрузится и снова начнет медленно мигать. После этого переподайте питание на полетный контроллер, **приемник прошит**.



Firmware Update:

Here you can update module firmware, be careful to upload the correct file otherwise a bad flash may occur. If this happens you will need to reflash via USB Serial!

Choose File No file chosen

Update

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

Прошивка по USB через полетник

Device Category:

- Выбираем фирму вашего приемника

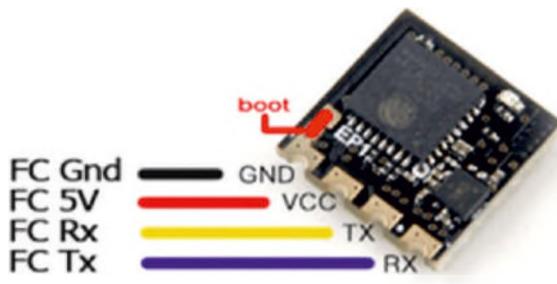
Device:

- Выбираем модель вашего приемника, например HappyModel EP 2400 RX для HappyModel EP1/2

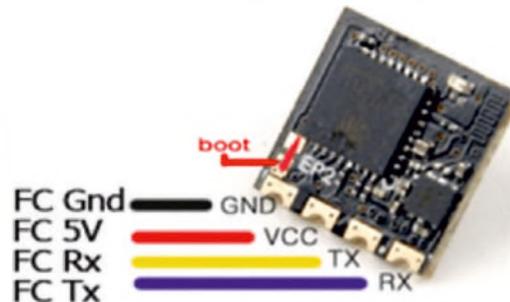
Прошивка через полетник

Убедитесь что приемник верно припаян, а в BetaFlight/iNav стоят правильные настройки

EP1 RX connection diagram



EP2 RX connection diagram



Отключитесь от Betaflight конфигуратора и закройте его.

Подключите полетный контроллер по USB, если приемник не горит подключите также аккумулятор. Выберите правильный COM-порт, тот же что используется в Betaflight для подключения к полетнику. Нажмите **Build & Flash** и ждите успешного завершения прошивки.



Ошибка при прошивке

Если во время прошивки вылезла ошибка, переподсоедините USB в полетник и нажмите **прошить** еще раз. Если приемник успевает поднять WiFi до начала прошивки конфигуратором, то он **не прошьется**.

(BINDING) TBS CROSSFIRE

TBS Crossfire

BINDING - вариант 1 (аппаратура на EdgeTX (OpenTX) со внешним передатчиком TBS crossfire и биндинг с приемником TBS Crossfire

На аппаратуре с передатчиком (TX) TBS Crossfire:

- Присоединить к аппаратуре передатчик TBS crossfire, включить
- На аппаратуре в рабочей модели или в новой, предварительно созданной - в настройках выбрать внешний приемник - external TX
- Нажать кнопку системных настроек (SYS), меню TOOLS - выбрать скрипт TBS agent light - выбрать
- TBS передатчик (должен отобразиться) - выбрать bind

На приемнике(RX) TBS Crossfire:

- Зажать кнопку bind (между светодиодом и выходом антенной)
- По индикации приемника (см.ниже) определить статус

BINDING - вариант 2 (аппаратура и приемник TBS Crossfire)

На аппаратуре с передатчиком (TX) TBS Crossfire и приемником (RX) TBS Crossfire:

- В аппаратуре - зайти в меню, выбираем TBS agent ligh, выбираем встроенный модуль (должен отобразиться)LED на аппаратуре начнет пульсировать
- На приемнике - зажать кнопку bind (между светодиодом и выходом антенной)LED на приемнике начнет медленно мигать зеленым с одинаковыми интервалами

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

(BINDING) TBS CROSSFIRE

На приемнике (RX) TBS Crossfire:

- В аппаратуре нажимаем bind
- На аппаратуре отобразится «bind ок» LED на аппаратуре начнет пульсировать
- Приемник постоянно загорится зеленым

Результат один для двух вариантов:

- На аппаратуре в углу экрана появится значок «С» (connect) и деления уровня сигнала, LED постоянно горит зеленым.
- В очках - в OSD тоже появится уровень сигнала (LQI/RSSI).
- Приемник (RX) - постоянно горит зеленым

ВИДЕО ПЕРЕДАТЧИК + ВИДЕО ПРИЕМНИК (ОЧКИ) + АНТЕНЫ

АНТЕНЫ

FPV-антенны: как правильно выбрать и использовать в FPV-дронах

FPV-антенны являются решающим фактором, который определяет дальность действия и мощность сигнала вашей FPV-системы. На рынке представлено так много различных типов антенн, что выбрать подходящую для вашей конкретной системы может оказаться сложной задачей. В этой статье мы рассмотрим базовые сведения о конструкции антенны, различные типы доступных антенн и дадим вам советы, как выбрать правильную модель. Независимо от того, новичок вы или опытный FPV-пилот, это руководство предоставит вам ценную информацию о FPV-антеннах.

Что такое FPV-антенна

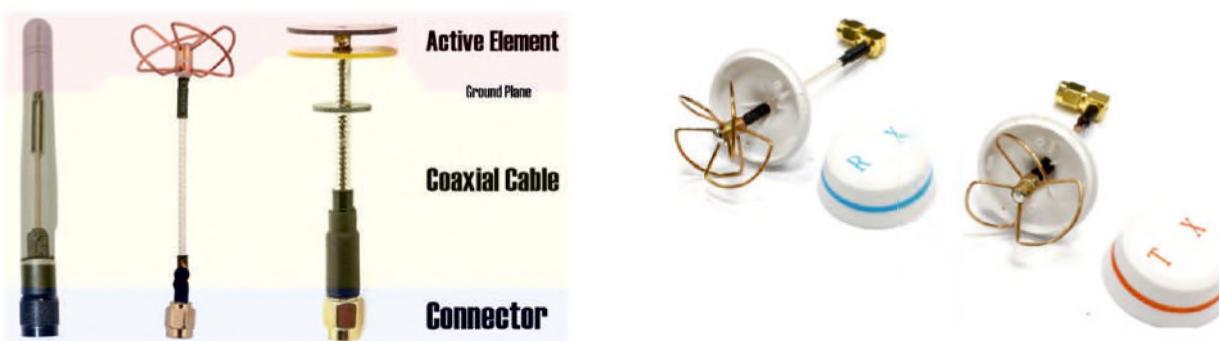
FPV-антенна отвечает за передачу видеопотока в реальном времени от камеры дрона на FPV-очки или монитор, позволяя пилоту во время полета видеть то, что видит дрон. Качество, производительность и конфигурация вашей FPV-антенны существенно влияют на дальность действия, четкость и надежность передачи видео.

Из чего состоит FPV-антенна дронов

Антенна представляет собой кусок или несколько кусков провода, которые преобразуют электрический сигнал в электромагнитные волны и наоборот. Независимо от конструкции и внешней формы, каждая антенна состоит из одинаковых составных частей.

- Элемент. Проводящий материал, который передает и принимает электромагнитные волны.
- Заземляющая плоскость. Связана с электрическим заземлением устройства и также изготовлена из проводящего металла. Правильно настроенная заземляющая плоскость усиливает радиосигнал, излучаемый или принимаемый элементом антенны.
- Коаксиальный кабель. Специальный тип экранированного провода, по которому сигнал передается между разъемом и антенным элементом, не излучая радиосигналы. Он используется для увеличения длины антенны и обычно изготавливается из жесткого материала. Коаксиальный кабель не нужен, если разъем напрямую подключен к элементу.
- Разъем (коннектор). С его помощью антенна физически соединяется с видеопередатчиком/приемником.

Элементы FPV-антенны изготавливаются из хрупких медных проводов и обычно помещаются в защитный кожух из пластика. Эти чехлы не ослабляют сигнал и обеспечивают защиту антенны при падениях и столкновениях.



АНТЕНЫ

Направленность антенны

При выборе антенны самым главным фактором является ее направленность. Опций тут две: *направленные и ненаправленные (всенаправленные) антенны*.

Всенаправленные антенны излучают радиоволны одинаково во всех направлениях, а **направленные антенны** фокусируют радиоволны в одном направлении.

В качестве классической аналогии можно привести сравнение лампочки и фонарика. Лампочка будет похожа на *всенаправленную антенну*, а фонарик - на *направленную*. Если оба источника света работают с одинаковой мощностью, фонарик может достигать большего, поскольку фокусирует свет в одном направлении, но за счет более узкой ширины луча.



Omnidirectional



Directional

Всенаправленные антенны отлично подходят для повседневных полетов и обеспечивают хорошее покрытие сигнала вокруг пилота.

Направленные антенны часто используются в приемниках разнесением, где их можно сочетать с *всенаправленными или многонаправленными антennами* для покрытия всех необходимых углов.

Примечание.

Приемник с разнесением может принимать два сигнала от двух антенн и отображать более сильный сигнал.

Поляризация антенны

Для классификации FPV-антенн используется понятие **«поляризация»**.

Существует два типа поляризации:

1. линейно поляризованные антенны (LP - Linear Polarization)
2. антенны с круговой поляризацией (CP - Circular Polarization)

Антенны с круговой поляризацией в свою очередь подразделяются на:

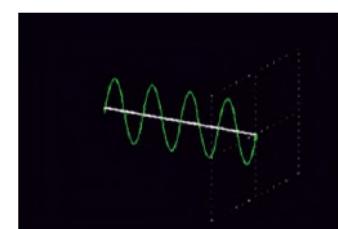
- левосторонние антенны с круговой поляризацией (LHCP)
- правосторонние антенны с круговой поляризацией (RHCP)

Линейная поляризация

Линейная поляризация используется во многих распространенных антенных, таких как стандартные дипольные антенны, которые поставляются с вашим видеопередатчиком (VTX) и видеопримеником (VRX), или даже в вашем домашнем роутере Wi-Fi.



При линейной поляризации сигнал по мере своего распространения колеблется в одной плоскости либо горизонтально, либо вертикально.



Круговая поляризация

Сpirальные и антенны типа **«Клеверный лист»** и **«Наклонно-плоскостное колесо»** являются примерами распространенных антенн с круговой поляризацией.



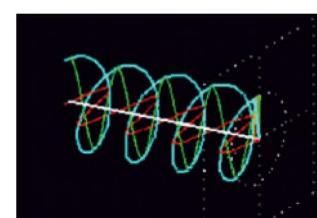
Круговая поляризация предполагает передачу сигналов как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях со сдвигом фазы на 90 градусов, что выглядит как вращающийся штопор.

Однако в круговой поляризации есть один важный момент:

направление радиоволн **«закручивается»**.

Здесь имеется только два направления: правосторонняя круговая поляризация (RHCP) и левосторонняя круговая поляризация (LHCP). Если вы передаете радиоволну с помощью одной антенны, вам необходимо принять эту волну с помощью антенны с таким же вращением. Поэтому вам следует использовать антенны RHCP на своем приемнике только в том случае, если ваш передатчик также имеет антенну RHCP. То же самое справедливо и для LHCP.

Не соблюдение этого требования приведет к значительной потере сигнала.



АНТЕНЫ

Какая поляризация антенны лучше всего подходит для FPV-дрона?

Обычно считается, что антенны с круговой поляризацией лучше подходят для FPV-дронов по следующим причинам:

1. Антенны с линейной поляризацией гораздо более восприимчивы к многолучевым помехам по сравнению с антеннами с круговой поляризацией.
2. На дальность действия антенны с линейной поляризацией сильно влияет ориентация антенны, но постоянно поддерживать хорошую ориентацию антенны на квадрокоптере практически невозможно, поскольку он все время вращается вокруг всех осей.

Антенны с линейной поляризацией получили широкое распространение благодаря простоте конструкции. Они, как правило, меньше по размеру, легче по весу, дешевле и проще в изготовлении. В целом линейная поляризация является хорошим выбором для дальних дистанций, поскольку вся энергия сосредоточена в одной плоскости. Однако преимущество в дальности редко удается реализовать в полной мере из-за многолучевых помех.

Для достижения наилучшего приема, как передающая, так и принимающая стороны должны использовать антенны с линейной поляризацией, которые должны быть выровнены относительно друг друга, чтобы обеспечить максимальное перекрытие излучения. FPV-дроны постоянно вращаются вокруг всех трех осей, что делает практически невозможным поддерживать идеальное выравнивание. Например, когда антенны передатчика и приемника расположены под углом 90 градусов друг к другу, они будут иметь наименьшее перекрытие сигналов, что приводит к потере мощности сигнала более чем на 20 dB (снижение дальности более чем на 90%), что называется **кросс-поляризацией**. Антенны с линейной поляризацией больше подходят для радиоуправляемых самолетов, автомобилей, лодок и т. д.

С другой стороны, сигналы с круговой поляризацией всегда перекрываются независимо от ориентации или угла вашего FPV-дрона относительно приемной антенны (нет никаких потерь сигнала независимо от ориентации антенны). По этой причине антенны с круговой поляризацией являются стандартом для FPV-дронов.

Еще одним преимуществом антенн с круговой поляризацией является их способность подавлять многолучевые помехи. **Многолучевые помехи** - это форма шума в аналоговом видеопотоке, которая часто проявляется в виде случайных изменений цвета, статического или закодированного изображения и пропадания сигнала. Это происходит, когда сигнал отражается от объектов (например, стен и земли), искажается из-за задержки фазы и мешает основному сигналу.

Для обычных полетов на FPV-дроне рекомендуется использовать антенны с круговой поляризацией. Однако некоторые пилоты могут предпочесть специально изготовленные антенны с линейной поляризацией, поскольку их можно сделать меньше, легче и долговечнее, несмотря на худшие радиочастотные характеристики.



Когда использовать антенны с круговой поляризацией:

- Когда вы летаете вблизи от крупных объектов, таких как деревья и здания, или в закрытых помещениях, таких как автостоянки и стадионы, где возникает значительное количество многолучевых помех.
- Во время акробатических полетов, когда ориентация и угол дрона постоянно меняются.
- Во время полета на малой высоте (на близком расстоянии).

Когда использовать антенны с линейной поляризацией:

- Во время устойчивого полета по прямой линии без значительных отклонений по крену и тангажу.
- Когда размер, вес и долговечность антенны являются исключительно важными факторами.

Можно ли использовать вместе антенны с линейной и круговой поляризацией? (LP+CP)

В вашей FPV-системе вы можете комбинировать антенны с линейной и круговой поляризацией, но ценой будет частичная потеря сигнала. Некоторые гонщики порой устанавливают на дрон дипольную антенну для долговечности и снижения веса и используют на видеоприемнике антенну с круговой поляризацией. Вы получите потерю сигнала примерно на 3 dB (30%), но это не так уж и плохо для полетов на короткие дистанции, таких как гонки. RHCP/LHCP в данном случае не имеет значения. Но это предпочтительнее, чем худшая ситуация при использовании только линейно поляризованных антенн на обоих концах, когда максимальное снижение сигнала составляет 97% (30 dB). Это компромисс между производительностью и долговечностью.

Для рядовых FPV-пилотов мы рекомендуем использовать только антенны с круговой поляризацией.

Отличия между левосторонними и правосторонними антеннами с круговой поляризацией

Антенны с круговой поляризацией бывают левосторонними (LHCP) или правосторонними (RHCP). Передатчик и приемник должны иметь совпадающие антенны, в противном случае это может привести к значительной потере сигнала.

АНТЕНЫ

Поэтому вы должны использовать один и тот же тип антенны как на приемнике, так и на передатчике. Если вы смешаете LHCP и RHCP, вы пострадаете от значительной потери сигнала.

Пилотам, летающим в группе, лучше всего иметь антенны LHCP и RHCP для большей гибкости. Если большую часть времени вы просто летаете в одиночку, то это не имеет особого значения: как LHCP, так и RHCP имеют одинаковую производительность. Антенны RHCP более распространены среди аналоговых FPV-систем, а LHCP более распространены среди цифровых, таких как DJI и Avatar.



Производительность антенн

Рассматривая особенности FPV-антенны, необходимо учитывать несколько показателей производительности, в том числе:

- Коэффициент усиления.
- Диаграмма направленности.
- Осевое соотношение.
- КСВН (VSWR).
- Частота и диапазон.
- Импеданс.

При выборе антенны мы рекомендуем сосредоточиться на первых четырех факторах. Но если вы покупаете продукт заслуженного бренда, вы не должны слишком беспокоиться об этих деталях. В конце концов, мы ведь не строим ракеты для NASA, так что не стоит перегружать свой мозг.

Если вы хотите больше узнать об этих параметрах, вы можете найти в Сети массу полезной и детальной информации, например, на странице [«Антенна»](#) в Википедии. А в следующих разделах мы дадим краткое объяснение, что значит каждый термин.

Коэффициент усиления

Коэффициент усиления служит показателем дальности действия и угла покрытия направленной антенны. Он показывает, насколько большую мощность может излучать антенна в определенном направлении по сравнению с изотропным излучателем (*теоретическая эталонная антенна, которая излучает одинаково во всех направлениях*).

Коэффициент усиление выражается в децибелах или dB.

Более высокий коэффициент усиления обычно означает увеличенную дальность действия, но с более узкой шириной луча.

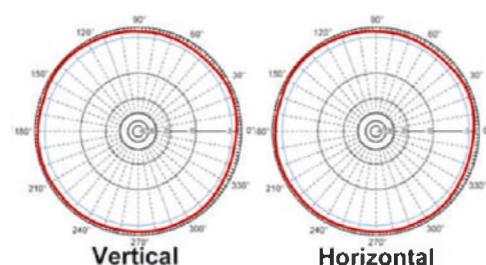
Усиление антенны может изменить диаграмму направленности, которую можно увидеть в техническом описании антенны. Для видеопередатчика лучше использовать всенаправленные антенны с более низким коэффициентом усиления, чтобы обеспечить лучшее покрытие во всех направлениях вокруг дрона. Для видеоприемника следует использовать комбинацию всенаправленной антенны с низким коэффициентом усиления и направленной антенны со средним/высоким коэффициентом усиления, чтобы получить выгоду от обеих систем. Если вы не летаете на большие расстояния, можно просто использовать на видеоприемнике всенаправленные антенны с низким коэффициентом усиления.

Имея дело с децибелами, полезно помнить, что каждые 3 dB усиления, которые вы получаете от вашей антенны, эквивалентны удвоению мощности вашего передатчика. Например, если вы можете добиться усиления в 6 dB, заменив новую antennу на видеопередатчике мощностью 200 mWt, это эквивалентно переходу на видеопередатчик мощностью 800 mWt, и это может дать вам удвоенную дальность действия!

Диаграмма направленности

Диаграмма направленности сигнала, излучаемого вашей антенной, представлена двумя схемами. Одна показывает сигнал при взгляде на antennу сверху, а другая - при взгляде сбоку. Эти графики подскажут вам, где находятся слабые места.

Вот пример антенны с усилением 0 dB. Как видите, она действительно всенаправленная и имеет почти идеальную сферическую диаграмму направленности.

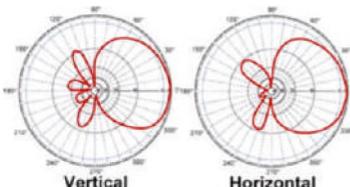
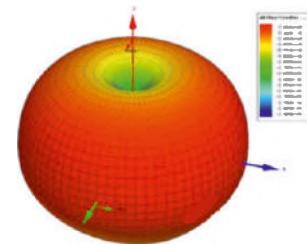


ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

АНТЕНЫ

Однако в реальной жизни всенаправленные антенны обычно имеют слабые места сверху и снизу, а трехмерная диаграмма направленности будет больше напоминать форму пончика. В двухмерном виде она образует форму восьмёрки в вертикальной плоскости и круг в горизонтальной плоскости.

Это демонстрирует **важный момент** при полете дрона на большой высоте - **не летайте прямо над собой!** Верхняя часть диаграммы направленности указывает на область, где усиление наименьшее и высока вероятность потери сигнала.



Вот диаграммы излучения для патч-антенны с усилением 8 дБ. Обратите внимание на узкую ширину луча, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Низкий коэффициент усиления в дБ может показаться менее привлекательным с точки зрения дальности действия, но он может обеспечить более надежную работу благодаря более сферической диаграмме направленности. Вы можете получить достаточно сильный сигнал, даже направив антенну прямо на приемник.

Осевое соотношение

На самом деле идеальной антенны с круговой поляризацией не существует. Например, антенна RHCP может выводить 90% сигнала RHCP и 10% сигнала LHCP. Так что помехи все равно могут быть, даже если вы все делаете идеально. И осевое соотношение используется для измерения этого свойства антенны.

С точки зрения FPV, это показатель того, насколько восприимчива антенна к многолучевым помехам. Антенны с лучшими возможностями подавления многолучевых помех облегчают полеты в районах, где много бетона и металла. Идеальная антенна с круговой поляризацией будет иметь соотношение осей, равное 1, при этом антенны с соотношением осей, близким к 1, обладают лучшими возможностями для подавления многолучевых помех.

Частота и полоса пропускания

Антенны настроены на определенную частоту. К примеру, длина дипольной антенны определяет частоту, на которую она настроена. Антенна может обеспечить лучшую производительность, когда передает и принимает сигнал именно на этой частоте.

Если вы передаете или принимаете сигнал на чуть более низкой или высокой частоте, антенна обеспечивает приемлемую производительность, и этот **«приемлемый диапазон»** называется полосой пропускания. За пределами полосы пропускания сила сигнала сильно ослаблена или даже подавлена.

Вы должны знать, на какую частоту настроена ваша антенна и какова полоса пропускания. Это необходимо, чтобы выбрать наиболее эффективный канал/частоту для использования. В противном случае у вас будет больше шансов получить помехи и потерять изображение.

Это может даже привести к перегреву и повреждению видеопередатчика, поскольку подача энергии на несогласованную антенну может отражать энергию обратно, где она может накапливаться в виде тепла.

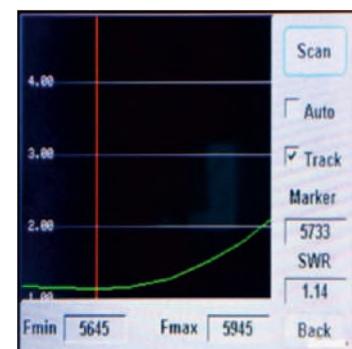
В любом случае, большинство FPV-антенн, рассчитанных на частоту 5,8 ГГц, должны подходить для всех каналов в диапазонах A, B, E, F и R, если иное не указано в характеристиках продукта.

KCBH (VSWR)

KCBH (VSWR) означает **«Коэффициент стоячей волны по напряжению»** (Voltage Standing Wave Ratio). Он измеряет эффективность антенны, показывая, сколько энергии излучается после того, как вы подали энергию на антенну.

При проектировании антенны нужно стремиться к тому, чтобы значение было как можно ближе к 1. KCBH, равный 1, означает, что мы можем передать 100% энергии в антенну и вывести 100% в эфир. Приемлемым считается значение от 1 до 2. Если KCBH превысит значение 2, производительность будет низкой.

Обратите внимание, что коэффициент меняется в зависимости от частоты. При настройке антенны нужно стремиться к частоте с самым низким KCBH. Для измерения KCBH можно использовать специальные приборы. Доступную модель любительского класса производит, например, компания OwlRC



АНТЕНЫ

Типы антенн

Мы рассмотрели почти все основы *FPV*-антенны, теперь расскажем о различных типах антенн, обычно используемых в *FPV*.

КОМАНДА

Линейная поляризация Однополюсные, дипольные

ОПИСАНИЕ

Патч-антенны

"Клеверный лист", "Наклонно-плоскостное колесо", "Пагода"

Круговая поляризация

Сpiralные, перекрестные, патч-антенны

Однополюсная (несимметричная) антенна

Тип: Всенаправленная, Линейная.

Сфера применения: Системы радиоуправления и радиоприемники.

Однополюсная антенна - это простейшая форма антенны. Она состоит из незакранированного одножильного провода, который служит элементом антенны. Этот тип широко распространен в радиоприемниках из-за низкой стоимости и простоты ремонта.

Однако эти антенны не столь эффективны, как дипольные. Длина оголенного провода имеет решающее значение, поскольку она определяет резонансную частоту, на которой провод может принимать сигналы.



Дипольная антенна

Тип: Всенаправленная, Линейная.

Сфера применения: Системы радиоуправления, радиоприемники и видеопередатчики.

Часто радио и видеооборудование поставляется с дипольными антennами. Они имеют легкий вес, а их прочность позволяет пережить не одну аварию.

Дипольная антенна имеет простую конструкцию. Она состоит из двух элементов равной длины, которые расположены перпендикулярно друг другу, обычно по прямой линии. Один элемент является излучающим элементом, в то время как другой служит заземляющей плоскостью. Дипольная антенна имеет более высокий коэффициент усиления, чем однополюсная антенна, за счет снижения эффективности в вертикальном положении.



Антенна типа «Клеверный лист»

Тип: Всенаправленная, Круговая

Сфера применения: Видеопередатчики и видеоприемники.

«Наклонно-плоскостное колесо» и «Клеверный лист» являются самыми популярными антennами для мини-квадрокоптеров *FPV*. «Клеверный лист» имеет три лепестка, а «Наклонно-плоскостное колесо» - четыре.

Эти антенны, как и дипольные, являются всенаправленными. Круговая поляризация обеспечивает фантастическую производительность, независимо от положения антенн относительно друг друга. Они также менее восприимчивы к многолучевым помехам, поэтому вы можете облетать стены и деревья, не теряя качества видео.

Однако они относительно хрупкие, поэтому часто оснащены защитными чехлами. Их иногда называют грибовидными антennами из-за формы защитного корпуса.



Антенна типа «Пагода»

Тип: Всенаправленная, Круговая.

Сфера применения: Видеопередатчики и видеоприемники.

«Пагода» - это сравнительно новый дизайн антennы на *FPV*-сцене, который появился в 2016 году.

Это всенаправленная антенна с круговой поляризацией и часто используется в видеотрансмиттерах. Уникальная конструкция и использование специальных материалов обеспечивают повышенную прочность. Кстати, этот тип антenn несложен в изготовлении, поэтому он очень популярен среди любителей сборок «Сделай сам».

Они дешевле в изготовлении, поскольку их можно распечатать на печатных платах, а качество будет примерно таким же. Однако они менее эффективны, поскольку в качестве диэлектрика вместо воздуха используют стекловолокно, поэтому вы можете получить меньшую мощность сигнала, чем у антenn с идентичными характеристиками, в которых используются провода.



АНТЕНЫ

Сpirальная антенна

Тип: Направленная, Круговая.

Сфера применения: Видеоприемники.

Сpirальные антенны представляют собой направленные антенны с круговой поляризацией в форме пружины. Коэффициент усиления антенны зависит от количества витков катушки.

Сpirальные антенны всего с одним или двумя витками имеют характеристики, сравнимые со стандартной патч-антенной. А добавление более шести витков может на порядок увеличить дальность действия антенны.



Патч-антенна

Тип: Направленная, Линейная или круговая.

Сфера применения: Системы радиоуправления и видеоприемники.

Патч-антенны также являются направленными и могут использовать как линейную, так и круговую поляризацию.

Они относительно недороги в производстве, поскольку их можно напечатать на печатных платах, но их эффективность изначально ниже, чем у других типов антенн, где в качестве диэлектрика используется воздух, например, у спиральных антенн.

Патч-антенны обычно имеют меньшую направленность, чем спиральные, и имеют меньшую площадь покрытия.



Как выбрать антенны для FPV-систем: рекомендации

Новичкам лучше всего начать с использования всенаправленных антенн с круговой поляризацией, например, «Клеверного листа» или «Лагоды».

Производительность антенн во многом зависит от качественного материала и точности, поэтому хорошие антенны будут стоить дороже. Некоторые первоклассные антенны могут стоить в 2-3 раза дороже, чем более дешевые, при этом они могут обеспечить увеличение дальности действия только на 5-10%.

Осьное соотношение - это еще один важный фактор, который следует принять во внимание. Обычно он не упоминается самим производителем, но вы можете найти информацию на сетевых профильных ресурсах.

В конечном итоге выбор лучшей антенны лично для вас будет зависеть от вашего бюджета и вашей информированности.

После того, как вы вложили средства в настройку приемника с разнесением, вы можете приобрести направленные антенны для улучшения качества сигнала и увеличения дальности действия.

Антенны для приемника и для передатчика

Антенны производятся для приема сигнала, передачи сигнала и для обеих целей. Важно выбрать правильную антенну для каждой цели.

Для приемлемой производительности вы должны использовать всенаправленную антенну на вашем видеопредатчике. Причина заключается в том, что квадрокоптер постоянно движется и вращается, что делает невозможным постоянно удерживать направленную антенну нацеленной на видеоприемник пилота.

Вы можете использовать узконаправленную антенну на своем видеоприемнике, поскольку вы можете нацелить антенну в определенном направлении. Если на ваших FPV-очках установлен приемник с разнесением, вы можете комбинировать направленную и всенаправленную антенны, чтобы использовать преимущества обеих систем.

Типы антенных разъемов

Обычно для FPV-антенн используются разъемы типа SMA и RP-SMA. Они различаются по дизайну и несовместимы друг с другом, поэтому убедитесь, что вы покупаете правильный вариант. Если вы новичок в этом хобби, постарайтесь использовать только SMA-коннекторы для своего оборудования, чтобы не запутаться в будущем. **Разницы в производительности нет.**

У разъема SMA существует два варианта: SMA и RP-SMA. Они могут выглядеть похоже, но несовместимы друг с другом. **Междуд ними нет никакой разницы в производительности.**

Разъемы антенн:



SMA Male



SMA Female



RP-SMA Male



RP-SMA Female

АНТЕНЫ

MMCX - это новый тип разъема, который используется в видеопередатчиках и антенах. Это идеальный баланс между разъемами *SMA* и *UFL* с точки зрения веса и размера. Он намного прочнее, чем *UFL*, и у него гораздо больше циклов соединения/разъединения. На данный момент мы рекомендуем этот тип разъема, который может пережить более серьезные аварии, чем *UFL*, но при этом занимает меньше места, чем *SMA*.



Долговечность

При выборе *FPV*-антенны пользователь должен подумать о ее долговечности. Антенна монтируется снаружи и потому подвержена повреждениям. Вероятно, в течение своего срока службы она переживет множество аварий. Поэтому важно выбрать antennу, которая сможет выдержать негативные внешние воздействия, особенно если вы часто терпите крушения. Перед покупкой тщательно изучите, насколько надежна и долговечна антенна, и выберите ту, которая оснащена прочным защитным корпусом.

Вес

Люди обычно придают мало значения такой вещи, как вес антенн. Но если речь идет о минидронах, которые становятся все легче и легче, то вес антенн ставится важным фактором. Ведь каждый сэкономленный грамм может улучшить производительность квадрокоптера.

Размер и вес антенн часто упускаются из виду, но важность этих показателей все больше возрастает, по мере того как сами *FPV*-дроны становятся легче. Если вы сумеете снизить вес на несколько граммов, вы сможете улучшить производительность и увеличить время полета. Поэтому при выборе антенн для вашего миникоптера важно принимать во внимание ее вес.

В последние годы возросла популярность коннекторов *UFL* благодаря легкому весу и компактному размеру. Однако они весьма хрупкие и имеют ограниченное число циклов соединения/разъединения.



Совместное использование антенн с линейной и круговой поляризацией

Несмотря на все преимущества антенн с круговой поляризацией всегда ли они лучший выбор? Даже самая маленькая антenna с круговой поляризацией будет крупнее диполя и, как правило, будет менее прочной.

Сейчас довольно часто используют диполь на коптере, а antennу с круговой поляризацией (без разницы, правой или левой) на приемнике.

В этом случае мы получаем некоторые преимущества каждого типа антенн. Конечно, мы теряем примерно 30% сигнала ($3dB$), из-за разных поляризаций, но при этом качество всегда будет лучше, чем при самом худшем взаимном расположении двух антенн с линейной поляризацией, где теряется примерно 97% мощности ($30dB$).

Как установить antennу для видеопередатчика (VTX)?

При установке антенн для видеотрансмиттера самое важное - расположить ее подальше от любых проводящих материалов. Это связано с тем, что такие материалы могут блокировать или поглощать радиоволны, что приведет к ослаблению сигнала.

Также необходимо использовать жесткую неподвижную antennу, поскольку длинная антenna может создавать вибрации во время полета, а это затрудняет настройку дрона и увеличивает уровень помех.

Лучшее расположение для *VTX*-антенны зависит от вашего стиля полета. Если большую часть времени вы практикуете круизный полет, ваш квадрокоптер может наклоняться на 20-30 градусов. Установив antennу с наклоном назад, вы тем самым обеспечите ее вертикальную позицию во время полета, что является самым оптимальным положением антены.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

АНТЕНЫ

Для гоночных дронов антенны видеоприемника часто устанавливаются внутри отпечатанного на 3D-принтере крепления из термопластичного полиуретана. Это делается для дополнительной защиты. Однако это не лучший вариант для полетов на большие расстояния.



Как установить антенну для видеоприемника?

При установке антенны видеоприемника необходимо учитывать тип вашей системы. Для приемника с одной антенной рекомендуется использовать всенаправленную антенну с круговой поляризацией, а для разнесенных систем лучше использовать направленную и всенаправленную антенны для повышения общей производительности.

При полетах на большие расстояния общепринятой практикой является размещение модуля видеоприемника на наземной станции, чтобы предотвратить неожиданные изменения ориентации антенны из-за движений самого пилота. Партнер-наблюдатель также может помочь отрегулировать патч-антенну и нацелить ее в нужном направлении. Если на ваших FPV-очках есть патч-антенна, вы можете попробовать повернуть голову, чтобы направить антенну на дрон, когда сигнал становится слабым.

Использование адаптеров SMA



Вы можете использовать адAPTERы для совместимости с различными разъемами (RP-SMA, SMA, MMCX, UFL и т. д.). Эти переходники даже выпускаются с углами в 45 или 90 градусов, если вы хотите направить антенну под определенным углом. Однако при использовании этих адAPTERов или удлинительных коаксиальных кабелей имеет место некоторое ослабление сигнала. Обычно потери мощности составляют несколько процентов, в зависимости от качества и конструкции переходника (удлинителя).

Но иногда выгоды от применения адAPTERа или удлинителя перевешивают небольшую потерю сигнала. Например, вы можете использовать удлинительный коаксиальный кабель, чтобы увеличить расстояние между антенной видеоприемника и радиоприемником или другими источниками помех. Или вы можете использовать адAPTER под углом 45 градусов, чтобы добиться оптимальной ориентации антенны видеоприемника.

ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПАЙКЕ)

Пайка - это фундаментальный навык в мире строительства и ремонта FPV дронов. Она включает в себя использование расплавленного припоя для соединения двух металлических компонентов вместе. Несмотря на кажущуюся простоту, для ее освоения требуется много практики. Прежде чем погрузиться в процесс пайки, важно помнить о нескольких вещах. Очень важно использовать качественный паяльник со сменным наконечником, чтобы обеспечить плавную и точную пайку.



Лучшие паяные соединения получаются быстро, но без спешки.

Всегда будьте осторожны, чтобы не обжечься!

Инструменты для пайки

Наличие качественного оборудования так же важно, как и хорошие навыки пайки.

Подготовка перед пайкой

Припой может плеваться при нагревании, посыпая крошечные расплавленные шарики припоя в произвольном направлении. Эти капельки могут вызвать короткое замыкание между электрическими контактами или компонентами при подаче питания на устройство. Поэтому нeliшним будет закрыть те места на контроллере, где пайка не производится, малярным скотчем, электроизоляционной лентой или каптоновой лентой.

Затем убедитесь, что ваш паяльник нагрет до нужной температуры. Для небольших соединений следует нагреть жало примерно до 390°C, а для больших - до 450°C. Более дешевые жала обычно не могут обеспечить достаточный нагрев, поэтому важно убедиться, что ваш жало может достичь необходимой температуры.



ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПАЙКЕ)

На наконечнике паяльника может скапливаться *тусклый серый и коричневый налет*, который влияет на его способность передавать тепло на деталь. Чтобы очистить наконечник, просто *протрите его влажной губкой или латунной ватой*, а затем добавьте на него немного припоя. Это поможет улучшить передачу тепла к паяному соединению.



Чтобы продлить срок службы наконечника паяльника, добавьте на него приличное количество припоя перед выключением . Это создаст защитный слой и поможет предотвратить окисление.

Надежно удерживайте печатную плату или компонент на месте с помощью паяльника. Клейкая лента поможет быстро закрепить провода и печатные платы на столе.

Лужение контактов

Всегда *зудите контакты и провода* перед тем, как пытаться спаять их вместе, это значительно облегчит их соединение.

Лужение в основном означает *покрытие проводов и паяльных площадок* соответствующим количеством припоя перед соединением. Лужение позволит вам паять быстрее, так как вы уже пропитали припоеем площадки и провода.

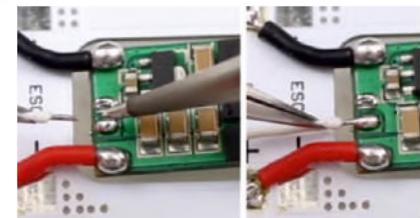
Для пайки площадок нанесите немного припоя на жало и прикоснитесь им к площадке. *Не используйте слишком много припоя*, так как это может привести к тому, что припой вытечет за край площадки и создаст беспорядок. Если вы используете припой не с канифольным сердечником или если припой не прилипает к площадке, то сначала нанесите на площадку немного паяльного флюса.



Для проводов *зачистите их*, чтобы обнажить достаточно длинны провода (*примерно на длину площадки*) для пайки, затем скрутите их и залудите. При нагревании проволоки обязательно используйте паяльник для нагрева проволоки, а не самого припоя. Когда провод достаточно нагреется, припой расплавится и соединится с проводом. Опять же, если припой не прилипает к проволоке, нанесите на нее немного паяльного флюса перед пайкой.

Самая распространенная задача пайки - *припаять провод к площадке* на полетном контроллере.

Чтобы начать работу, убедитесь, что *провод и площадка лужены*, а паяльник разогрет до нужной температуры. Затем расплавьте шарик припоя на площадке, нанесите флюс и поднеся к площадке провод, положите паяльник на провод и под воздействием температуры жала олово расплавится и провод утонет нем. Аккуратно уберите паяльник и подержите провод на месте *несколько секунд*, чтобы припой полностью остыл и затвердел. Так как провод может отпасть или появится микро трещины в соединении, которое может выйти из строя из-за вибраций и падений. *Не надавливайте сильно на провод паяльником, температура хватит*.



Не бойтесь использовать немного больше припоя. При недостаточном количестве припоя соединение может легко *разойтись*. Если в паяном соединении недостаточно припоя, оно будет выглядеть неровным, а жилы провода будут видны. Используя больше припоя, вы обеспечите более прочное и надежное соединение.

Готовые соединения должны выглядеть *круглыми, блестящими, прочными и полностью покрытыми припоеем*. Вот пример того, как должно выглядеть правильно спаянное соединение.

Пайка большого провода к площадке



При пайке больших проводов, таких как косичка *XT60* к *ESC*, важно настроить температуру паяльника соответствующим образом и использовать более *крупный паяльный наконечник*. Это обеспечит достаточный нагрев более толстого провода.

При лужении больших проводов и площадок используйте столько припоя, сколько может выдержать площадка, но *не слишком много*, чтобы не образовался паяльный мостик.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

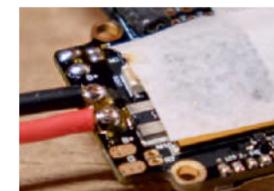
ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПАЙКЕ)



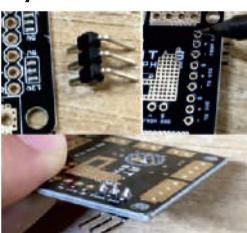
Также рекомендуется нанести приличное количество паяльного флюса на площадку перед соединением проводов.

Для расплавления припоя на паяльных соединениях провода батареи потребуется больше времени из-за большего куска металла. Будьте осторожны и не давите паяльником слишком сильно при расплавлении

припоя на большом проводе, так как это может привести к распутыванию проволочных жил. Удачное паяное соединение для больших проводов должно быть круглым, блестящим и полностью покрывать жилы.



Припаивание штырька заголовка к сквозному отверстию



Вставьте штырь в отверстие, удерживая его под нужным углом пальцами или пинцетом. Нагрейте на пару секунд и штырь, и кольцо на сквозном отверстии.

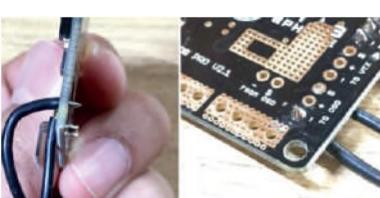
Поднесите припой к соединению, и оно должно получиться прочным, блестящим, похожим на вулкан.

Провод к сквозному отверстию

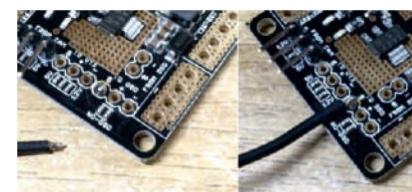
Здесь есть два варианта: вы можете поступить со сквозным отверстием как с площадкой для пайки (положить провод на отверстие и паять сверху) или сделать это как при пайке штырька заголовка (просунуть провод в отверстие, а затем паять снизу). Это

зависит от того, к какой стороне платы вам легче получить доступ.

Вот как припаять провод прямо поверх сквозного отверстия:



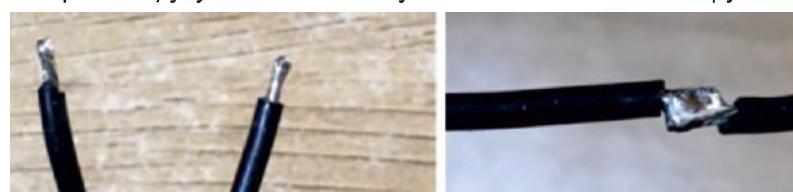
Вот как вставить провод в отверстие и припаять его снизу, как на штырьке заголовка.



Соединение двух проводов

Когда нужно соединить два провода, очень полезно иметь "третью руку" или шпатлевку blu-tack. Если вы планируете использовать термоусадочную пленку, не забудьте надеть ее на провода перед пайкой.

Для небольших проводов и быстрых работ можно припаивать один провод непосредственно рядом с другим. Также полезно скрутить их вместе перед пайкой, чтобы увеличить механическую прочность соединения.



При соединении двух многожильных проводов большого сечения расправьте жилы и прижмите их друг к другу, а затем скрутите, чтобы они не разошлись. Нанесите немного паяльного флюса и спаяйте провода вместе.

Этот метод позволяет максимально увеличить площадь контакта металлов, в результате чего паяное соединение получается меньше и прочнее. В любом случае, если соединение прочное, оно будет работать отлично.

Лапки на площадке

В этой работе не нужно лудить ни лапки, ни паяльную площадку.

Поднесите лапки к площадке и зафиксируйте его с помощью "Третьей руки"

Нагрейте контакт и площадку в течение нескольких секунд и нанесите припой на соединение.

Уберите паяльник и дайте ему остить.

При пайке нескольких контактов лапок убедитесь, что первый контакт прямой. Вся работа будет проще, если первая лапка будет надежно закреплена в нужном месте.

ПОНЯТИЕ БПЛА (ДРОН), СТРУКТУРА, ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ, НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИК УПРАВЛЕНИЯ + ПЕРЕДАТЧИК УПРАВЛЕНИЯ + АНТЕНЫ

ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПАЙКЕ)

Разъем Xt60

Закрепите разъем XT60 в руке или в настольном зажиме, чтобы он был устойчив во время пайки. Используйте небольшое количество припоя для очень легкого лужения внутренней части разъема XT60. Слишком много припоя может затруднить введение провода в отверстия.

Лудите электрический провод, нагревая его паяльником и нанося припой, пока он не будет равномерно покрыт.



Вставьте луженый провод в отверстие на разъеме XT60 и нагрейте паяльником провод и разъем.

Поднесите припой к соединению и дайте ему стечь на провод, пока он не будет полностью покрыт и утоплен в припое. **Будьте осторожны**, не наносите слишком много припоя, так как это может привести к образованию нежелательных мостиков между соединениями.

Когда соединение будет готово, уберите паяльник и дайте соединению остыть не менее 10 секунд, прежде чем приступать к работе с ним.

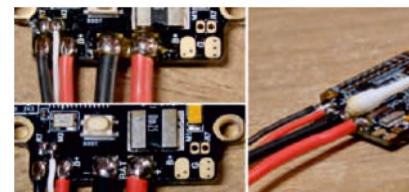


Совет: перед пайкой соедините разъем - это предотвратит деформацию пластика под воздействием тепла.

Очистка паяных соединений

После пайки вы можете обнаружить остатки припоя вокруг паяных соединений - это сгоревший флюс или просто остатки флюса. Некоторые флюсы более токопроводящие, чем другие, в зависимости от типа, поэтому их лучше очистить.

Вы можете использовать ватный тампон, смоченный в изопропиловом спирте, чтобы стереть остатки флюса. Можно также использовать кисточку, но убедитесь, что это кисточка с мягкой щетиной, чтобы не поцарапать компоненты.



Распространенные ошибки при пайке и способы их исправления

Пайка - необходимый навык для сборки и ремонта FPV дронов,

Перегрев

При пайке очень важно избегать перегрева небольших паяльных площадок. Если оставить жало на площадке надолго, медный слой может отслоиться от стекловолоконной печатной платы, что приведет к дорогостоящему ремонту или даже отказу от всего компонента.

Холодный шов

Если припой не полностью расплавился, или если вы использовали недостаточное количество припоя. **Холодное паяное соединение** выглядит зернистым и тусклым, считается плохим контактом между компонентами и часто ненадежно. Чтобы исправить ситуацию, нужно снова нагреть соединение и нанести больше припоя, пока оно не станет блестящим.

Еще одна проблема, которая может возникнуть - припой прилипает к жалу, когда вы вынимаете его из соединения. Это признак того, что флюс выгорел, и пора добавить еще немного паяльного флюса или использовать свежий припой.



ПАЙКА (ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПАЙКЕ)

Мостики припоя

Паяльный мост возникает, когда две соседние площадки случайно соединяются припоеем, создавая короткое замыкание. Решение - удалить излишки припоя с помощью жала.

Грязный паяльник

Загрязненный или окисленный наконечник может препятствовать надлежащей передаче тепла и приводить к холодным паяным соединениям. Регулярная очистка влажной губкой или латунной ватой может решить эту проблему.

Температура пайки

Слишком долгое нахождение жала на паяльной площадке может привести к перегреву, что приведет к повреждению компонентов или отваливанию медной площадки (*возможное исправление*). Поэтому важно быстро поставить и убрать жало.

Для этого рекомендуется использовать немного более высокую температуру, которая быстрее расплавит припой. Но **будьте осторожны**, не используйте слишком высокую температуру, так как это также может привести к повреждению.

300C° - для особо деликатных работ

390C° - для пайки сигнальных проводов на полетном контроллере или ESC

450C° - для больших разъемов, питания ESC и пигтейла Xt60

РЭБ (РЭР И РЭП)

ВВЕДЕНИЕ

Одной из серьезных проблем, с которой столкнулись подразделения уровня взвод-рота, а также бойцы штурмовых соединений в ходе специальной военной операции, стало отсутствие в подразделениях средств обнаружения и подавления малых БПЛА, в частности - продукции компании *DJI*. Попытки подавления стрелковым огнем, в соответствии с рекомендациями Министерства обороны РФ приводили и приводят к бессмысленной гибели или ранениям личного состава, а штатные средства **РЭБ** практически никак не воздействуют на коммерческую беспилотную авиацию.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Рассмотрим технологию обнаружения *БПЛА* коммерческого типа, а именно - продукции *DJI* (семейство *Mavik*, *Matrix*) и их аналогов (*Autel*, *Fimi*), гео-позиционирование у которых осуществляется на частотах 1100 -1600 МГц , передача телеметрии, аудио и видео сигнала на частотах 2400 Мгц и 5800 МГц.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для организации работы тактической группы используется программно-аппаратные комплексы:

ПАК «Мастерок-3», в состав которого входит:

1. Антенна KPM12-2400/5000 (Рабочий диапазон частот, МГц 2400-2500, 5150-5900) или KP-15-750/2900 (широкополосная 2G\3G\4G антенна 15 Дб)

2. Измерительная антенна KM-6-600/6000

3. Анализатор спектра ArinstSSA-TGR2 , китайский «аналог» SA6, или другой с аналогичным функционалом
*для работы необходимо установить ПО Дополнительно, для удобства оператора комплекса, возможно использование мобильных устройств (смартфона или планшета (ОС *Android*), PC (*WIN*)) подключаемого к анализатору по протоколу *Bluetooth*.

■ РЭБ (РЭР И РЭП)

1. Антенна КР-15-750/2900 (широкополосная 2G\3G\4G антenna 15 дБ)
KPM12-2400/5000 (Рабочий диапазон частот, МГц 2400-2500, 5150-5900)



2. Измерительная антенна КМ-6-600/6000



3. Анализатор спектра ArinstSSA-TGR2 , китайский «аналог» SA6, или
другой с аналогичным функционалом

*для работы необходимо установить ПО



РЭБ (РЭР И РЭП)

Анализатор спектра частот. Крайне необходимый прибор в зоне **CBO**. При правильном использовании - позволяет поразить противника приливом суицидальных настроений за потерянные птицы.

Итак: Анализатор спектра частот направленного действия, сканирует квадрат на несколько километров на предмет наличия в спектре пика различных частот, по которым можно определить, что за БПЛА находится в воздухе

1.1, 1.2 - камикадзе, Баба-Яга

2.4 - дрон-разведчик (Мавик)

5.8 - камикадзе

Анализаторы спектра частот, некоторые модификации, идут в наборе с экраном, который может подсоединяться к камере ФПВ дронов, и **антидронщик** улавливает сигнал с камеры вражеского дрона и может даже смотреть, куда он летит. Облегчает работу для комплексов **РЭБ**, антидроновых ружей, так как вы уже знаете, на какой частоте, какая модель коптера и разновидность двигается в вашем квадрате.

Крайне необходим перед:

1. взлетом вашего БПЛА, чтобы посмотреть, нет ли дежурившей птицы.
2. посадкой вашего БПЛА, чтобы убедиться, что вы не привезли за собой хвост (так часто делаем мы, прыгая на хвост вражеской птицы и уничтожая расчет БПЛА)
3. при ротации на предмет наблюдения

Вещь недорогая, но советую не экономить, спасет жизнь, поможет оставаться незаметным.

ПАК Система Обнаружения и Подавления Дронов ЛПД-820

В состав комплекса входит модуль обнаружения дронов, который позволяет выявлять сигналы на частотах 2400 МГц и 5800 МГц, а также на дополнительно настраиваемой пользовательской частоте от 100 МГц до 6000 МГц, а также подавитель дронов **ЛПД-801**.

Индикация обнаружения дрона осуществляется с использованием светового и звукового сигнала, также имеется возможность использования любых типов наушников (включая активные)

ОБНАРУЖЕНИЕ БПЛА ПРОТИВНИКА

Учитывая то, что передача сигнала с коптера на пульт оператора идет на частоте WiFi, для обнаружения БПЛА используется метод анализа частот.

На настоящий момент в составе **ПАК «Мастерок-3»** используются антенны KPM12-2400/5000 (Рабочий диапазон частот, МГц 2400-2500, 5150-5900) или KP-15-750/2900 (широкополосная 2G\3G\4G антенна 15 дБ) и измерительная антенна KM-6-600/6000 продукции фирмы KROKS. Преимущество первых - в большей точности и дальности измерения за счет более сильного усиления сигнала, второй - в более широком диапазоне наблюдения.

Рекомендуется применение обеих антенн в комплексе.

С антеннами путем соединения SMA-male-female и коаксиального кабеля сигнал подается на анализатор спектра ArinstSSA-TGR2. При сборке **ПАК**, согласно фабричным требованиям производителей СВЧ коаксиальных разъемов с резьбовым типом соединения, при соединении **НЕЛЬЗЯ** допускать проворачивания центрального контакта входящего в принимающую его цангу. Для этого необходимо удерживать осевое основание накручиваемой половины разъема, допуская вращение только самой гайки, а не всей наворачиваемой конструкции. При этом значительно уменьшается царапанье и прочий механический износ сопрягаемых поверхностей, обеспечивая лучший контакт и продление числа циклов коммутации.

Для удобства работы с **ПАК**, а также возможности удаленного получения и анализа информации оператором **ПАК**, возможно сопряжение комплекса с устройством на базе ОС Android путем Bluetooth соединения.

Программное обеспечение Arinst доступно для скачивания в Google market, не требует лицензирования. В самом программном обеспечении оператор **ПАК «Мастерок-3»** может устанавливать необходимый ему диапазон частот для наблюдения, что позволяет ему обеспечивать поиск БПЛА противника во всех необходимых диапазонах. Установка частот производится путем открытия меню в программе Arinst нажатием на иконку меню в левом верхнем углу программы. В меню выбирается подпункт **«Диапазон» (Amplitude)** в котором выставляются данные начала и конца спектра.

Рекомендуется выставлять диапазон в 100 МГц с шагом шкалы в 10 МГц.

Пример:

Старт: 2400 МГц, Конец: 2500 МГц, Шаг: 10 МГц

Так же предусмотрено сохранение наиболее часто используемых настроек.

РЭБ (РЭР И РЭП)

Собранный комплекс устанавливается на треногу с ручным или механическим вращением антенны, после чего **ПАК «Мастерок -3»** готов к работе.

Эффективная дальность обнаружения коптера *Мавик-3* составляет до **1500 метров**. Возможно увеличение дальности путем замены антенны на изделия с большем усилением.

В момент обнаружения цели на частотах *от 2400 до 2500 МГц или от 5800 до 5900 МГц* фиксируется резкое и характерное увеличение сигнала, носящее волнообразный характер на *10-15 децибел (до третьей линейки в программе Arinst)*, которое по мере приближения к посту оператора увеличивает амплитуду. Пеленг на сигнал и является пеленгом на *БПЛА* противника.

ПАК «Мастерок -3» также способно засекать работу **РЭБ** противника. В таком случае наблюдается повышение мощности радиосигнала по всему спектру наблюдения.

Питание комплекса осуществляется от *переносных аккумуляторов (пауэрбанок)* путем USB-соединения.

Для оптимизации работы с анализаторами спектра, возможно использование *Android-приложение DroneAlert* (в ТГ @DroneAlert). Приложение **"DroneAlert"** предназначено для мониторинга и сигнализации об обнаружении радиосигналов, включая сигналы беспилотных летательных аппаратов (дронов).

Что дает:

- экономию человека-часов т.к. оператору нет необходимости постоянно смотреть в экран анализатора спектра
- экономию на оборудовании: программа работает с дешевыми гражданскими анализаторами спектра на обычном смартфоне.

Основные функции:

- детекция сигналов
- классификация сигналов дрон/не дрон (пока в тестовом режиме)
- возможность сканирования сразу нескольких диапазонов частот
- звуковая или вибра сигнализация при обнаружении сигналов.
- поддерживается сканирование с выключенным экраном: можно спрятать телефон + анализатор в рюкзак/разгрузку с запущенной программой и иметь средство оповещения на ходу

Системные требования:

Приложение работает на мобильных устройствах (смартфонах, планшетах) под управлением *Android 6+*, подсоединеных к анализатору спектра через OTG USB кабель.

Поддерживаются анализаторы спектра след. моделей:

- *Arinst SSA-TG*
- *Arinst SSA-TG-WA*
- *Arinst SSA-TG-LC*
- *Arinst SSA-TG-R2*
- *Arinst SSA-TG-LC-R2*
- *Asinst SSA-R2*
- *Sab*

Программа содержит следующие элементы пользовательского интерфейса:

1. Меню “Настройки” содержит сохраняемые преднастройки приложения: настройки алгоритмов и стартовых частот, отображаемых в нижней части экрана
2. Имя подключенного анализатора спектра
3. Уровень сигнализации: отключено / любой сигнал /дрон (только БЛА)
4. Настройки звука
5. Шаг - ширина полосы пропускания. Соответствует одной точке на графике сканирования.
6. Частоты сканирования. Возможно ручное добавление/удаление/редактирование или выбор известных частот БЛА см. меню Настройки → Частоты
7. Кнопка запуска сканирования. При ее нажатии происходит переход на экран сканирования с выбранными настройками.
8. Выбор файлов для просмотра записей радиоданных

РЭБ (РЭР И РЭП)

1. Инструкция для операторов дронов с «1001» версией прошивки для Mavic3 от русских хакеров.

В дроне прошита «1001» версия прошивки. Это позволяет использовать дрон обходя некоторые ограничения, заложенные в него заводом-изготовителем.

Изменения в прошивке:

- отключен DRONE ID;
- отключены NFZ;
- добавлен режим «Антиспуфинг, быстрый взлёт без GPS»;
- активирован FCC на самом дроне (дополнительно используется частота 5,8 ГГц и большая мощность передачи данных - увеличивается дальность связи с дроном);
- удалены все ограничения (дальность, высота и т.д.) если вход в аккаунт приложения DJI FLY не выполнен;
- лимит по дальности установлен «без ограничений», а максимальная высота по умолчанию 10 км в независимости от местоположения на карте (даже в зонах с ограничениями высоты);
- выключена система Airsense;
- добавлена возможность снижения при заслоненном нижнем сонаре;
- заблокирована возможность перепрошивки на заводскую версию.

Некоторые эти изменения можно **«включить»** или **«выключить»** вводя команду в поле «Название» в окне **«Информация»** настроек приложения DJI FLY.

Дрон может летать «без GPS» и «с GPS».

В прошивке «1001» добавлена возможность полета с полным игнорированием данных от GPS-модуля («Антиспуфинг, быстрый взлет без GPS»), с принудительно заданными координатами (0; 0). В этом режиме в пиктограмме количества спутников отображается белый **НОЛЬ**.

2. Переключение между режимами «без GPS» и «с GPS» можно произвести либо центральным переключателем

«CINE»/«NORMAL» либо командами **«gps_off,»/«gps_on,»**.

Режим «без GPS»

«Антиспуфинг, быстрый взлет без GPS» (положение переключателя «CINE» или команда **«gps_off,»**) - позволяет быстро взлетать и летать без GPS сигналов от спутников, выполняя полет только визуально по камере. В этом режиме недоступно все, что основано на GPS: весь полет координаты местоположения дрона статичные (0; 0), на карте трек не рисуется, дистанция не отображается, не работает возвращение в Домашнюю Точку (*Home Point*) и полёт по заданным на карте точкам. В этом режиме дрон становится не подвержен атаке GPS-спуфинга (подмене координат, т.е. «угону»).

Если РЭБ подделывает сигнал от GPS спутников:

- сдвигает в аэропорт;
- меняет текущее местоположение;
- меняет высоту или скорость движения, то дрон никак на это не реагирует - он не видит реальные данные от GPS.

В этом режиме позиционирование и стабилизацию дрон выполняет только по нижним датчикам, не используя GPS, поэтому чем выше высота полета - тем хуже он будет держать себя и сноситься ветром.

Зачастую на высотах более 200 метров он будет переходить в **ATTI** режим - зависит от поверхности снизу.

Также, находясь в данном режиме можно летать в **SPORT**-режиме, для этого нужно ввести команду **«cine_sport,»**. Это позволит лететь с большей скоростью, углами наклона и игнорированием препятствий.

Для переключения в **нормальный** режим полета (но по-прежнему без спутников) нужно ввести команду **«cine_normal,»**. Также из этого режима доступны команды **«tof_off(on),»** **«leds_off(on),»** **«up1000,»** **«up9999.»**

Режим «с GPS»

«Заводской режим с позиционированием по GPS» (положение переключателя «NORMAL», «SPORT» или команда **«gps_on»**) - штатный полет с использованием координат GPS спутников. Отображаются корректные координаты и трек полета дрона (только не в **ATTI** режиме), работает возврат в Домашнюю Точку (*Home Point*).

РЭБ (РЭР И РЭП)

В этом режиме дрон может быть уязвим для *GPS-спуфинга* (подмены координат), т.е. его могут «*угнать*». В отличии от заводской в «**1001**» высота жестко прибита к барометру, то есть к спуфингу высоты дрон *невосприимчив*. Также, находясь в данном режиме можно летать в **SPORT**-режиме, для этого нужно перевести центральный переключатель в «**SPORT**». Это позволит лететь с большей скоростью, углами наклона

3. Игнорированием препятствий.

Для переключения в *нормальный* режим полета со спутниками нужно снова вернуть переключатель в положение «**NORMAL**». Также из этого режима доступны команды: «*gps_off*», «*cine_normal(sport)*», «*tof_off(on)*», «*leds_off(on)*», «*up1000*», «*up9999*».

Во время выполнения полета можно переключать режимы «**с GPS**» или «**без GPS**».

В режиме «**с GPS**» при наличии спутников домашняя точка обновится (либо можно обновить её вручную) и будет доступен возврат домой.

Фактически режим «**Антиспуфинг, быстрый взлет без GPS**» - программный аналог платы, которую устанавливают в непрошитые дроны.

Во всех режимах максимальные радиус и высота полета, выставленные на пульте игнорируются и дрон ведет себя так, как если бы на пульте задано «**без ограничений**».

Ограничение по высоте полета по умолчанию выставлено в 10 км (установить 1 км можно командой «*up1000*»).

Положение центрального переключателя в «**CINE**» переопределено - фактически он включает режим **NORMAL+gps_off**. Если нужно **SPORT+gps_off**, то дополнительно нужно ввести команду «*cine_sport*».

Режим «**без GPS**» / «**с GPS**» зависит от положения центрального переключателя на пульте при включении или переключения во время работы.

ПРИМЕЧАНИЯ

Каждая команда заканчивается «запятой», не забывайте про это при вводе;

- Чтобы не запутаться рекомендуется выполнять весь полет в одном режиме: либо «**без GPS**», либо «**с GPS**»;
- Если полет начался в режиме «**без GPS**», то при переключении в режим «**с GPS**» дрон снова становится уязвим для *GPS-спуфинга*;
- Если в полёте по *GPS* началось странное поведение дрона, то лучше сразу перейти в режим «**Антиспуфинг, быстрый взлет без GPS**» (положение переключателя «**CINE**» или команда «*gps_off*»);
- Если в полёте в режиме «**Антиспуфинг, быстрый взлет без GPS**» («**CINE**» или «*gps_off*») был ещё и режим **ATTI**, то при переключении в «**GPS**» («**NORMAL**» или «*gps_on*») можно увидеть «*ошибку полетного контроллера*».

Данная ошибка не мешает полёту;

- Для выхода из **ATTI** режима рекомендуется снизить высоту, чтобы снова «зашелиться» за землю нижними камерами;
- Переключать режим нужно при *включенном* дроне и *включенном* пульте. Если при включении пульта и дрона значение переключателя не соответствует отображаемому на экране режиму в приложении *DJI FLY*, то нужно переключиться на пульте в другой режим и через пару секунд вернуть переключатель обратно в нужное положение;
- С дроном прошитым «**1001**» можно использовать любую версию *DJI FLY*. Тестирование прошивки проводилось с использованием версий 1.5.10, 1.9.9, 1.10.1, на более свежих версиях - возможны изменения в поведении;
- В последних версиях *DJI FLY* (например 1.10.6) отсутствует кнопка выбора двухполосного радиоканала во вкладке «**Передача**». При включении дрона с «**1001**» прошивкой радиообмен производится в двух диапазонах, если кнопки 2,4 и 5,8 не нажимать. Но если выбрать кнопкой хоть один из этих диапазонов, то вернуться в двухполосный режим уже не получится без перезагрузки;
- Если в дроне уже установлен усилитель (*бустер*) на 2,4 ГГц, то при каждом включении дрона нужно принудительно выбирать частоту 2,4ГГц. Иначе дрон будет работать в двух частотах, и при переходе на 5,8ГГц радио тракт будет работать без усилителя;
- После перезагрузки дрона значения команд «*leds_off(on)*» и «*cine_normal(sport)*» запоминаются, а состояния остальных введенных команд не сохраняются;

- Определить, что дрон прошил на «**1001**» прошивку можно визуально: в отличие от заводского, прошиитый «**1001**» при включении питания в пиктограмме с количеством спутников отсчитывает: 99,88,77,66,55,44,33,22,11.

РЭБ (РЭР И РЭП)

Краткое описание команд и изменений приведено в «Памятке оператору дрона Mavic3 перепрошитого на «1001» версию»

Памятка оператору дрона Mavic3 перепрошитого на «1001» версию

В drone зашита «1001» версия прошивки от русских хакеров со следующими изменениями:

Команда в интерфейсе пульта дрона в поле «Название дрона»

Описание

Включение Отключение

Дрон не виден на аэроскопе

(DRONE ID отключен)

- Дрон не отсылает информацию о себе в аэроскоп: не свое местоположение, ни точку дом, ни координаты оператора.

Можно использовать любую версию DJI FLY и Iphone.

Отключены NFZ

- Дрон не будет реагировать на попадание в NFZ (NoFlyZone).

Телефон будет показывать, что дрон в NFZ и будет посажен, но это никак не влияет на полет самого дрона - нужно спокойно игнорировать эти сообщения.

1. Добавлен режим полета «без GPS»;
2. Антиспутнинг GPS, быстрый взлёт без GPS - gps_off, gps_on,
3. Команда «gps_off» активирует режим «без GPS». При этом полностью игнорируется принимаемая информация от GPS- модуля, с вечной обманкой что сигнал от нуля спутников сильный, а координаты всегда (0;0). Это позволяет сразу же после включения дрона НЕ ждать спутники, как будто он их сразу поймал, в координатах (0;0) поставил Home Point и снял все ограничения на взлет.
4. При этом пиктограмма спутников с количеством НОЛЬ становится белой (на андроид-версии приложения).
5. Также этот режим включается переключателем на пульте в положении «CINE».
6. Полет в этом режиме осуществляется визуально – по камере.
7. Команда «gps_on» позволяет летать дрону ориентируясь по GPS. Также этот режим включается переключателем на пульте в положении «NORMAL». В этом режиме дрон уязвим для GPS-спутнинга (подмены координат), т.е. его могут «угнать» РЭБ.
8. Переключение в режим SPORT при опции «gps_off», «cine_sport», «cine_normal», При переключении на пульте переключателя в положение "CINE" (gps_off,) по умолчанию дрон летает в режиме NORMAL.
9. Если нужно летать быстрее в SPORT+ «gps_off», то дополнительно нужно ввести команду «cine_sport,».
10. Максимальная высота полета 10km ир1000, ир9999,
11. Максимальная высота полета дрона 9999 м (10 км) установлена по умолчанию (или задается командой «ир9999,»), а командой «ир1000,» выставляется в заводское ограничение 1000 м (1 км). Все остальные ограничения по высоте удалены.
12. Активация FCC на дроне - Дополнительно используется частота 5,8 ГГц и большая мощность передачи данных - увеличивается дальность связи с дроном. Диапазон 5,8 ГГц доступен на любом пульте управления, это активировано на самом дроне.
13. Удалены все ограничения (дальность, высота) если вход в аккаунт в приложении DJI FLY не выполнен
14. Удалены ограничения по высоте/дальности в 30/50 метров от места запуска если НЕ ВОЙТИ в учетную запись в приложении DJI FLY.
15. Автоматическое отключение системы AirSense
16. AirSense - это система, которая позволяет дрону принимать сигналы, посылаемые самолетами или вертолетами (используя протокол ADS-B), и предупреждает пользователя о наличии поблизости пилотируемого самолета или вертолета. В случае критической близости - блокирует управление.
17. Отключение нижнего сонара на случай, если дрон не будет снижаться из-за того, что он будет заслонен подвесом или грузом tof_on, tof_off, В случае если нижний сонар (не камеры) перекрывается подвесом или грузом дрон не летит вниз: ни по стикам, ни по команде «посадка». В этом случае команда «tof_off», принудительно выключит его и позволит дрону лететь вниз.

РЭБ (РЭР И РЭП)

18. В этом режиме нужно садиться вручную - штатная система не видит препятствий снизу.
19. Отключение бортовых огней `leds_on`, `leds_off`. Светодиоды на лучах дрона включаются командой `«leds_on»` и выключаются командой `«leds_off»`.

Невозможность перепрошивки

- Нельзя перепрошить заводскую версию прошивки поверх 1001, тем самым удалив внесенные в нее изменения.

РЭБ продолжение

Операторов *FPV* немного, и их подготовка требует сложных усилий. *FPV* - это не "крылья", операторы всегда находятся близко к линии фронта. Противник это осознает и активно пытается обнаружить местоположение операторов и уничтожить их.

Точность определения местоположения с помощью радиоэлектронной разведки (РЭР) зависит от расстояния между радиопеленгаторами противника и передовой. Обычно эти пеленгаторы не находятся ближе 10 километров от стационарных комплексов или 3 километров от мобильных. В результате, точность определения местоположения на расстоянии 5 километров от передовой будет не более 200 на 200 метров, а на 10 километрах - 400 на 400 метров. Пилоты беспилотных летательных аппаратов противника заняты другими важными задачами, поэтому их численность невелика.

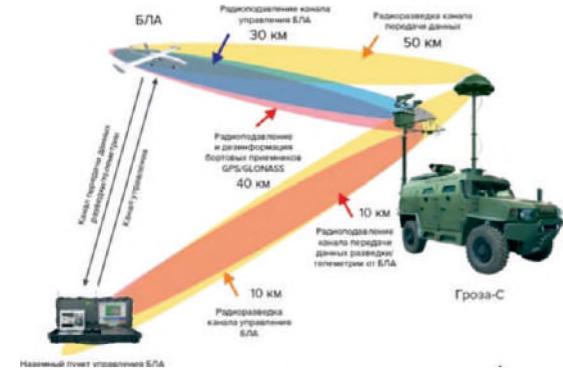
1. **Управление дроном с земли.** Этот вариант встречается нередко, поскольку он не требует долгого времени на достижение цели. В таком случае обнаружить пульт управления РЭР на земле сложно. Однако, чем выше находится дрон в воздухе, тем выше вероятность его обнаружения с помощью РЭР. Посему летим на самом низком уровне. При взлете не поднимайтесь резко вверх, а двигайтесь в сторону от себя на низкой высоте, затем плавно повышайте высоту, меняя маршрут в направлении противника.
2. **Полеты на большой высоте.** В этом случае также существует риск обнаружения пульта управления. Моя рекомендация - использовать направленные антенны с узким углом раскрытия, например, антенну с большим количеством элементов в волновом канале. Если возможно, закройте антенну по бокам чем-то металлическим на расстоянии не менее 1,5 метров, чтобы излучение не распространялось боковыми лепестками. Например, можно выполнять полеты внутри здания через отверстие окна, находясь в метре от него.
3. **Полеты с использованием ретранслятора.** В этом случае ситуация более благоприятная. Ретранслятор, находящийся в воздухе, виден на расстоянии 40 километров. Противник хорошо знаком с сигналами *CrossFire* и *LRS*, используемыми ретрансляторами. Поэтому старайтесь улетать с ретранслятором как можно дальше в сторону. Как уже было упомянуто, точность РЭР недостаточна для точного наведения артиллерийского огня на пилота. Противник понимает, что погрешность артиллерийского огня и определения местоположения пилота делают эту задачу невозможной, поэтому для точной разведки он отправит крылатый беспилотный аппарат. Он будет пытаться обнаружить вас в указанном квадрате визуально. Поэтому важно обеспечить маскировку вашего транспорта и позиции. Не забывайте и о ретрансляторе, который также может привлечь внимание противника.

Аналоговая и незашифрованная передача видео через *FPV* позволяет противнику легко увидеть его содержимое. На видеопотоке часто отображается информация о дальности полета. Наблюдая за картинкой, можно примерно определить пункт отправления, если пилот летел по прямой. Многие подразделения также выводят на картинку свой идентификатор для подтверждения выполнения задач. Противник, перехватив такой видеосигнал, будет решать, насколько важно уничтожить именно эту группу опытных пилотов.

Помните, что вы сами можете привлечь нежелательное внимание.

Итак, краткое подведение итогов:

- Определение местоположения с помощью РЭР недостаточно для успешного уничтожения пилотов, но можно обнаружить общие квадраты;
- Важна общая маскировка, противник обязательно будет проводить визуальный поиск в вашу сторону;
- Используйте направленные антенны с узким углом раскрытия;
- Полет *FPV* следует осуществлять на минимальной возможной высоте;
- Ретранслятор виден на большое расстояние, его следует размещать в стороне;
- Обдумывайте, какую информацию выводить на видеопоток с дрона.



ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность при работе с БПЛА

Согласно технике безопасности, любой летательный аппарат **должен пройти предполетный осмотр**, который определит исправность всех систем. В идеале **БПЛА** должен быть готов к полету при половине нормы газа. Также стоит проверить исправность всех деталей. Необходимо проконтролировать, чтобы до того, как дрон будет готов к полету, **не было подключения кабеля к плате**. Если вы используете **GPS - модуль**, для того чтобы пилотирование было контролируемым, необходимо, чтобы **аппарат определил необходимое число спутников GPS**. Только после этого можно **разблокировать пропеллеры**. Еще одним параметром, требующим проверки, является **точка возвращения**. Если точка возврата не установлена, необходимо перезагрузить аппарат и обновить **GPS спутники** и координаты точки возвращения. Сбой в навигации может стать причиной потери управления коптером, которая в свою очередь может иметь **трагические последствия**. Наиболее безопасными считаются модели, в которых **не использованы карбон и стекловолокно**, поскольку данные материалы способны нанести серьезные травмы людям и повреждения имуществу. Пилотирование дрона требует некоторых навыков, получать которые выгоднее на недорогой и легкой модели. К тому же в таком случае поломка из-за ошибки пилота обойдется куда дешевле во всех отношениях. После покупки, не стоит сразу переходить к полетам. Прежде всего, нужно внимательно *изучить инструкцию*. Для начала эксплуатации оптимально подойдут **простые режимы**. Освоив их, можно использовать более сложные.

Безопасность при подготовке к полёту:

- Перед использованием квадрокоптера необходимо проверить его визуально на целостность и надёжность узлов, а также на правильность установки винтов и моторов!
- Затянутость гаек крепления рамы
- Затянутость гаек (колпаков) винтов
- Убедиться, что нет никаких повреждений на основных элементах квадрокоптера
- Проверить надежность крепления проводов, при необходимости затянуть торчащие и болтающиеся провода стяжками
- Проверить целостность защиты
- Убедиться, что аккумуляторы заряжены
- Убедиться, что пульт дистанционного управления настроен и заряжен. 4. Необходимо обязательно и заранее обозначить зону пилотирования

Безопасность перед вылетом:

- Необходимо расположить зрителей за спиной пилота.
- Не допускать выхода зрителей полусферу перед лицом пилота (в область пилотирования БПЛА).
- Подключать аккумулятор только перед взлётом, отключать сразу после посадки.
- Стоять на расстоянии не менее 3 м от квадрокоптера (при пилотировании на открытой площадке), находиться ближе можно только в случае, если БПЛА находится в специальной зоне, ограниченной сеткой.
- Взлетать с земли с ровной площадки.
- Если при включении винтов (ARM) вы слышите какие-либо посторонние звуки, немедленно отключите его (DISARM). Возможно, в пропеллеры попали провода или шлейф. Необходимо еще раз проверить дрон на наличие неполадок. Пилот дрона должен всегда помнить о том, на какое время полета рассчитаны батареи аппарата. Не стоит совершать полет более длительный, чем указано в инструкции. Несоблюдение любой из рекомендаций изготовителя грозит как минимум повреждение дрона. В случае снижения тяги может возникнуть дестабилизация и авария дрона, которая в свою очередь грозит травмами и ущербом. Многие страны уже ввели законы, которые регламентируют использование коптеров и запрещают их запуск вблизи людей. Причиной данного ограничения являются несчастные случаи, произошедшие в последние годы. Соблюдение безопасной дистанции необходимо при каждом запуске аппарата и является первым правилом безопасности. Даже самый легкий дрон способен нанести серьезные травмы и даже убить человека. В целях безопасности стоит не выпускать дрон из поля зрения и следить за перемещением людей вокруг

Безопасность во время полёта:

- Выполнять все указания лётного инструктора.
- При обучении полетам в помещении, летать на уровне ниже собственной груди.
- Летать рядом с собой на расстоянии, на котором вам видна ориентация коптера в пространстве.
- При управлении, все движения стиками необходимо выполнять аккуратно и плавно. Не допускать резких движений. В противном случае коптер может резко набрать скорость полета и велика вероятность его разбить.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность во время полёта:

- Летать следует осторожно и выполнять только те элементы, в которых нет сомнений. Запрещается выполнять фигуры пилотажа, в успехе которых возникают сомнения и фигуры, связанные с риском.
- Соблюдать скоростной режим. Скорость полёта коптера держать в пределах скорости идущего человека.
- Вернуть коптер к месту посадки к рассчитанному времени, не допускать полной разрядки аккумулятора в полёте.
- Посадку выполнять только на ровную открытую площадку, вдали от препятствий.
- В случае удара о землю или жёсткой посадки выполнить следующие действия:
 1. Прекратить полёт. Посадить коптер на землю.
 2. Disarm (отключить двигатели)
 3. Отключить аккумулятор на коптере.
 4. Выключить пульт.
 5. Осмотреть коптер и (при необходимости) отремонтировать.
 - После запланированной посадки выполнить следующие действия:
 1. Disarm (отключить двигатель).
 2. Отключить аккумулятор на коптере.
 3. Выключить пульт.

АВАРИЯ !!!

Не важно, насколько вы опытны. Если у вас есть беспилотник - надо понимать, авария может случиться. Иногда по вашей вине, иногда вследствие неконтролируемых вами причин. Так что же делать если он все-таки упал? Прежде всего, разыщите его. Проверьте его на повреждения. Запишите, какой ущерб ему нанесен. Вы используете эту заметку в том случае, если нужно будет обращаться к производителю. Выключите БПЛА и снимите батарею и пропеллеры. Очистите грязь, песок и прочий мусор стерильными салфетками. Пока дрон перевернут, поверните винты, чтобы сместить песок и грязь, затем подуйте в каждый (или используйте сжатый воздух), чтобы убрать оставшуюся грязь

АВАРИЯ !!!

Проверьте батарею на предмет повреждения корпуса. Снимите все пропеллеры. Убедитесь, что они не деформированы и трещин нет. Если проблемы есть - замените пропеллер. Проверьте все детали стабилизатора и устройства для защиты от падения, чтобы убедиться, что они надежно закреплены и не повреждены. Проверьте раму на наличие трещин, включая стойки. Проверьте каждый двигатель, как он закреплен, каждый шуруп. По завершении тщательной очистки, вставьте обратно батарею. Перезагрузите БПЛА на ровной поверхности и снова запустите. Запустите двигатели без пропеллеров, проверьте, не вибрируют ли они. Выключите двигатели. Присоедините винты. Повторно запустите двигатели и проверьте опять, не вибрирует ли устройство.

АВАРИЯ !!!

Поднимите БПЛА на небольшую высоту, чтобы проверить, нет ли непонятных движений, покачиваний. Произведите один полет на большую дистанцию. Он должен быть низкоскоростным и не высоко от земли (избегайте поверхности воды), чтобы убедиться, что все работает. Беспилотники - очень сложные устройства, которые опираются на несколько разных систем, чтобы летать правильно. Вы не можете повлиять на программное обеспечение и аппаратуру, но, если вы знаете о вопросах, которые можете контролировать и ошибках, которых можете избежать, вы сможете минимизировать вероятность падения, или даже потери квадрокоптера. Большинство аварий можно предотвратить простой бдительностью и аккуратностью при подготовке к полету и в процессе самого полета

КАРТОГРАФИЯ

Ориентация

Позиционирование в пространстве осуществляется с помощью **GPS** (**NAVSTAR GPS**).

Эта система мониторинга была создана и реализована

Министерством обороны США. Она начала функционировать в 1994 году с 24 спутниками (в 2019 году на орбите высотой 20200 км находился 31 спутник).

Каждый **GPS-спутник** непрерывно передает радиосигнал, который состоит из двух несущих, трёх-четырёх кодов и навигационного сообщения.

GPS использует принцип множественного доступа с кодовым разделением (**CDMA**).

Первоначально **GPS** была разработана, как **военная система**, но также была доступна для гражданских лиц. Однако для сохранения военного преимущества Министерство обороны США предоставляет два уровня **GPS-позиционирования**:

- для военного использования – Служба точного позиционирования (**PPS**);
- для общего пользования – Служба стандартного позиционирования (**SPS**).

Система GPS имеет два кода (и две несущие):

- Первый код является неточным кодом (**C/A-код**), и относится к Службе стандартного позиционирования (**SPS**), доступной для гражданского использования всеми пользователями.
- Второй код - это точный код (**P/Y-код**), которым модулируются обе несущие, и он относится к Службе точного позиционирования (**PPS**), предназначеннной для военных пользователей США.

Точность PPS в два раза лучше SPS (точность по PPS = 1,5-15 м в течение 95% времени против точности по SPS = 3-30 м).

Пилот должен иметь навыки управления дроном в условиях отказа навигационной системы после попадания под действие РЭБ, отказа компаса или пользования дроном внутри помещения.

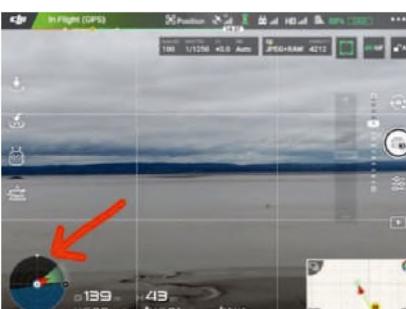
Навигация

В общем значении навигация - процесс управления некоторым объектом (в том числе информационным), который имеет свойственные только ему методы передвижения в определённом пространстве.

В навигации можно выделить следующие две составляющие: **теоретический обоснование и практическое применение методов управления объектом маршрутизации** (её вид – **маршрутизация в информационных сетях**), **выбор оптимального пути прохождения объекта в пространстве**. В информационных технологиях, информационных системах рассматривается навигация:

- в **WWW**;
- на **Веб-странице**, на **Веб-сайте**.

На каждой странице **Википедии** вверху левой колонки имеется группа ссылок под названием «**навигация**».



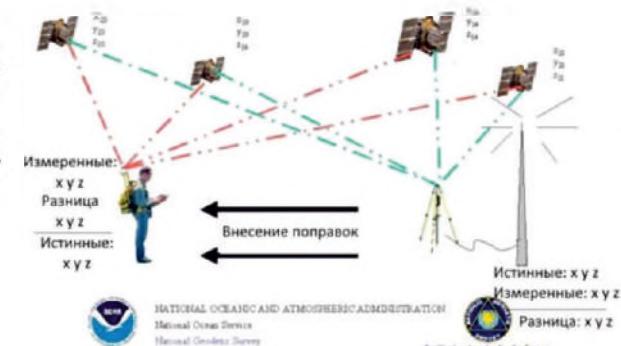
Аэронавигация (воздушная навигация) - наука о методах **вождения летательных аппаратов** по заданным курсу и высоте с соблюдением определённого времени полёта.

Способы, используемые для навигации в воздухе, зависят от используемого пилотом правила полёта:

- по **правилам визуального полёта (ПВП)**;
- правилам полёта по приборам (**ППП**).

Во втором случае пилот будет осуществлять **навигацию** исключительно с использованием пилотажных приборов и средств радионавигации, таких как **радиомаяки**, или следовать указаниям **радарного управления**, выдаваемых системой управления воздушным движением.

В случае **ПВП** он будет в значительной степени осуществлять **навигацию** с помощью методов **«вычисления координат»** в сочетании с визуальными наблюдениями (лоцманская проводка) со ссылкой на соответствующие карты. Это может дополняться **радионавигационными** средствами.



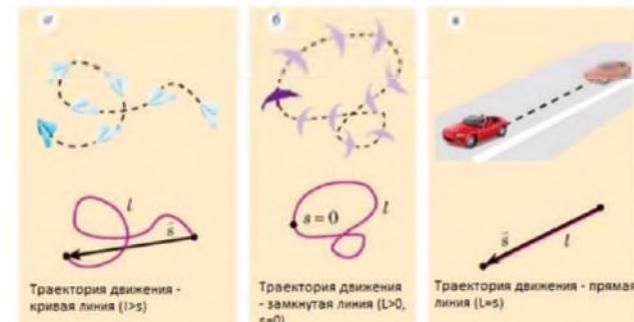
КАРТОГРАФИЯ

Основные виды аэронавигации:

- полёт по наземным ориентирам;
- компасная аэронавигация;
- радионавигация;
- астронавигация.

Под радионавигацией понимаются радиотехнические методы и средства получения информации о положении и движении, а также управления подвижными объектами для информационного обеспечения точного перемещения подвижного объекта по определённой траектории и его точного вывода в заданный пункт в назначенное время оптимальным для данных условий способом.

При решении навигационных задач перемещение объекта должно выполняться по определённой траектории. Проекцию траектории полёта на земную поверхность называют линией пути. Траектория состоит из совокупности точек, в которых последовательно должен находиться объект. Точку, в которой находится движущийся объект, называют его местонахождением.



Ориентирование на местности

Ориентироваться на местности - умение определять свое местонахождение относительно сторон горизонта.

Стороны горизонта:

- основные – север, юг, запад и восток;
- промежуточные – северо-восток, юго-восток, юго-запад и северо-запад.

Определять стороны горизонта можно по природным объектам:

- Муравейники почти всегда расположены с южной стороны дерева, пня или куста.
 - Кора у одиночных деревьев с северной стороны более толстая, часто покрыта мхом.
 - В ясный день можно ориентироваться по Солнцу. В полдень, в 12 часов, Солнце находится на юге. Поэтому тень от предметов будет направлена на север. Линию тени север-юг называют полуденной линией.
- Ориентироваться можно по Полярной звезде, которая всегда указывает направление на север с точностью до 1°.

Как запомнить:

Для определения сторон горизонта по направлению на север нужно стать лицом на север и развести руки в стороны. Справа будет восток, слева – запад, а сзади – юг.

Алгоритм ориентирования по Полярной звезде:

- Найти созвездие Большой Медведицы в виде «ковша» из семи ярких звёзд.
- Провести воображаемую линию через две крайние звезды «ковша».
- Отложить на линии пять раз расстояние, равное расстоянию между двумя крайними звёздами.

Ориентирование по компасу:

Чаще всего направление относительно сторон горизонта определяют с помощью компаса. Его намагниченная стрелка всегда одним концом показывает на **север**, а другим - на **юг**. Магнитный компас был изобретён в Китае. В регионе Средиземного моря компас появился примерно в XII веке.



Последовательность действий для ориентирования по компасу:

- Установить компас на горизонтальную поверхность.
- Освободить намагниченную стрелку с помощью специального рычага.
- Подождать, пока стрелка успокоится.
- Повернуть корпус компаса, пока отметка N (North - север) не совпадёт с направлением, указанным тёмным концом стрелки.

КАРТОГРАФИЯ

Азимут

Азимут - это горизонтальный угол между направлением на север и направлением на выбранный объект. Угол отсчитывают только по часовой стрелке. Величина азимута может изменяться от 0° до 360° .

Румб - это угол между направлением на предмет и ближайшим концом меридиана.

Меридианы указывают направление север-юг.

Алгоритм определения азимута по плану:

- Сориентировать план с помощью компаса. Для этого необходимо повернуть план таким образом, чтобы его направление на север совпало с направлением, которое указывает компас.
- Установить компас в той точке плана, откуда нужно определить азимут на тот или иной предмет.
- Сориентировать компас по сторонам горизонта.
- Определить азимут по шкале компаса, поворачивая кольцо до тех пор, пока воображаемая линия не соединит прорезь, мушку и изображение объекта, на который определяется азимут.

Изображение неровностей земной поверхности на плане и карте

Рельеф - это все неровности земной поверхности.

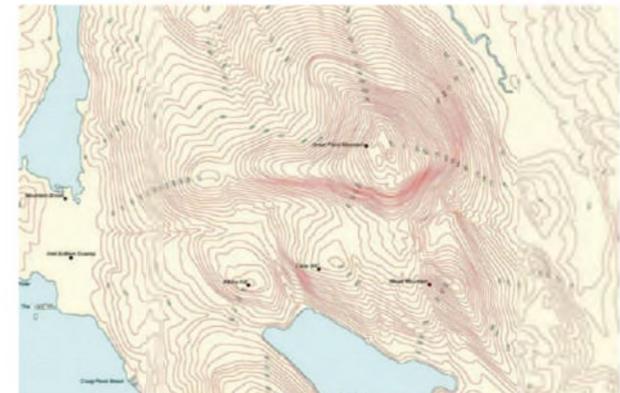
На плане и карте рельеф передают с помощью горизонталей или послойной окраски.

Горизонталь (изогипса) - линия на плане или карте, соединяющая точки местности с одинаковой абсолютной высотой относительно уровня Мирового океана.

Горизонтали на карте проводят через определённые промежутки по высоте, например, через 5, 10 или 20 метров.

Бергштрихи - короткие чёрточки, указывающие свободным концом на направление снижения склона.

При близком расположении горизонталей склон крутой, если расстояние увеличенное - пологий.



Существует два вида высоты: абсолютная и относительная.

Абсолютная высота

Абсолютная высота - это высота местности, определённая от уровня Балтийского моря (на Земле за начало отсчёта высот принят уровень Балтийского моря (Кронштадтского футштока)).

Абсолютная высота точек, расположенных выше уровня моря - положительная, а ниже - отрицательная.

Так, выше расположены горы суши, ниже - отдельные низменности.

Например:

Абсолютная положительная высота самых высоких гор мира Гималаев равна 8848м над уровнем моря, а абсолютная отрицательная высота - это уровень Мертвого моря (-395 м).

На планах и топографических картах абсолютная высота определяется по горизонталям. Абсолютные высоты вершин холмов или гор показывают на планах и картах цифрой с точкой. На местности определить абсолютную высоту можно по **реперу** - геодезическому знаку, указывающему высоту над уровнем моря данной точки земной поверхности. По плану или топографической карте её определяют как разницу абсолютных высот двух точек.

Относительная высота

Относительная высота - это превышение одной точки земной поверхности над другой.

КАРТОГРАФИЯ

Способы изображения Земли.

Земля на плане и карте Аэрофотоснимки могут быть плановые (сняты перпендикулярно к поверхности) или перспективные (ось съёмки наклонена под определённым углом). Представленная на них местность снята с небольшой высоты, поэтому изображение достаточно детальное.

Космический снимок - это фотография участка Земли или другого небесного тела, сделанная с космического летательного аппарата (спутника, МКС и т.д.).

Масштаб

Масштаб - это дробная величина, которая показывает, во сколько раз изображение местности на карте, плане или глобусе уменьшено по сравнению с его действительными размерами на Земле.

То есть масштаб показывает, сколько сантиметров на местности содержится в одном сантимetre на карте.

Масштаб может быть:

- численный (1:1 000 000);
- именованный (в 1 см - 10 км);
- линейный (в виде линейки).

Например:

Масштаб карты 1:300 000. Это означает, что в 1 см на данной среднемасштабной карте содержится 3 км расстояния на местности.

Чем в меньшее количество раз местность уменьшена при изображении её на бумаге, тем больше масштаб изображения, и наоборот. Так, масштаб 1:25 000 будет крупнее, чем масштаб 1:1 000 000, ведь в первом случае в 1 см - 250 м, а во втором, в 1 см - 10 км. Понятно, что на более крупном масштабе местность будет изображена более детально. Следовательно, чем больше цифра в масштабе после единицы, тем он мельче.

Линейный масштаб используют для того, чтобы избежать расчётов. На карте циркулем измеряют расстояние между нужными точками, а затем прикладывают циркуль к масштабу и определяют искомое расстояние на местности.

Однако не всегда на карте имеется возможность измерить расстояние в целых сантиметрах. Для более точного определения расстояний один из отрезков линейного масштаба (*крайний левый*) делят на более мелкие деления в 1-2 мм.

Карта

Карта - уменьшенное обобщённое изображение на плоскости большого участка земной поверхности, выполненное с помощью условных знаков в определённой проекции и масштабе.

На карте обязательно нанесена сетка из линий, которые ориентируют по сторонам горизонта.

Пример:

- Вертикальные линии - это меридианы, указывающие направление север-юг.
- Горизонтальные линии - это параллели, указывающие направление запад-восток.

Классификация карт:

1. По масштабу:
 - крупномасштабные (от 1:5 000 до 1:200 000). Общегеографические карты такого масштаба являются топографическими;
 - среднемасштабные (от 1:200 000 до 1:1 000 000). Общегеографические карты такого масштаба называются обзорно-топографическими;
 - мелкомасштабными (от 1:1 000 000 и меньше). Общегеографические карты такого масштаба называются обзорными.
2. По назначению:
 - учебные;
 - туристические;
 - синоптические;
 - метеорологические;
 - навигационные;
 - путей сообщения;

КАРТОГРАФИЯ

При составлении карты обязательно возникают искажения длины, углов, площади и формы, которые являются следствием переноса шарообразной формы Земли на плоскость. Существуют различные проекции, которые минимизируют конкретные виды искажений.

Украина находится в умеренных широтах, где проходит линия минимальных искажений конической проекции.

Условные знаки

Условные знаки на картах делятся на масштабные, внemасштабные, линейные, пояснительные.

- Масштабные условные знаки передают действительные размеры объектов, выраженные в масштабе карты.
- Масштабные условные знаки состоят из контура.
-

Например, контур леса или болота и его заполнение, которое обозначают цветом или штриховкой.

Внemасштабные условные знаки применяют к объектам, не выраженным в масштабе карты. Это могут быть геометрические фигуры, буквенные символы, схематические рисунки. Такими знаками на карте обозначают населённые пункты, месторождения полезных ископаемых, электростанции и другие объекты.

Линейными условными знаками на картах передают линейные объекты: реки, дороги, границы, линии связи.

Например, к ним также относятся изолинии - линии с одинаковыми значениями абсолютных высот (изогипсы), температуры (изотермы), магнитных склонений (изогоны), атмосферного давления (изобары), морских глубин (изобаты), осадков (изогиеты), солёности (изогалины).

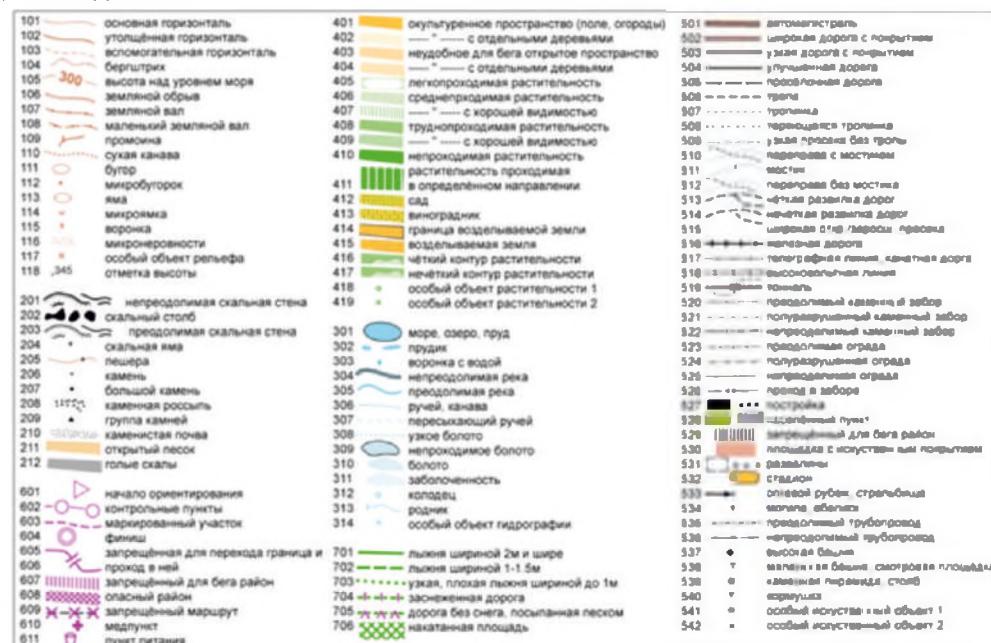
Все эти условные знаки по своей длине и конфигурации являются масштабными, а по ширине - внemасштабными.

Пояснительные условные знаки - это, например, стрелки, указывающие направление течения реки, ветра и т.п.

План

План - чертёж небольшого участка Земли в определённом масштабе, выполненный с использованием условных знаков (без использования проекции, так как проекция применяется для изображения больших участков местности из-за кривизны).

Масштаб плана от 1:5000 и крупнее. Планы всегда ориентированы по сторонам горизонта. Основные направления север-юг обозначаются стрелкой. Направленная вверх стрелка показывает на север, вниз - на юг. Соответственно, восток будет справа, а запад - слева.



КАРТОГРАФИЯ

СРАВНЕНИЕ ПЛНА И КАРТЫ

ПЛАН

Нет параллелей и меридианов

Направление горизонта указано стрелкой

КАРТА

Есть параллели и меридианы

Направление север–юг показывают меридианы, запад–восток – параллели

РАЗНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Рельеф изображён с помощью горизонталей

Рельеф изображен с помощью горизонталей и послойной окраски

Более детальное изображение

Изображены самые крупные и важные объекты

Основные формы рельефа Земли

Рельеф – совокупность форм земной поверхности, различных по очертаниям, размерам, происхождению, истории развития и образованных под действием внутренних и внешних процессов.

К крупнейшим (планетарным) формам земной поверхности относятся материки и океанические впадины.

Основные формы рельефа – это равнины и горы.

Мелкие формы рельефа – это речные долины, овраги, каньоны, дюны, барханы и т.д.

Равнины

Равнины – относительно ровные участки земной поверхности, имеющие перепады относительных высот не более 200 метров.

Равнинам в тектонической структуре соответствуют платформы.

По высоте равнине делятся на:

- низменности (от 0 до 200 м над уровнем моря);
- возвышенности (от 200 до 500 м над уровнем моря);
- плоскогорья (500-700 м над уровнем моря).

Среди возвышенных равнин различают:

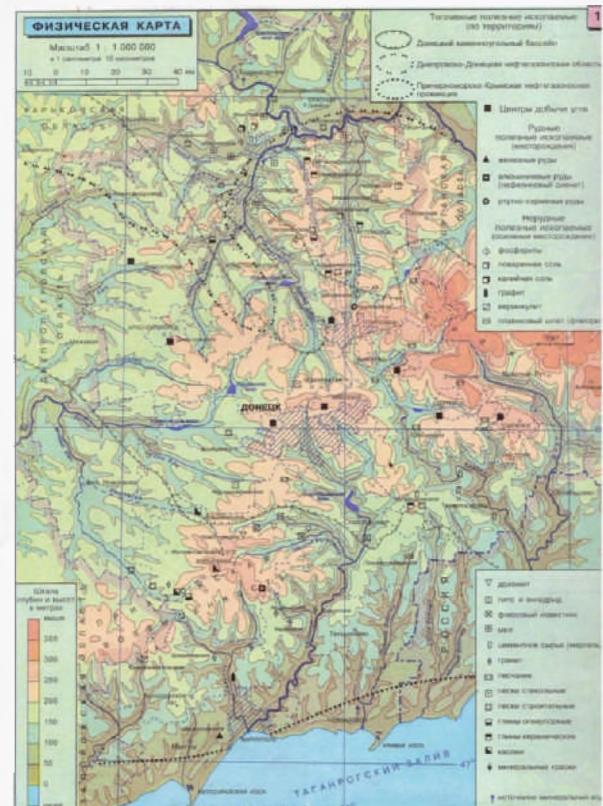
- плато – возвышенные равнине, отделённые от окружающих низменностей крутыми уступами.
- кряжи – остатки разрушенных возвышеностей, например, Донецкий кряж.

Первичными называют равнину, которые когда-то были морским дном, но со временем земная кора поднялась, море отступило, а его дно стало сушей (Западно-Сибирская равнина, Причерноморская низменность).

Вторичные равнине образуются в результате разрушения гор, например, на территории Африки и Восточно-Сибирское плоскогорье. Или в результате речных наносов. В Украине в значительной степени речными наносами Днепра образованы Приднепровская и Полесская низменности.

По форме равнине делятся на:

- плоские (Западно-Сибирская равнина);
- холмистые (Волынская возвышенность, Приднепровская возвышенность).



КАРТОГРАФИЯ

Основные формы рельефа Земли

Рельеф - совокупность форм земной поверхности, различных по очертаниям, размерам, происхождению, истории развития и образованных под действием внутренних и внешних процессов.

К крупнейшим (планетарным) формам земной поверхности относятся материки и океанические впадины.

Основные формы рельефа - это равнины и горы.

Мелкие формы рельефа - это речные долины, овраги, каньоны, дюны, барханы и т.д

Равнины

Равнины - относительно ровные участки земной поверхности, имеющие перепады относительных высот не более 200 метров.

Равнинам в тектонической структуре соответствуют платформы.

По высоте равнины делятся на:

- низменности (от 0 до 200 м над уровнем моря);
- возвышенности (от 200 до 500 м над уровнем моря);
- плоскогорья (500-700 м над уровнем моря).

Среди возвышенных равнин различают:

- плато - возвышенные равнины, отделённые от окружающих низменностей крутыми уступами.
- кряжи - остатки разрушенных возвышеностей, например, Донецкий кряж.

Первичными называют равнины, которые когда-то были морским дном, но со временем земная кора поднялась, море отступило, а его дно стало сушей (Западно-Сибирская равнина, Причерноморская низменность).

Вторичные равнины образуются в результате разрушения гор, например, на территории Африки и Восточно-Сибирское плоскогорье. Или в результате речных наносов. В Украине в значительной степени речными наносами Днепра образованы Приднепровская и Полесская низменности.

По форме равнины делятся на:

- плоские (Западно-Сибирская равнина);
- холмистые (Волынская возвышенность, Приднепровская возвышенность).

Горы

Горы - обширные, высоко приподнятые над прилегающими равнинами участки земной коры с сильно расчлененным рельефом.

- Горная страна – большая территория с горными рельефами и острыми вершинами.
- Горный хребет – линейно вытянутая форма рельефа, ограниченная склонами, расходящимися в противоположные стороны.
- Гребень - самая высокая часть горного хребта.
- Перевалы - пониженные места горных хребтов, соединяющие долины, лежащие с обеих сторон от хребта.
- Горам в тектонической структуре соответствуют области складчатости.

По высоте горы делятся на:

- низкие (до 1 000 м): Урал, Крымские горы;
- средние (1 000-2 000 м): Карпаты, Скандинавские горы;
- высокие (более 2 000 м): Гималаи, Анды.

Высота гор зависит от вида составляющих их горных пород и скорости подъёма (роста гор). Так, горы, сложенные неустойчивыми породами (песчаник, известняк и другие), быстро разрушаются и, несмотря на свой «молодой возраст», имеют отдельные вершины и являются относительно невысокими. Например, Карпаты - это молодые горы альпийской складчатости, но по высоте они средние.

КАРТОГРАФИЯ

По возрасту горы делятся на:

- *молодые* (процесс горообразования еще не завершён, моложе 60 млн. лет): Альпы, Памир;
- *старые* (возраст образования превышает 60 млн. лет): Урал, Скандинавские горы.

Причиной разнообразия гор Земли является также их происхождение.

Самые высокие точки:

- *Карпатские горы: пик Герлаховский (2655), на Украине - Говерла (2061);*
- *Крымские горы: Роман-Кош (1545), Ай-Петри (1234).*

Гидросфера

Гидросфера - водная оболочка Земли.

Водами гидросферы покрыто около 70,8% земной поверхности.

Составные части гидросферы:

- *Мировой океан (океаны, моря, заливы, проливы);*
- *Континентальные поверхностные воды, ледники и подземные воды (реки, озёра, болота, искусственные водоёмы, многолетняя мерзлота);*
- *Атмосферные воды (водяной пар, облака, осадки).*

На Земле одновременно происходят большой и малый круговороты воды.

Процесс перемещения воды на земном шаре - большой (мировой) круговорот воды в природе: океан – атмосфера – суши – океан.

Сначала вода испаряется из океанов, морей, рек и тому подобное. Поднимаясь вверх, водяной пар охлаждается и снова превращается в жидкость. Затем эта жидкость выпадает на землю дождём, градом, а зимой - снегом. Любые атмосферные осадки стекают по земной поверхности, например, в реки, озёра, а часть их просачивается в землю. Со временем вода вновь возвращается в океан.

Случается, что вода, которая испаряется с поверхности океана, возвращается в виде атмосферных осадков сразу в тот же океан.

Это малый круговорот воды в природе: океан - атмосфера - океан

Мировой океан

Площадь Мирового океана - 361 млн. км² (71% всей земной поверхности; 3/4 территории Земли, и только 1/4 её поверхности приходится на суши).

В Мировом океане сосредоточено 96,5% всех водных ресурсов Земли, поэтому его считают главной частью гидросферы. Поверхность Мирового океана называют акваторией.

Море

Море - часть океана, глубоко заходящая в суши или обособленная от океана островами и полуостровами.

Различают окраинные, внутренние и межостровные моря.

Окраинные моря размещаются по окраинам материков и мало вдаются в суши.

Внутренние (средиземные и полузамкнутые) моря располагаются внутри материка или между материками, и соединяются с океаном одним или несколькими проливами. Например, Чёрное, Средиземное и Азовское моря с Атлантическим океаном.

Межостровные моря расположены между островами.

Залив

Залив - часть океана или моря, глубоко вдающаяся в суши, но имеющая свободную связь с океаном.

В отдельных случаях название залив исторически закрепилось за такими частями.

Пролив

Пролив - относительно узкая часть водного пространства, соединяющая два соседних водоёма и разъединяющая участки суши.

КАРТОГРАФИЯ

Части суши

Материки - самые большие части суши, со всех сторон окружённые океанами и морями: Евразия, Африка, Северная Америка, Южная Америка, Антарктида, Австралия.

Полуостров - участок суши, с трёх сторон окружённый водой, а с четвёртой соединённый с массивом суши.
Например, Крымский полуостров.

Остров - сравнительно небольшой участок суши, со всех сторон окружённый водами океана или моря.
Например, остров Змеиный.

Континентальные поверхностные воды

Континентальные поверхностные воды - воды рек, озёр, болот, ледников, искусственных водоёмов, каналов.

Река

Река - естественный водный поток, движущийся в углублении, созданном его движением.

Речная система - главная река с притоками. Речная долина - низменность от истока до устья, по которому течет река.

Если стать лицом по течению реки, справа будет правый приток, соответственно, левый - с противоположной стороны.

Части реки:

- **Исток** - начало реки (может быть источник, болото, ледник и т.д.).
- **Устье** - конец реки, где она впадает в другую реку, озеро, море и т.п.
- **Русло** - углубление в речной долине, по которому постоянно текут воды реки.
- **Пойма** - часть речной долины, которая затапливается при наводнении.
- **Террасы** - ступенчатые уступы на берегах реки, которые были поймами.
- **Дельта** - равнина в низовьях, созданная наносами и изрезанная протоками.
- **Порог** - мелководный скалистый участок в русле реки.
- **Водопад** - крутое падение воды с отвесного уступа в русло реки.
- **Бассейн реки** - территория, на которой река с притоками собирает поверхностные и подземные воды.
- **Водораздел** - граница между бассейнами соседних рек.

Условные обозначения:

1. исток;
2. меандр (изгиб, излучина);
3. дельта;
4. устье.

Режим реки - изменение уровня воды в реке в течение года.

Наводнение - длительное периодическое поднятие уровня воды в реке.

Паводок - кратковременное поднятие уровня воды в реке.

Межень - самый низкий уровень воды в реке.

Ледостав - время, когда река покрыта льдом.

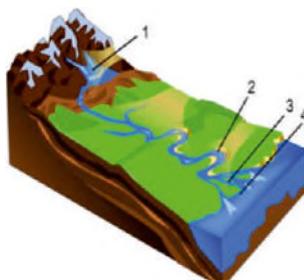
Ледоход - сход льда из реки.

Водное питание реки - постоянное пополнение реки водами.

Оно бывает:

- снеговое;
- дождевое;
- ледниковое;
- подземное;
- смешанное.

Большинство рек суши пытаются по смешанному типу с преобладанием одного из источников питания. У рек с преобладанием ледникового питания половодье летом, снегового - весной (реки умеренных широт).



КАРТОГРАФИЯ

По характеру течения реки бывают:

- **горные** (прямое русло, узкая долина и быстрое течение);
- **равнинные** (русло с изгибами, широкая долина и плавное течение).

Разрушающая работа реки называется эрозией.

Меандры - плавные кругообразные изгибы русла реки. Река в них течёт быстрее вдоль вогнутого берега, размывая его. Поэтому излучины постоянно увеличиваются, пока не произойдет их прорыв. Тогда часть бывшего русла остаётся сбоку, постепенно заиливается и образует старичное озеро - старицу.

Озеро

Озеро - замкнутое природное углубление, заполненное водой. От моря озеро отличается отсутствием связи с океаном.

По происхождению:

- тектонические - образованные в разломах и опусканиях земной коры (Байкал, Танганьика);
- вулканические - образованные в кратерах потухших вулканов (озёра Камчатки, Исландии);
- ледниковые - образованные в котловинах, возникших под давлением ледника (Большое Солёное, Большое Медвежье, Ладожское);
- остаточные - остатки древних морских бассейнов, отделившихся в период поднятия побережья (Каспийское и Аральское моря - озёра, Чад);
- карстовые - расположенные в полостях, образованных после растворения водой горных пород (Шацкие озёра);
- лиманные - находящиеся на морских побережьях, в устьях древних рек (Маракайбо, Днестровский лиман). Открытые лиманы пресные, закрытые -солёные, запрудные - котловина образовалась вследствие перегораживания долины реки оползнями, обвалами (Синевир, Тана);
- старицы - участки старого русла реки в долинах равнинных рек.

По режиму:

- сточные - из которых река вытекает. Пресные, например, озеро Байкал - самое глубокое озеро в мире (1602 м), содержит запасы пресной воды мира (вытекает река Ангара).
- бессточные - солёные. Например, озеро Балхаш, которое наполовину пресное, а наполовину солёное. Западная часть озера мелководная с пресной водой, в неё впадает большая река (80% всего притока воды). Восточная часть глубокая и с большой солёностью.

Болото

Болото - чрезмерно увлажненный участок суши со своеобразной растительностью и слоем торфа не менее 30 см. Болота занимают 5% территории суши. Для образования необходимо много осадков, близкое расположение подземных вод, плоский рельеф, близкое залегание водонепроницаемого слоя пород .

По условиям питания:

низинные - питаются грунтовыми водами;

верховые - питаются атмосферными осадками;

переходные - имеют смешанное питание, то есть как грунтовыми водами, так и атмосферными осадками.

Роль в природе:

- увлажняют воздух прилегающей территории;
- смягчают климат.

Место обитания многих видов животных и ценных видов растений. Место накопления торфа, используемого в качестве удобрения, топлива и химического сырья.

После осушения имеют высокое плодородие. Регулируют сток поверхностных вод.

КАРТОГРАФИЯ

Искусственные водоёмы

Искусственные водоёмы - водоёмы, созданные человеком.

Водохранилища - большие искусственные водоёмы, созданные для накопления и хранения воды. Эту воду человек использует для выработки электроэнергии, орошения, удовлетворения питьевых потребностей и т.д.

Каналы - искусственные реки. Создают для судоходства, осушения и орошения земель.

Пруды - создают в оврагах или специальных углублениях и используют для орошения садов, огородов, ухода за животными, разведения рыбы, птиц.

Формы рельефа: овраг и балка

Формы рельефа также образуются временными потоками вод.

Овраги - глубокие, широкие и достаточно протяжённые крутосклонные долины V образной формы, возникающие вследствие эрозии рыхлых горных пород временными ливневыми водопотоками при мощных осадках, таянии снега, льда или ледников.

Балка - сухая или с временным водопотоком долина с плоским дном; конечная стадия развития оврагов.

Погода

Пояса атмосферного давления на Земле

Атмосферное давление - сила, с которой воздух давит на земную поверхность.

Единицы измерения атмосферного давления - миллиметры ртутного столба (мм рт. ст.), Паскали (Па).

Нормальным давлением считается давление ртутного столба высотой 760 мм на широте 45° над уровнем моря при температуре 0°C.

Давление измеряется с помощью барометра.

Воздух давит на разные участки земной поверхности неодинаково. Это можно объяснить неравномерным нагревом поверхности Земли, от которой, в свою очередь, нагревается воздух. Итак, атмосферное давление зависит от температуры воздуха. При повышении температуры давление снижается, при снижении - наоборот.

От нагрева воздух расширяется, поднимается вверх и меньше давит на поверхность.

При охлаждении, наоборот, сжимается и опускается вниз.

Важным фактором также является высота над уровнем моря. С поднятием вверх толщина верхних слоев атмосферы уменьшается, как уменьшается и плотность воздуха, поэтому в тропосфере давление снижается на каждый 1 км подъёма на 100 мм ртутного столба.

На Земле существует три пояса с преобладанием низкого давления и четыре - с преобладанием высокого давления. Их образование связано с неравномерным распределением солнечного тепла на планете и свойством воздуха изменять объём и вес в зависимости от температуры.

Изобары - линии на карте, соединяющие точки с одинаковым давлением на земной поверхности.

Ветер, постоянные и переменные ветры

Ветер - движение воздуха из зоны высокого атмосферного давления в зону низкого атмосферного давления в горизонтальном или близком к нему направлении. Ветер характеризуется скоростью, силой и направлением.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду (м/с) или в километрах в час (км/ч).

Силу ветра определяют по давлению движущегося воздуха на предметы.

Её измеряют в килограммах на квадратный метр (км/м²). Чем больше разница в значениях атмосферного давления, тем больше скорость и сила ветра.

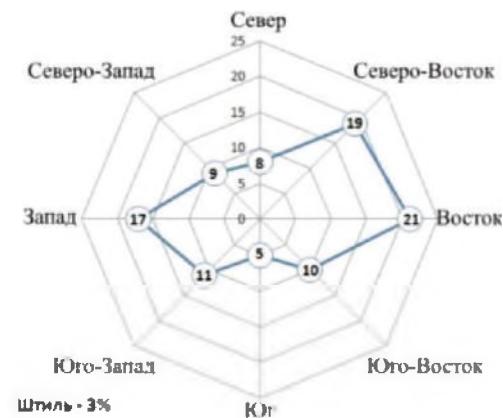
Направление ветра определяют по положению той стороны горизонта, откуда он дует. Отсутствие каких-либо признаков ветра называется штилем.

Флюгер - прибор для определения направления и, иногда, скорости ветра.

Анемометр - прибор для определения скорости ветра.

Роза ветров - диаграмма, отображающая направления ветров, преобладающих в определённой местности.

Длина её лучей пропорциональна повторяемости ветров данного направления.



ПОГОДА

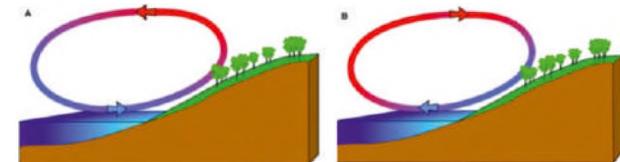
Западные ветры - постоянные ветры, которые дуют в умеренных широтах.

Местные ветры (бриз, фен, бора) - дуют над сравнительно небольшой территорией и значительно влияют на погоду в данной местности:

- фен - тёплый и сухой ветер, дующий с гор в долины;
- бора - сильный холодный порывистый ветер, дующий со склонов гор к тёплому морю.
- бриз - переменный ветер, дующий с суточной периодичностью на побережье морей, крупных озёр и некоторых крупных рек. Меняет своё направление дважды в день.
 - Дневной, или морской - бриз движется с водной поверхности на сушу, а ночной, или береговой - с охлажденного побережья суши на водоём.

Условные обозначения:

- а - дневной бриз;
- б - ночной бриз.



Условные обозначения:
а – дневной бриз; б – ночной бриз.

Влажность воздуха

Испарение - это переход воды из жидкого состояния в газообразное.

Испарение над определённым участком земной поверхности будет продолжаться до тех пор, пока воздух достигнет состояния насыщения водяным паром. Этот процесс зависит от температуры: чем она выше, тем больше водяного пара может вместить в себя каждый кубический метр воздуха.

Влажность воздуха - мера, указывающая на содержание водяного пара в воздухе.

Абсолютная влажность - количество водяного пара, содержащегося в воздухе в данный момент времени при данной температуре.

Относительная влажность - это степень насыщения воздуха водяным паром.

Облака и туман

Когда воздух становится перенасыщенным, водяной пар переходит в жидкое или твёрдое состояние. Вследствие сгущения водяного пара в приземных слоях атмосферы образуются туманы, а на определённой высоте от поверхности Земли - облака. Туман образуется при охлаждении ночью земной поверхности и нижнего, прилегающего к ней слоя воздуха. Содержащийся в нем водяной пар сгущается. Такие приземные туманы образуются и над сушей, и над водной поверхностью. Облака образуются, при переходе водяного пара в жидкое или твёрдое агрегатное состояние на значительной высоте над Землей. Основными компонентами облаков являются капельки воды и кристаллики льда. В зависимости от преобладания тех или иных облака бывают водяные, ледяные и смешанные.

Облачность - степень покрытия неба облаками.

Перистые облака

Перистые облака имеют вид белых полосок. Они лёгкие и прозрачные, состоят преимущественно из кристалликов льда, размещаются на высоте более 6000 м, а потому осадки из них на Землю не выпадают.

Слоистые облака

Слоистые и слоисто-дождевые облака низкие, мощные, часто имеют серую или темную окраску и напоминают туман. Эти облака являются смешанными и состоят как из капелек воды, так и из кристалликов льда. Из них выпадают затяжные дожди, туман, снег.



Перистые облака



Слоистые облака



Кучевые облака

Кучевые облака

Кучевые и кучево-дождевые облака появляются летом. Это белые облака, которые постепенно растут вверх, темнеют и могут разрядиться ливнем.

Воздушные массы, циклоны и антициклоны

Воздушные массы - значительные объёмы воздуха тропосфера с однородными свойствами: температурой (тёплые и холодные), влажностью (сухие) (континентальные) и влажные (морские)), давлением, прозрачностью.

ПОГОДА

Основные типы воздушных масс:

- экваториальные (тёплые, влажные);
- тропические (тёплые, преимущественно сухие);
- умеренные (температура меняется по сезонам, преимущественно влажные);
- арктические и антарктические (холодные, сухие, прозрачные).

Между воздушными массами с различными свойствами возникают узкие переходные зоны с наибольшей разницей температуры, давления и скорости ветра - атмосферные фронты.

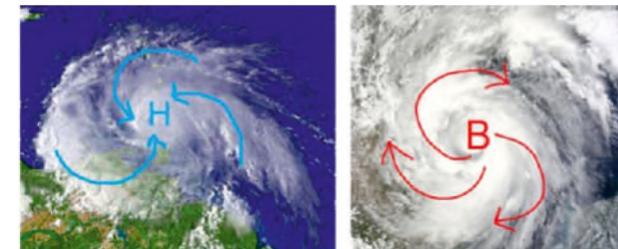
Атмосферные фронты бывают тёплые и холодные.

Тёплый атмосферный фронт формируется, когда тёплый воздух наступает, а холодный отступает перед ним. Тёплый воздух, двигаясь быстрее холодного, медленно поднимается вверх и охлаждается. При этом водяной пар сгущается, образуются облака, из которых затем выпадают продолжительные осадки.

Холодный атмосферный фронт формируется, когда холодный воздух движется в сторону тёплой воздушной массы. Двигаясь вперед, холодный и тяжелый воздух подтекает под тёплый и вытесняет его вверх. С этим фронтом связаны похолодание, образование кучево-дождевых облаков, грозы, ливни.

Циклоны - область приземного слоя атмосферы с низким атмосферным давлением, где ветры дуют от периферии к центру. Благодаря силе вращения Земли воздух в циклонах Северного полушария движется против часовой стрелки, а в Южном - по часовой. В центре циклона преобладает восходящее движение воздуха, что приводит к снижению давления. Поднятие воздуха способствует сгущению водяного пара, образованию облаков и осадков.

Летом циклон приносит прохладную, дождливую или облачную погоду, а зимой - повышение температуры, оттепель, осадки.



Антициклоны - область повышенного атмосферного давления, где воздух растекается от центра к периферии. В центре антициклона преобладает нисходящее движение воздуха, что обуславливает рост давления и повышение температуры. Благодаря нагреванию воздух постепенно становится сухим, что не способствует образованию облаков и осадков.

Летом антициклон приносит жаркую, ясную погоду, а зимой - холодную, ясную погоду.

Виды осадков и закономерности их распределения

Атмосферные осадки - влага, выпадающая из облаков или выделяемая из воздуха на поверхность Земли в твёрдом или жидким состояниях.

Изогиеты - линии на географической карте, соединяющие точки с одинаковым количеством осадков. Количество осадков измеряют (в миллиметрах или сантиметрах) по слою воды с помощью осадкометров различных конструкций и плювиографа, который непрерывно фиксирует изменения интенсивности дождя.

Основные факторы формирования осадков:

- восходящее движение воздуха;
- наличие в воздухе достаточного количества водяного пара для образования осадков;
- образование атмосферного фронта;
- повышение рельефа.

Основным поставщиком воды в атмосферу является Мировой океан, поэтому над ним в целом осадков выпадает больше, чем над сушей. У экватора выпадает наибольшее количество осадков (*от 2000 до 3000 мм в год*), так как там зона низкого атмосферного давления.

Преобладает восходящее движение воздуха. При поднятии тёплого насыщенного водяным паром воздуха он охлаждается, конденсируется, происходит механизм образования дождевых облаков.

ПОГОДА

В тропических широтах количество осадков значительно уменьшается, так как там атмосферное давление повышенено. В пустынях выпадает менее 250 мм. Преобладают нисходящие движения. Опускаясь, воздух нагревается, и его относительная влажность уменьшается, облака не образуются.

С приближением к умеренным широтам количество осадков увеличивается, поскольку в этой зоне заниженное атмосферное давление, хорошо развиты восходящие потоки воздушных масс и действуют атмосферные фронты и циклоны.

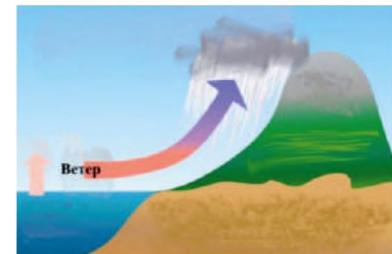
Так, на большей части Европы выпадает от 600 до 1000 мм осадков.

Количество осадков от умеренных к полярным широтам уменьшается. Это обусловлено снижением температуры и содержания влаги в воздухе и преобладанием нисходящих потоков воздуха.

В приполярных широтах Северного полушария зона высокого атмосферного давления, количество осадков колеблется в пределах 150-300 мм в год. Холодный воздух тяжёлый, сосредотачивается на поверхности Земли; низкие температуры не дают воздуху «собрать» много водяного пара.

В Южном полушарии в целом выпадает больше осадков, чем в Северном, поскольку в нём преобладают водные пространства. Но общие особенности распределения осадков здесь такие же, как и в Северном полушарии.

Широтное распределение осадков на земном шаре нарушается из-за влияния отдельных ветров, океанических течений и рельефа. Так, очень много осадков выпадает в зоне действия муссонов. Однако наибольшее количество осадков на Земле наблюдают на южных склонах Гималаев. Здесь в городке Черапунджи в среднем выпадает 11 000 мм осадков в год. Основной причиной этого является поднятие влажного воздуха, вызванное наличием склонов гор. Усиливает образование осадков в этой местности летний муссон с Индийского океана.



Дождь

Дождь - вода, которая выпадает из облаков и достигает земли в виде капель.

Образуется при конденсации водяного пара, когда размер облачной капли воды превышает 0,5 мм. Различают слабые, умеренные и сильные (ливневые) дожди.

Снег

Снег - это твёрдые атмосферные осадки, выпадающие из облаков в виде ледяных кристалликов.

Образуется из снежных облаков при температуре ниже 0°C. Льдинки-кристаллы образуются тогда, когда водяной пар быстро охлаждается и переходит из газообразного состояния в твердое, минуя жидкое (сублимация).

Град

Град - это атмосферные осадки в виде сильных ледяных частиц неправильной формы, которые образуются из кучево-дождевых облаков при температуре ниже 0°C. Льдинки не успевают растаять и падают с облаков со значительной скоростью.

Туман

Туман - вид атмосферных осадков в виде скопления продуктов конденсации водяного пара (капелек воды) на поверхности Земли. Образуется непосредственно из атмосферного воздуха при охлаждении воздуха от земной поверхности или при испарении из тёплой воды в холодный воздух. Во время тумана видимость плохая.

Роса, иней и изморозь

Роса - капельки воды, образующиеся на поверхности почвы и растений, когда ночью поверхность Земли и приземные слои воздуха быстро охлаждаются, а водяной пар конденсируется.

Иней - тонкий слой кристалликов льда на земной поверхности. Он образуется так же, как и роса, только при температуре ниже 0°C. Часто с инеем путают изморозь.

Изморозь - это рыхлые белые скопления кристалликов льда, налипающие на ветках деревьев, проводах и других предметах во время сильных морозов и туманов.

Погода, её элементы, типы, изменение во времени

Погода - это состояние нижнего слоя атмосферы в данной местности в определённый момент (или промежуток) времени.

погода

Основными характеристиками погоды являются:

- температура воздуха;
- атмосферное давление;
- ветер;
- влажность;
- облака и облачность;
- осадки, гроза и тому подобное.

Главной особенностью погоды является её изменчивость.

Факторы, обуславливающие изменчивость погоды:

- изменение угла падения солнечных лучей в течение суток, месяца, года, что влияет на температурные условия каждой территории;
- неоднородность рельефа и движение воздушных масс;
- образование циклонов и антициклонов.

Различают периодические и не периодические изменения погоды.

Периодические изменения погоды связаны с движением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Это, в частности, суточные и сезонные изменения температуры и влажности воздуха, направления ветра.

Не периодические изменения погоды обусловлены перемещением воздушных масс, атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов.

Тип погоды - это общая характеристика погоды, включающая её основные элементы.

По температурным условиям погоду разделяют на три типа:

- безморозная;
- с переходом температуры через 0°C;
- морозная.

Безморозная погода преобладает в течение года в основном в экваториальных и тропических широтах.

Погода с переходом через 0°C характерна для переходных сезонов - весны и осени - и бывает только в умеренных широтах.

Морозную погоду наблюдают в умеренных и полярных широтах.

Метеорология - наука о земной атмосфере, явлениях и процессах, которые в ней происходят. Объектом изучения метеорологии являются метеорологические элементы.

Прогноз погоды - информация о состоянии погоды в будущем. Предсказывать погоду можно синоптическими методами или по местным признакам.



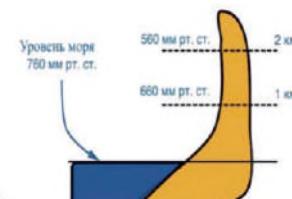
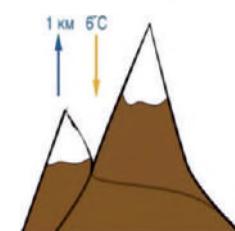
Синоптические методы - постоянные научные наблюдения за состоянием погоды с помощью различных приборов, в том числе и космических; составление синоптических карт, на которых условными обозначениями наносят результаты одновременных наблюдений за погодой на сети метеорологических станций.

Синоптическая карта

По местным признакам - использование народных наблюдений за предвестниками изменений погоды, народных примет.

Давление

При поднятии на 1 км температура воздуха снижается на 6°C, а атмосферное давление на 100 мм рт.ст. С углублением почвы повышается на 3°C на каждые 100 метров. Нормальное давление (0 м над уровнем моря) = 760 мм рт. ст.



ПОГОДА

Справочно:

- 1 га = 10 000 м²
- Расстояние 1° вдоль любого меридиана = 111,1 км, примерно 111 км.
- Расстояние 1° дуги экватора (0° шир.) = 111,3 км, примерно 111 км.
- Экватор = примерно 40 тыс. км.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Преимущества обратного направления вращения моторов/винтов на квадрокоптерах

Преимущество в аэродинамике

Одно из самых важных преимуществ изменения направления вращения винтов - улучшенная аэродинамика.

Центр приложения тяги

Когда винт вращается как отдельный стационарный объект, точка приложения силы тяги находится прямо на оси вращения винта. Когда коптер летит вперед, воздух влияет не только на коптер, но и на винт, т.е. смещает эту точку в сторону лопасти, которая движется против движения коптера (красный круг на картинке). Это значит, что лопасть, которая движется вперед дает больше тяги, и гонит воздух сильнее, чем лопасть, которая движется назад.

На передних винтах точка куда прикладывается сила смещается наружу, а у задних - внутрь. Чем быстрее коптер движется, тем сильнее смещается эта точка. Из-за меньшего рычага, задние винты будут работать менее эффективно, чем передние.



Турбулентность

Более того, турбулентность, возникающая из-за передних винтов снижает эффективность задних (одна из причин, почему рама в виде растянутого креста более эффективна в этом плане - передние винты удалены от задних). При изменении направления вращения винтов, точка приложения тяги передних винтов смещается внутрь, а задних - наружу, таким образом компенсируется потеря эффективности из-за турбулентности от передних винтов.

Лучше управление по курсу (yaw)

При обратном вращении винтов, на резких разворотах, скорость вращения винтов (за счет вращения коптера) не уменьшается.

Все эти преимущества не дадут ничего при обычном висении и в 3D акробатике.

Другие преимущества

Этих преимуществ будет достаточно чтобы все же решиться использовать обратное направление вращения.

Из-за того, что передние винты будут вращаться не «внутрь», а «наружу», то FPV камера будет собирать меньше пыли и грязи.

Также при использовании реверсированного вращения меньше шансов (*теоретически*) запутаться в тряпичных воротах.

Еще один плюс в том, что большинство из нас часто ломают CW или CCW винты и одного вида винтов остается небольшой запас. Это происходит потому, что мы левши или правши, и инстинктивно по-разному выполняем левые и правые повороты. Теперь мы можем поменять направление вращения и продолжить летать.

Снимаем винты

Меняем направление вращения в регуляторах через Betaflight

Переходим в консоль Betaflight CLI и пишем:

```
set yaw_motor_direction = -1
```

```
save
```

Обновление (спасибо FEI): В BF 3.2. формат команды изменился:

```
set YAW_MOTOR_REVERSED=ON
```

```
save
```

Ставим винты в обратном порядке, CW вместо CCW и наоборот. **Не нужно переворачивать винты!**

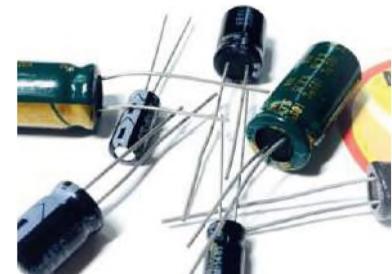
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конденсаторы для фильтрации шумов в мини-коптерах

Конденсаторы помогут сделать видеосигнал более чистым, а коптер будет летать лучше. В этом руководстве мы расскажем о разных типах *low-ESR* конденсаторов, объясним, почему *low-ESR* - это важно; и покажем куда конденсаторы нужно ставить.

Припаиваемые на разъем Xt60:

- 1000 мкФ 35 В (4S, 5S)
- 1000 мкФ 50 В (6S)
- 640 мкФ 35 В



Припаиваемые к регуляторам скорости:

- 470 мкФ 35 В
- 330 мкФ 35 В
- 330 мкФ 50 В (6S)

Что за «шум» и что его вызывает?

Шум (или помехи) появляется от скачков напряжения, тока и частоты в разных электронных цепях, даже плавно вращающиеся моторы могут вызывать такие скачки.

Если подумать об том, в каких режимах работают моторы в коптерах, то станет ясно, что электрическое окружение, в котором находится электроника коптера, можно описать как **«враждебное»**. Чтобы ваш полетный контроллер, видеопередатчик, камера и другая периферия работали стабильно, им нужно стабильное окружение, а они работают по сути среди врагов.

С развитием технологий, моторы и регуляторы становятся всё более и более мощными, поэтому проблема с электрическими шумами/помехами только обостряется.

Проблема с помехами очень серьезная, если помех нет, то мы можем получить отличный коптер для *FPV* полетов; а с ними - что-то ужасное, на чем летать невозможно.

Почему именно **Low-ESR** конденсаторы так важны для мини-коптеров?

Добавление конденсатора может помочь очистить питание от шумов, что даст вам вот такие преимущества:

- уменьшатся помехи на видео с курсовой камеры
- уменьшение электрических помех, которые могут повредить мотор, регулятор и радиосигнал
- улучшение летных характеристик, при помощи «очистки» питания гироскопов

можно даже спасти электронику от повреждения скачками напряжения, вызванными работой активного торможения (*Damped Light*)

Мы предпочитаем *Low-ESR* конденсаторы. *ESR* означает **«Equivalent Series Resistance»** (эквивалентное последовательное сопротивление). Конденсаторы с более низким *ESR* лучше фильтруют электрический шум.

LC-фильтры тоже часто используются в *FPV* оборудовании для борьбы с помехами, но они защищают системы после того, как помеха уже появилась. Добавление конденсатора около источника питания/помехи наоборот защищает всю систему от шумов.

Нужен ли **конденсатор** в моем коптере?

Конденсаторы устанавливать необязательно, но все же рекомендуется.

Если вы заметили вибрации (колебания коптера, сложность настройки *PID*) или есть шум на видео, то первое что бы я сделал - поставил бы конденсатор.

Вот так можно определить, что коптер слишком шумный и нужно ставить конденсатор:

- Слушаем моторы и смотрим, есть ли колебания, которые вы не можете убрать при помощи настройки *PID* коэффициентов
- Моторы будут горячими
- Шумный видеосигнал с курсовой камеры - симптом наличия помех в линии питания

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

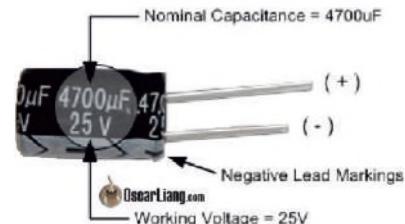
В редких случаях можно заметить рассинхрон работы регулей/моторов и «**ролл смерти**» - неожиданный ролл, из-за которого вы врезаетесь в землю. Помеха ведь может повлиять и на управляющий сигнал регуляторов.

Даже если этих симптомов нет, то все равно конденсатор лучше поставить.

Гнутые и покоцаные пропеллеры также добавят шуму вашему коптеру.

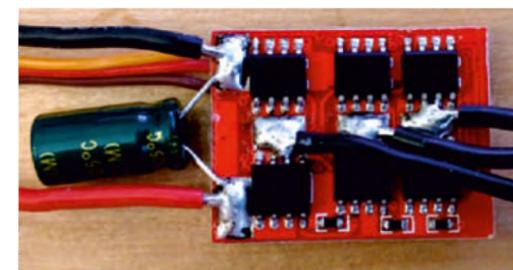
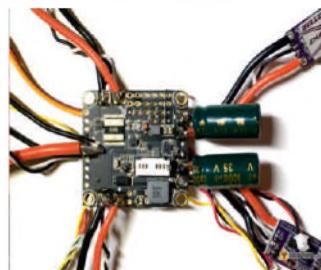
Куда ставить конденсаторы в миникоптерах?

В первую очередь, запомните, что нужные нам конденсаторы имеют полярность. Если вы перепутаете полярность, то конденсатор как **минимум не заработает, как максимум - взорвётся**, так что **будьте осторожны!** На картинке более короткая нога - это «минус», на корпусе конденсатора она обозначена соответствующим знаком.



Чтобы эффект от конденсатора был **максимальным**, нужно подключить его к одному из трех «**правильных**» мест в коптере. **Учтите, что ставить нужно только в одном месте!**

1. На PDB, там, где припаивает провод питания.
2. Там, где провода питания регуляторов припаиваются к PDB
3. Или там, где питание подается на каждый из регуляторов (ИМХО это лучший вариант).

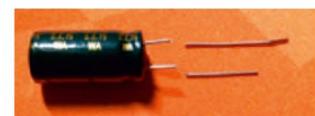


Чем ближе конденсатор к источнику помех, тем эффективнее он работает. Идеальное место - контакты на регуляторах, куда подается питание (вариант 3). Однако в этом случае нужно ставить 4 конденсатора, по одному на регуль; зато можно поставить небольшие конденсаторы, примерно на 330 мкФ.

Если конденсаторы у регуляторов занимают слишком много места, тогда приляйтите 1 или 2 более емких на PDB (1000 мкФ или 2 по 470 мкФ). Возможно это менее эффективное решение, т.к. мы удаляем конденсаторы от источника помех, но я уже неоднократно так делал, и это рабочий способ.

Чтобы уменьшить сопротивление, ножки конденсатора должны быть как можно короче, тоненькие проводки плохо подходят для больших токов.

Если места для конденсатора рядом с платой недостаточно, то ножки можно удлинить толстым проводом, например, 20AWG, такой провод не сильно повлияет на сопротивление.



Добавляем небольшой конденсатор к гироскопам

Если добавление конденсаторов около разъема XT60 не помогло избавиться от колебаний коптера, тогда есть смысл подумать о небольшом конденсаторе на шину питания гироскопов. Так мы можем уменьшить помехи, попадающей на гироскопы через стабилизатор.



Это решение подойдет только опытным пользователям. Найти место куда следует приляпать конденсатор очень сложная задача, кроме того, нужно уметь хорошо паять.

Добавляем конденсатор на шину 3.3 вольта

Гироскопы в полетных контроллерах пытаются от линейного регулятора напряжения (LDO) на 3.3 вольта, так что конденсатор можно приляпать на ножку питания микросхемы гироскопов или на выход питания с LDO. Другую ножку припаиваем к земле.

Отличный вариант - танталовый конденсатор на 4 В 220 - 400 мкФ.

дополнительная информация

Чтобы получить *наилучший результат* - конденсатор должен располагаться как можно ближе к гироскопам. Только очень немногие *ПК* имеют одну шину питания для гироскопов и приемников, но именно в них можно поставить конденсатор на *контактную площадку* для разъема. На мой взгляд это не очень хорошо - использовать один стабилизатор для питания и гироскопов и периферии, но зато добавить конденсатор очень просто.

Добавляем конденсатор на шину питания 5 вольт

LDO на 3.3 вольта для гироскопов получает питание с линии 5 вольт, так что некоторые пользователи ставят конденсатор по питанию 5 вольт, что тоже помогает *снизить влияние шума* на гироскопы. *Это не всегда работает, но попробовать стоит.*

Тут подойдут танталовые конденсаторы на 6 вольт 220 — 400 мкФ.

А точно нужно добавлять конденсаторы на шину питания гироскопов?

Если проблем с колебаниями коптера нет, то и не надо думать про конденсаторы. Если колебания есть, то вначале попробуйте более простые способы *снизить шум*.

В любом случае, я бы хотел, чтобы производители полетных контроллеров подумали над улучшением фильтрации линии питания гироскопов. Хорошо, что во многих современных *ПК* конденсаторы около гироскопов уже есть.

Так что в будущем может и не придется что-либо допаивать.