

# ТЕХНОМБ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ

## (АЭРО)

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ  
ПОСОБИЕ



КОНСТРУИРУЙ!  
ПРОГРАММИРУЙ!  
ДВИГАЙСЯ ВВЕРХ!  
ПОБЕЖДАЙ!



РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ (АЭРО)  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ

(АЭРО)

ОТ 14 ЛЕТ



МОСКВА  
2018

## Содержание

Квадрокоптер – принцип действия	Стр. 3
Общие понятия аэродинамики винта	Стр. 4
История квадрокоптеров	Стр. 8
Квадрокоптеры в наши дни	Стр. 11
Конструктивные особенности квадрокоптера	Стр. 12
Образовательный робототехнический модуль «АЭРО»	Стр. 19
Обучение управлению квадрокоптером	Стр. 56
Установка системы навигации (GPS)	Стр. 60
Заключение	Стр. 67



## Квадрокоптер – принцип действия

Мультикоптеры имеют 3 или более винтов постоянного шага (автомата перекося, в отличие от одно- и двухвинтовых аппаратов, нет). Каждый винт приводится в движение собственным двигателем. Половина винтов вращается по часовой стрелке, половина — против, поэтому рулевой винт мультикоптеру не нужен. Маневрируют мультикоптеры путём изменения скорости вращения винтов.

*Например:*

ускорить все винты — подъём;

ускорить винты с одной стороны и замедлить с другой — движение в сторону;

ускорить винты, вращающиеся по часовой стрелке, и замедлить вращающиеся против — поворот.

Микропроцессорная система переводит команды радиоуправления в команды двигателям. Чтобы обеспечить стабильное зависание, мультикоптеры в обязательном порядке снабжают тремя гироскопами, фиксирующими крен аппарата. Как вспомогательный инструмент, иногда, также используется акселерометр, данные от которого позволяют процессору устанавливать абсолютно горизонтальное положение, и бародатчик, который позволяет фиксировать аппарат на нужной высоте. Также, применяют сонар для автоматической посадки и удержания небольшой высоты, а также для облёта препятствий. И самое главное — GPS-приемник, позволяющий записывать маршрут полёта заранее, с компьютера, а также, возвращать аппарат в точку взлёта, в случае потери управляющего радиосигнала, или снимать параметры полёта оперативно или потом.

## Общие понятия аэродинамики винта



Воздушный винт (пропеллер) — лопастной агрегат работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, преобразующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги. В винты, выполняющие (помимо функций движителя), дополнительные, либо иные функции, имеют специальные названия: ротор, маршевый винт, несущий винт (винтокрылых летательных аппаратов), рулевой винт, фенестрон, импеллер, вентилятор, ветряк, винтовентилятор.

В. В. работающий в качестве движителя, в сочетании с двигателем образуют винтомоторную установку (ВМУ) — входящую в состав силовой установки используемой для: летательных аппаратов (самолётов, автожиров, цикложиров, экранопланов); водных самоходных средств (аэроглизсеров, СВП); наземных транспортных средств (аэросаней).

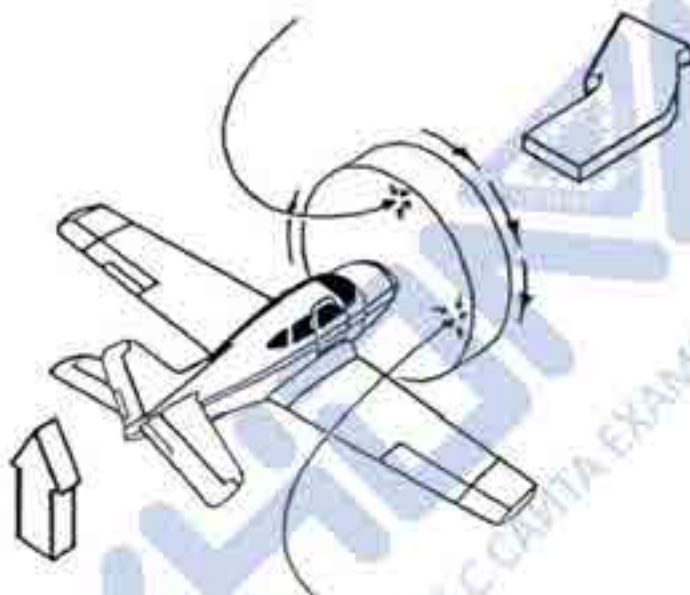
Воздушный винт применяется в качестве движителя для мультироторов, самолётов, автожиров, цикложиров (циклоптеров) и вертолётов с поршневыми и турбовинтовыми двигателями, а также в том же качестве — для экранопланов, аэросаней, аэроглизсеров и судов на воздушной подушке. У автожиров и вертолётов воздушный винт применяется также в качестве несущего винта, а у вертолётов ещё и в качестве рулевого винта. В зависимости от наличия возможности изменения шага лопастей воздушный винт подразделяются на винты фиксированного и изменяемого шага. В зависимости от способа использования воздушные винты делятся на тянущие и толкающие.

Лопасты винта, вращаясь, захватывают воздух и отбрасывают его в направлении,



противоположном движению. Перед винтом создаётся зона пониженного давления, за винтом — повышенного. Вращение лопастей воздушного винта приводит к разворачивающему эффекту, действующему на летательный аппарат, причины которого в следующем:

**Реактивный момент винта.** Любой воздушный винт, вращаясь в одну сторону, стремится наклонить самолет или развернуть вертолёт в противоположную сторону. Именно из-за этого возникает асимметрия при поперечном управлении самолётом. Например, самолет с винтом левого вращения совершает развороты, перевороты и бочки вправо гораздо легче и быстрее, чем влево. Этот же реактивный момент является одной из причин неуправляемого разворота самолета вбок в начале разбега.



**Закручивание струи винта.** Воздушный винт закручивает воздушный поток, что также вызывает несимметричную обдувку плоскостей и хвостового оперения справа и слева, различную подъемную силу крыла справа и слева и разницу в обдуве управляющих поверхностей. Несимметричность потока хорошо видно при авиационных химвибраторах на примере распыляемого вещества.

**Гироскопический момент винта.** Любое быстровращающееся тело имеет гироскопический момент (эффект волчка), заключающиеся в стремлении сохранения своего положения в пространстве. Если принудительно заставить ось вращения гироскопа наклониться в какую-либо сторону, например вверх или вниз, то она не просто будет противодействовать этому отклонению, а будет уходить в направлении, перпендикулярном произведенному воздействию, то есть в данном случае вправо или влево. Так, при изменении в установившемся полёте угла тангажа самолёт будет стремиться самостоятельно поменять курс, а при начале разворота возникает стремление к самостоятельному изменению угла тангажа.

Все три причины разворота — реактивный момент, действие струи и гироскопический момент винта всегда действуют в одну сторону: при винте левого вращения разворачивают самолет вправо, а при винте правого вращения — влево. Этот эффект проявляется особенно сильно на мощных одномоторных самолётах при взлёте, когда самолёт движется с небольшой поступательной скоростью и эффективность воздушных рулей низкая. С ростом скорости разворачивающий момент ослабевает ввиду резкого увеличения эффективности рулей.

Для компенсации разворачивающего момента все самолёты делают несимметричными — как минимум, отклоняют руль направления от строительной оси самолёта.

Данного недостатка лишены соосные воздушные винты (кроме гироскопического эффекта).

Реактивный и гироскопический момент также присущ всем турбореактивным двигателям и учитывается в конструкции самолёта. Для компенсации реактивного момента винта вертолёт приходится применять рулевой винт, предотвращающий вращение фюзеляжа.

### Технические параметры



Определяющими являются диаметр и шаг винта. Шаг винта соответствует воображаемому расстоянию, на которое передвинется винт, ввинчиваясь в несжимаемую среду за один оборот. Существуют винты с возможностью изменения шага как на земле, так и в полёте. Последние получили распространение в конце 1930-х годов и применяются практически на всех самолётах, кроме некоторых сверхлёгких, и вертолётах. В первом случае изменение шага требуется из-за необходимости получения большой



тяги в широком диапазоне скоростей при мало изменяющихся (или неизменных) оборотах двигателя, соответствующих максимальной мощности, во втором — из-за невозможности быстрого изменения оборотов несущего винта.

## КПД воздушного винта

КПД воздушного винта называют отношение полезной мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления движению летательного аппарата, к мощности двигателя. Чем ближе КПД к 1, тем эффективнее расходуется мощность двигателя, и тем большую скорость или грузоподъемность может развить ЛА при той же энерговооружённости.



## История квадрокоптеров

Квадрокоптер, также называемый мультиротором – это вертолет с несколькими двигателями, который поднимается и приводится в движение четырьмя моторами. Квадрокоптеры классифицируются как винтокрылые летательные аппараты, в отличие от самолетов, поскольку их подъем производится с помощью винтомоторной группы.

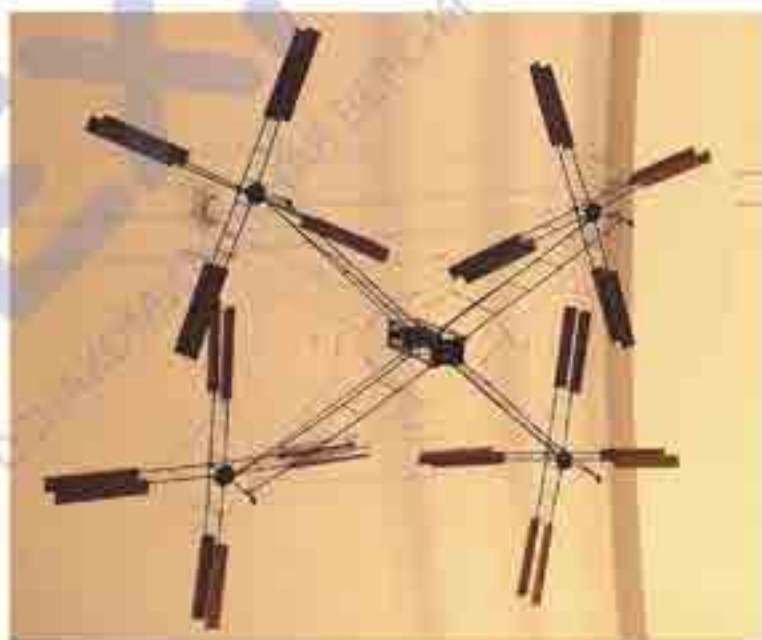
В конце 2000-х годов достижения в области электроники позволили выпускать дешевые легкие автопилотные комплексы, акселерометры (IMU), систему глобального позиционирования и камеры. Это привело к тому, что конфигурация квадрокоптера стала популярной в среде небольших беспилотных летательных аппаратов. С небольшими размерами и маневренностью квадроциклы могут летать как на улице, так и в помещении.

С ходом эволюции электронных компонентов квадрокоптеры стали достаточно доступными как в промышленном, так и в частном секторе

Благодаря простоте конструкции и управления, квадрокоптеры завоевывают все новые ниши использования и постоянно модифицируются для определенных нужд потребителей

### Ранние попытки создать квадрокоптер (мультиротор)

Гироплан Бреге-Рише (1907)



Вертолет с четырьмя роторами, разработанный Луи Бреге. Это был первый самолет с вращающимся крылом, который вертикально поднимался с земли, хотя и только в привязном полете на высоте нескольких футов.

#### Oehmichen No.2 (1920)



Этьен Охмихен экспериментировал с проектами винтокрылых самолетов в 1920-х годах. Среди шести проектов, которые он построил, его вертолет № 2 имел четыре ротора и восемь пропеллеров, все они управлялись одним двигателем. Oehmichen No.2 использовал стальную трубчатую раму с четырьмя лучами на которых крепились моторы с двухлопастными винтами. Угол этих лопастей можно было варьировать. Некоторые пропеллеры, вращающиеся в горизонтальной плоскости, стабилизировали машину сбоку. Еще один пропеллер был установлен на носу для рулевого управления. Оставшиеся пропеллеры функционировали как толкающая сила.

Мультиротор демонстрировал значительную степень стабильности и повышения точности управления за свое время и совершил более тысячи испытательных полетов в середине 1920-х годов. К 1923 году он смог оставаться в воздухе несколько минут подряд, а 14 апреля 1924 года он установил первый в истории дальний рекорд FAI для вертолетов 360м. Затем совершил первый полет на 1 километр (0,62 мили).



**Вертолет де Ботезат, 1923**

Доктор Джордж де Ботезат и Иван Жером разработали этот мультиротор. Это была X образная структура с шестью моторами на концах. Для управления тягой и рысканием использовались два небольших винта с переменным шагом. Транспортное средство использовало коллективное управление шагом. Мультиротор совершил свой первый полет в октябре 1922 года. Около 100 рейсов были сделаны к концу 1923 года. Высота полета не превышала 5 м (16 футов 5 дюймов). Несмотря на то, что он мультиротор продемонстрировал хорошие летные способности он все равно оставался слишком сложным и дорогим в обслуживании.

**Кертисс-Райт ВЗ-7 (1958)**

Curtiss-Wright VZ-7 – это самолет VTOL, разработанный компанией Curtiss-Wright для армии США. VZ-7 контролировался изменением тяги каждого из четырех пропеллеров.

## Квадрокоптеры в наши дни

### Обзор

В наши дни активно используются бытовые квадрокоптеры для персонального использования (фотосъемки, игрушки). Они как правило оборудованы необходимыми органами управления, а так же интуитивно понятным программным обеспечением для того, чтобы упростить их использование.

Различают промышленные и бытовые квадрокоптеры.

**Профессиональные квадрокоптеры** – это сложные аппараты, как правило произведенные специально для определенных целей. Существуют также универсальные модульные платформы, которые могут быть сконфигурированы оператором для определенных задач.

**Бытовые квадрокоптеры** – это чаще всего игрушечные квадрокоптеры, которые умеют летать неподалеку от оператора. Их целью являются развлечения их обладателя. Их винты максимально защищены, чтобы не нанести повреждения или увечья человеку. Программно-аппаратная часть таких квадрокоптеров не слишком сложная и удовлетворяет параметрам использования.

### Применение

Квадрокоптеры применяются в различных сферах деятельности:

- Фермерство и сельское хозяйство
- Лесничество
- Мониторинг ЛЭП и Нефтепровода
- Аэросъемка
- Образование

и так далее.



## Конструктивные особенности квадрокоптера

### Обзор вариаций

В наши дни различают несколько видов мультироторных систем:

- Bicopter – Бикоптер
- Tricopter (Y3, T3) – Трикоптер
- Quadcopter (X4, Y4, V-Tail, A-Tail) – Квадрокоптер
- Hexacopter (Y6) – Гексакоптер
- Octocopter (X8) – Октокоптер

### Конструкции и сравнение

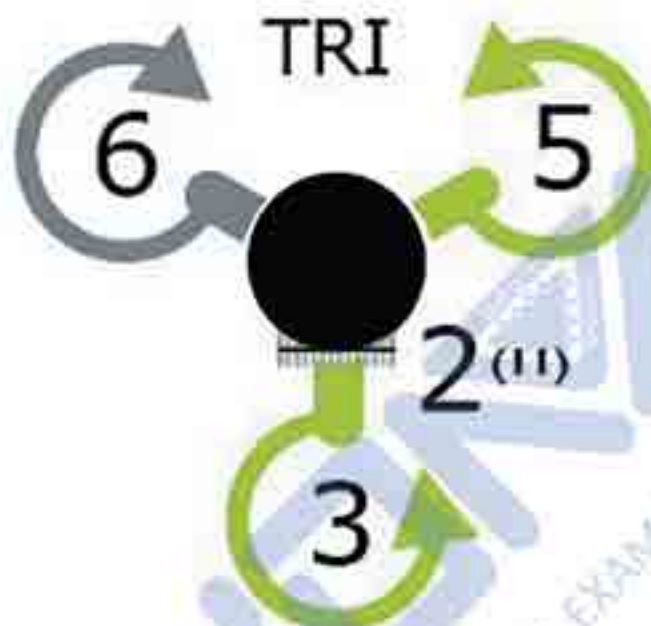
Рассмотрим основные элементы современных мультироторных платформ.

**Bicopter – Бикоптер**



BiCopter имеет два двигателя, которые могут быть перемещены сервомеханизмами на требуемые углы наклона. BiCopter может быть самой дешевой конфигурацией среди мультироторов, потому что в ней используются только два двигателя и два сервопривода. Но это также самая сложная платформа для стабилизации полета. Он имеет наименьшую грузоподъемность, учитывая тот факт, что он имеет только 2 двигателя.

### Tricopter (Y3, T3) – Трикоптер



Трикоптер имеет 3 двигателя и, как правило, в форме «Y», где лучи на которых крепятся моторы обычно разнесены на 120 градусов. Иногда трикоптеры можно найти в форме «Т».



Два пропеллера на передних лучах вращаются в противоположном направлении, чтобы противостоять друг другу. Задний мотор можно наклонить влево и вправо с помощью сервопривода для управления по рысканию.

Это популярная, но относительно дешевая конфигурация, потому что ей нужны только 3 двигателя, хотя вам также нужен дополнительный сервопривод.

Трикоптеры менее стабильны, чем другие мультироторы с большим количеством двигателей и пропеллеров. Так же, трикоптер не так надежен из-за уязвимости хвостового сервомотора и его механики.

**Quadcopter (X4, Y4, V-Tail, A-Tail) – Квадрокоптер**

## QUADX



Квадрокоптер оснащен 4 двигателями, установленными на симметричной раме, каждая консоль обычно составляет 90 градусов для конфигурации X4. Два двигателя вращают CW (по часовой стрелке), а другие два вращают CCW (против часовой стрелки), чтобы создать противоположную силу для сохранения равновесия. Квадрокоптер – самая популярная мультироторная конфигурация с простейшей механической структурой.

### Квадрокоптер – конфигурация ИКС и ПЛЮС

Есть две основные конфигурации: ИКС или ПЛЮС. ИКС-конфигурация более популярна, некоторые люди летают на конфигурации ПЛЮС, потому что она более интуитивно понятно летает как самолет. Легче понять ориентацию.

### Квадрокоптер – конфигурация Y4

Этот мультиротор похож на трикоптер, но без сервопривода. На передних отдельных лучах установлены 2 двигателя и пропеллеры, вращающиеся в противоход друг другу, а сзади моторы установлены коаксиально на одном луче.

Такая конструкция более надежна чем Трикоптер, так как лишена сервопривода мотора.

### Квадрокоптер – конфигурация V-Tail и A-Tail



V-Tail и A-Tail в основном представляют собой конфигурацию квадрокоптера с передними двигателями на разных лучах, и задними двигателями, наклоненными под вертикальным углом либо внутрь, либо наружу.

Это не популярная конфигурация, поскольку она обеспечивает меньшую энергоэффективность (помехи от воздушного потока на хвостовых двигателях).

#### Hexacopter (Y6) – Гексакоптер



Гексакоптер имеет 6 двигателей, установленных обычно на 60 градусов друг от друга на симметричной раме. Три двигателя вращаются по часовой стрелке, а другие три – против часовой.

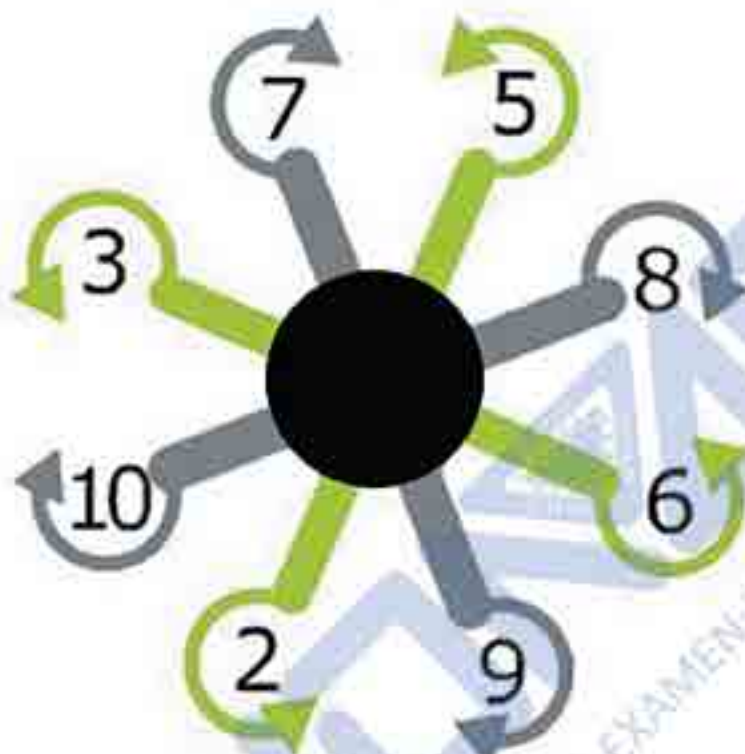
Гексакоптеры принципиально очень похожи на квадрокоптеры, но они обеспечивают большую грузоподъемность и время полета благодаря дополнительным двигателям.

Есть еще одна положительная черта: если один двигатель выходит из строя, квадрокоптер может оставаться стабильным и совершить безопасную посадку. Недостатком является то, что они, как правило, больше по размеру и дороже в строительстве.



## Octocopter (X8) – Октокоптер

## OCTOFLATX



Стандартный октокоптер имеет 8 двигателей на одном уровне с четырьмя наборами пропеллеров CW и CCW. Октокоптеры принципиально похожи на квадро и гексакоптеры.

Гексакоптер имеет еще большую грузоподъемность. Однако большое количество двигателей означает, что они потребляют больше тока, и вам, вероятно, придется носить несколько батарейных блоков. Гексакоптеры очень популярны как платформы для аэрофотосъемки и курьеры для доставки тяжелого оборудования.

## Основные составляющие квадрокоптера

**Рама квадрокоптера** – конструкция, которая как правило состоит из 4-х лучей, на которые крепятся моторы, основной палубы, на которой располагается вся электроника и крышки, защищающей все электронные элементы. Рамы бывают из различных материалов, от дерева, до композитных, таких как карбон.

**Полетный контроллер (автопилот)** – это мозг любой мультироторной системы. Полетный контроллер имеет множество входов и выходов для получения и передачи информации от других систем квадрокоптера.

Также на полетном контроллере установлен чип MPU который объединяет 3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр на одной микросхеме наряду с цифровым процессором обработки движения (DMP), который способен обрабатывать комплексные алгоритмы по 9 осям. Части с motion fusion алгоритмами по 9 осям обладают доступом к внешним магнитометрам или другим датчикам через дополнительную I2C шину, позволяя устройству собирать полный набор данных датчиков без вмешательства системного процессора.

Проще говоря, чип с интегрированным гироскопом и акселерометром MPU является одним из основных элементов, которые участвуют в формировании полета квадрокоптера.

Та же, наряду с чипом MPU на полетном контроллере установлен еще один, не менее важный чип – STM4\*\* который является командным центром для всех систем полетного контроллера. Собственно, в нем и хранится прошивка – программная часть полетного контроллера.

**Регуляторы оборотов (ESC)** – Основная задача регулятора – это передача энергии от бортовой силовой батареи к безщеточным двигателям квадрокоптера. Аккумулятор отдает постоянный ток, а моторы принимают трехфазный переменный ток. Регулятор оборотов так же подключается к полетному контроллеру через управляющие провода чтобы получать команды от автопилота и подавать определенное напряжение на обмотки двигателей.

**Бесколлекторный двигатель** – состоит из ротора, на котором закреплены магниты, и статора, на котором располагаются обмотки. По взаиморасположению этих компонентов БК-двигатели делятся на Инранер (inrunner) и Аутранер (outrunner).

**Система радиоприема и передачи** – это система, состоящая из приемника, установленного внутри квадрокоптера и передатчика, находящегося в руках и оператора БПЛА. Передатчик передает команды, такие как газ, руление и прочие, а приемник принимает их и транслирует полетному контроллеру посредством проводного соединения. Эта система работает на разных частотных диапазонах, разрешенных в каждой стране.

**Система передачи видео (FPV)** – также состоит из передатчика и приемника. Но в отличие от системы управления, здесь передатчик находится на борту квадрокоптера и передает сигнал приемнику, который находится на земле у оператора БПЛА.

**К передатчику подключена аналоговая видеокамера**, с помощью которой собирается изображение, передаваемое на видеопередатчик. Различают несколько видов камер с CMOS и CCD матрицами. Каждая из них хороша в определенных условиях применения.



## Образовательный робототехнический модуль «АЭРО»

### Состав конструктора

Образовательный робототехнический модуль «АЭРО» – это базовый учебный конструктор, который наглядно показывает как устроены мультироторные платформы, а также научит основам сборки и полета.

- Полетный контроллер – 1 шт.
- Регуляторы оборотов – 4 шт.
- Двигатели – 4 шт.
- Винты – 4 шт.
- Видео передатчик – 1 шт.
- Видео камера – 1 шт.
- Радиоприемник – 1 шт.
- Радиопередатчик – 1 шт.
- Датчик GPS – 1 шт.
- Рама – 1 шт.
- Винты крепежные М3 – 8 шт.
- Стойки стальные 35мм – 4 шт.

### Обзор элементов

#### Полетный контроллер





- Программное обеспечение OMNIBUSF4.
- Микроконтроллер STM32F405 GRT6, частота обновления до 8 кГц.
- Панель распределения питания увеличивает стабильность напряжения.
- Выход BEC: 5 В, 3 А.
- Открытые контактные площадки облегчают процесс пайки.
- Совместимость со всеми регуляторами скорости, а также регулятором скорости DYS 4-в-1 без необходимости пайки.
- Встроенный модуль OSD, нет необходимости дополнительно программировать ПО.
- Встроенный измеритель тока позволяет отслеживать реальное энергопотребление.
- Регулировка ПИД-параметров с помощью пульта управления.
- Полетный контроллер DYS F4 оснащен четырьмя виброгасящими втулками для уменьшения вибрации и обеспечения стабильности во время полета.
- Поддержка батарей 2S-6S LiPo.
- Вес: 11,2 г (без кабелей).
- Размеры: 42 мм × 36 мм, расстояние между отверстиями: 30,5 мм × 30,5 мм.
- Гироскоп: MPU6000.
- Напряжение: 3,3 В.
- Включает видеопередатчик PPM и RSSI.

#### Регуляторы оборотов



Бесколлекторный регулятор оборотов Mini XSD 30A V1 (прошивка BLHELI S; поддержка Dshot600/Dshot300).

*Характеристики:*

- Прошивка: BLHELI S & Dshot600/Dshot300
- Постоянный ток: 30А
- Кратковременный: 40А
- ВЕС: нет
- Поддержка аккумуляторов: Li-Po 3-6s
- Вес: 7.5г
- Размер: 45x16.5x5.8мм

**Двигатели**

Бесколлекторные двигатели (CW + CCW) DYS MR2205 2300 KV.

- Диаметр: 27.7мм
- Высота: 18.5мм
- Вес: 29.5г
- Поддержка аккумуляторов: Li-Po 3-4s
- KV: 2300
- В комплекте два мотора: CW + CCW

## Винты



В комплект входит 4 пропеллера 5x4.5 (два левого вращения, два правого вращения)

## Видео передатчик



- Защита от радиопомех
- Количество каналов: 40
- 200 мВт
- Малый размер и вес

### Технические данные:

- Беспроводной передатчик 5,8 ГГц, 25-200 мВт
- Частота передатчика (МГц): широкополосная частотная модуляция
- Формат видео: NTSC/PAL
- Рабочая температура: -10~85°C



- Дальность действия: до 10000 м
- Вес: 8,28 г
- Разъем антенны: SMA
- Размеры: 23 мм × 22 мм × 8 мм

#### Антенна видеопередатчика



- Наименование: антенна 3 дБи, 5,8 ГГц
- Вес: 11,95 г
- Усиление: 4 дБи
- Коэффициент стоячей волны по напряжению: < 1,5
- Поляризация: круговая
- Разъем: RP-SMA
- Длина: 80 мм

#### Видео камера



- Объектив 2,1 мм
- ИК фильтр
- NTSC

#### Технические данные:

- Модель: HS1177
- CCD: 1/3" Sony SUPER HAD II CCD
- Пиксели: PAL 768×494
- Система телевидения: PAL
- Разрешение: 650 ТВЛ (черно-белое изображение), 600 ТВЛ (цветное изображение)
- Синхронизация: внутренняя
- Выдержка: PAL: 1/60 - 1/1000000 с
- Уровень шума: > 60 (при выключенной автоматической регулировке усиления (AGC))
- Видеовыход: 75 Ом
- Минимальное освещение: 0,01 лк
- Автоматическое усиление (Auto Gain): отключено / низкое / среднее / высокое
- Компенсация подсветки: выключено / компенсация подсветки / подавление света
- Обнаружение движения: включено / выключено
- Автоматический баланс белого: ручной / автоматический / автоматическое отслеживание
- Переключение с цветного на черно-белое изображение: автоматическое
- Шумоподавление (DNR): 2DNR (двумерное шумоподавление)
- Функция WDR: D-WDR
- Переключение день / ночь: автоматическое / цветное / черно-белое
- Меню (на экране): английский язык
- Функция ремонта точек на камере: есть
- Регулировка изображения: есть
- Наклон камеры: есть
- Питание: 5 V – 22 V
- Рабочая температура: -10°C - 50°C
- Рабочая влажность воздуха: 20% - 80%
- Температура хранения: -40°C - 60°C
- Влажность воздуха при хранении: 20% – 95%
- Размеры: 25 мм × 25 мм
- Энергопотребление: 70 мА

## Радиоприемник



- Размер: 21.5 \* 12 \* 3.5 мм (Д x Ш x В)
- Вес: 1.6 г
- Количество каналов: до 16CH от SBus (1-15ch ШИМ, 16CH RSSI для FC)
- Диапазон рабочих напряжений: 3.7 ~ 10v
- Рабочий ток: 30mA @ 5v
- Рабочий диапазон: полный диапазон
- С выходом RSSI на борту: аналоговый 0 ~ 3.3В
- Обновление встроенного программного обеспечения
- Совместимость: FrSky режим D16

## Радиопередатчик





Перед вами новый радиопередатчик Taranis Q X7 от FrSky. Это более экономичный и упрощенный вариант популярной системы радиоуправления FrSky Taranis, который работает на программном обеспечении OpenTX. Q X7 имеет новый современный дизайн, а также простое в навигации меню, удобное колесо прокрутки и кнопки управления.

Пульт управления имеет встроенную систему вибрации, так что теперь вы можете использовать не только голосовые или звуковые оповещения. Данный 16-канальный передатчик имеет плавные ручки управления, шесть переключателей и две ручки потенциометров. Передатчик работает на программном обеспечении OpenTX. Вы можете обмениваться файлами с популярным пультом X9D Plus. Слот для карты MicroSD обеспечивает безграничную память моделей. USB-разъем предназначен для обновления и подключения к ПК для регулировки настроек.

Одна из лучших особенностей Taranis – это полная поддержка телеметрии, а также индикатор сигнала RSSI. Колесо прокрутки и кнопка ввода превращают навигацию в меню в простой и точный процесс. Пульт оснащен аудиоразъемом и разъемом «Тренер / Ученик». Также есть отсек для установки передающего модуля в стандарте JR, который можно использовать с приемниками других протоколов. С использованием модуля FrSky XJT передатчик поддерживает до 32 каналов. Среди других особенностей отображение полетных данных в режиме реального времени и супернизкий уровень задержки сигнала.

Таким образом данный передатчик имеет функции более дорогих моделей по непревзойденно низкой цене.

#### *Особенности:*

- Подшипники обеспечивают плавный ход ручек управления.
- Вывод аудиосообщений.
- Запись полетных данных в режиме реального времени.
- Индикатор мощности сигнала приемника.
- Супернизкий уровень задержки сигнала.
- Разъем Smart.
- Оповещения с помощью вибрации.
- Файлы конфигурации модели совместимы с Taranis X9D Plus.

#### *Технические данные:*

- Название модели: Taranis Q X7
- Цвет: черный
- Рабочее напряжение: 6-15 В (2S, 3S LiPo)
- Рабочий ток: максимум 210 мА (с включенными передающим модулем и подсветкой)
- Рабочая температура: -10~45°C
- ЖК-экран с подсветкой: 128×64
- Количество моделей в памяти: 60 (расширение с помощью SD-карты)
- Совместимость: приемники FrSky серии X, D и V8-II (и другие приемники при ис-

пользовании внешнего модуля)

*В комплект входит:*

- Аппаратура Taranis Q X7
- Инструкция на английском языке
- Ремень
- Ключи

#### ФПВ Шлем



Видеошлем 800x480, 5,8 ГГц

*Особенности:*

- Съемный экран 5" можно использовать в качестве монитора на пульте управления или установить на штатив.
- Сверхяркий HD ЖК-экран 5" настроен специально для FPV-гонок.
- Встроенный невероятно чувствительный 40-канальный приемник 5,8 ГГц.
- Встроенная функция автоматического поиска сигнала.
- Встроенная батарея 3,7 V 2000 мА/ч, заряда хватает на 3,5 ч работы.
- Возможно использование батарей 2S/3S для продления времени работы.
- Эргономичный дизайн.
- Нет искажения или размытия изображения по краям экрана.
- Малый вес, всего 375 г.



### Технические данные:

#### Экран

- Размер экрана: 5"
- Разрешение экрана: 800×480 (нет размытия после увеличения с помощью объектива)
- Яркость экрана: 600 кд/м<sup>2</sup> со специальной светодиодной подсветкой повышенной яркости для FPV-полетов на улице
- Угол обзора: 140° / 120° (по горизонтали / по вертикали)

#### Объектив

- Улучшенное качество изображения для эффекта полного погружения
- Нет искажения света

#### Батарея и зарядное устройство

- Встроенная батарея 3,7 V 2000 мА/ч
- Заряда батареи хватает на 3,5 ч работы.
- Поддержка внешних аккумуляторов 5 V или батарей 2S (7,4 V) / 3S (11,1 V)

#### Приемник

- Встроенный 40-канальный приемник 5,8 ГГц, Raceband
- Частоты, диапазон A: 5865, 5845, 5825, 5805, 5785, 5765, 5745, 5725
- Частоты, диапазон B: 5733, 5752, 5771, 5790, 5809, 5828, 5847, 5866
- Частоты, диапазон E: 5705, 5685, 5665, 5645, 5885, 5905, 5925, 5945
- Частоты, диапазон F: 5740, 5760, 5780, 5800, 5820, 5840, 5860, 5880
- Частоты, диапазон R: 5658, 5695, 5732, 5769, 5806, 5843, 5880, 5917

#### Корпус

- Размеры: 180 мм × 145 мм × 82 мм
- Вес: 349 г с батареей 2000 мА/ч
- Ремень: трехполосный регулируемый

#### Аккумулятор





Защита для аккумулятора



Зарядное устройство



Набор отверток



Ключ для монтажа пропеллеров



Ключ М4/5.5/8/10 для гаек на двигателях.

Липучка для крепления АКБ



## Сборка

Приступим к сборке нашего квадрокоптера, а начнем мы с рамы, для начала ознакомимся с комплектацией, у нас имеется:

1. Нижняя пластина (1 шт)
2. Верхняя пластина (1шт)
3. Боковые стойки (2шт)
4. Задняя стойка (1 шт)
5. Алюминиевая стойка 35мм (4 шт)
6. Болт титановый М3 6мм (10 шт)
7. Болт титановый М3 8мм (10шт)



Первым делом нам понадобится нижняя пластина, располагаем ее как на фото выше.

Таким образом пластина лежит по направлению вперед.

Следующим шагом мы будем прикручивать моторы.

Для этого извлекаем мотор и содержимое из коробки (упаковки).





Обратите внимание — в комплекте у моторов разные по цвету гайки, это означает что резьба на валах наших моторов тоже разная. Белая гайка означает, что резьба там правой направленности (стандартная), черная гайка означает, что резьба на валу левой направленности (т.е закручивание гайки происходит против часовой стрелки).

Зачем это нужно? Вариант с разной резьбой на моторах предостерегает нас от случайного откручивания в процессе полета, а также при зацепе о какие-либо препятствия.

Также, в комплекте мы видим 5 болтов М3 5мм и М3 7мм, нам понадобятся 4 болта 7 мм для каждого болта.

Приступим к прикручиванию моторов к нашей нижней пластине. Для это просто сопоставьте отверстия в раме с отверстиями мотора, направление выходящих из мотора проводов должно быть параллельно лучу. Затем, прикрутите моторы, используя подходящий инструмент.

Обратите внимание что моторы с черной гайкой должны располагаться на переднем левом и заднем правом лучах.





После установки моторов нам нужно укоротить провода. Отступаем примерно 3 см от основания мотора и отрезаем, постарайтесь сделать это максимально ровно, чтобы длина ваших проводов была одинаковая. Повторите это на всех 4-х моторах.



После того как закончили с проводами моторов, откладываем раму в сторону и рассмотрим регулятор скорости мотора.

В комплекте идут: сам регулятор, защитный кейс и два отрезка термоусадочной трубки



Видим толстые провода – черный минус и красный плюс, это провода силовой части, по ним будет поступать ток на сам регулятор, также имеются белый и черный провод тонкого сечения. Черный это снова минус, а белый это сигнальный провод, по нему проходит информация с полетного контроллера на регулятор. Ниже у нас есть 3 площадки для припаивания проводов мотора. Но пока мы не будем их паять, для начала рассмотрим и установим полетный контроллер, мозг нашего квадрокоптера так сказать.



Первым делом рассмотрим комплектацию и разберемся что и куда присоединять.

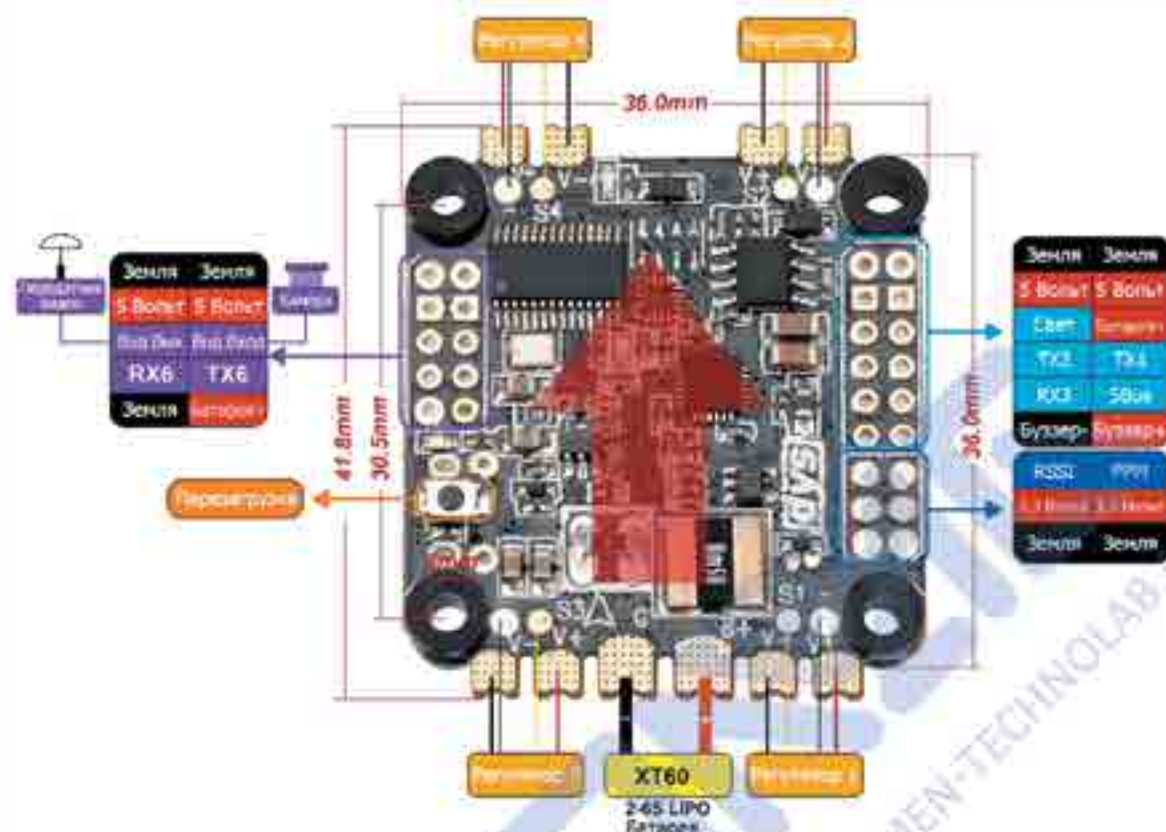


В комплект ПК (полетного контроллера) входит:

1. Полетный контроллер
2. Силовой провод с припаянным разъемом XT60
3. Бuzzer или пищалка
4. Комплект нейлонового крепежа и резиновых демпферов

Данный полетный контроллер выполняет сразу две функции, управляет полетом квадрокоптера и служит платой распределения питания для силовой части.

Ниже вы видите инструкцию прилагаемую к каждому ПК с разъяснением что за что отвечает.



Для установки ПК на раму квадрокоптера нам понадобится:

- 4 нейлоновые стойки идущие в комплекте
- 4 нейлоновых болта
- 4 демпфера
- 4 болта м3 5мм из комплекта моторов

Берем нижнюю цельную пластину рамы. С нижней стороны рамы есть 4 отверстия с углублением, в них по очереди вставляем металлический болт и притягиваем его нейлоновой стойкой с обратной стороны.



Следующим шагом мы вставим резиновые демпферы в отверстия на ПК.





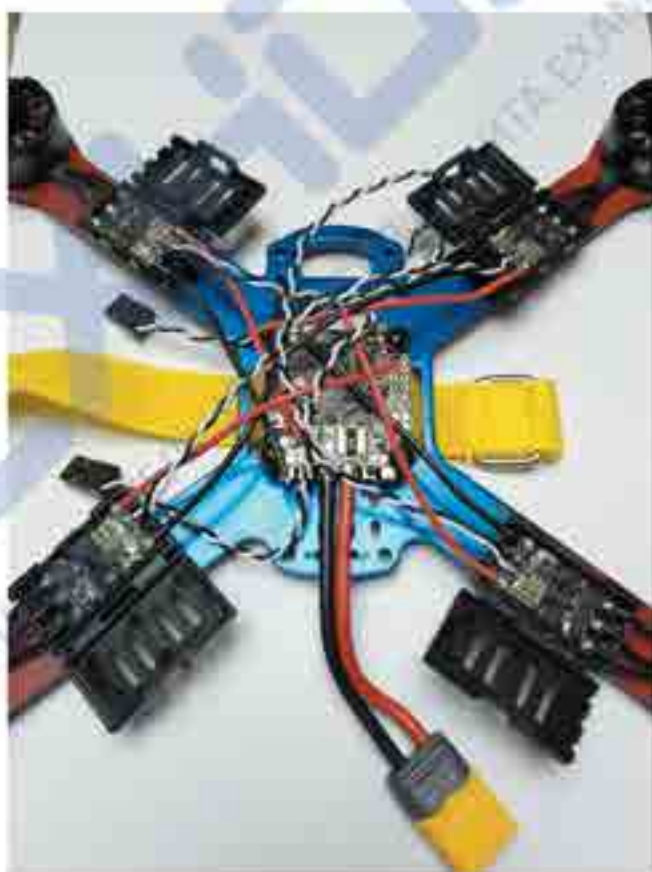
Но, прежде чем прикрутить ПК к раме необходимо протянуть ленту-стяжку для аккумулятора, иначе после это будет сделать проблематично.



Теперь можно прикручивать ПК нейлоновыми болтами к стойкам.

Вернемся к регуляторам оборотов.

Необходимо подготовить провода моторов для пайки, зачищаем 5мм провода и лудим его. Так же, лудим площадки на регуляторе и припаиваем провода к площадкам. Повторяем это действие на всех моторах.





Вот что у нас должно получиться, также, уже можно надеть защитные кейсы, закрыть их и приклеить на двухсторонний скотч.

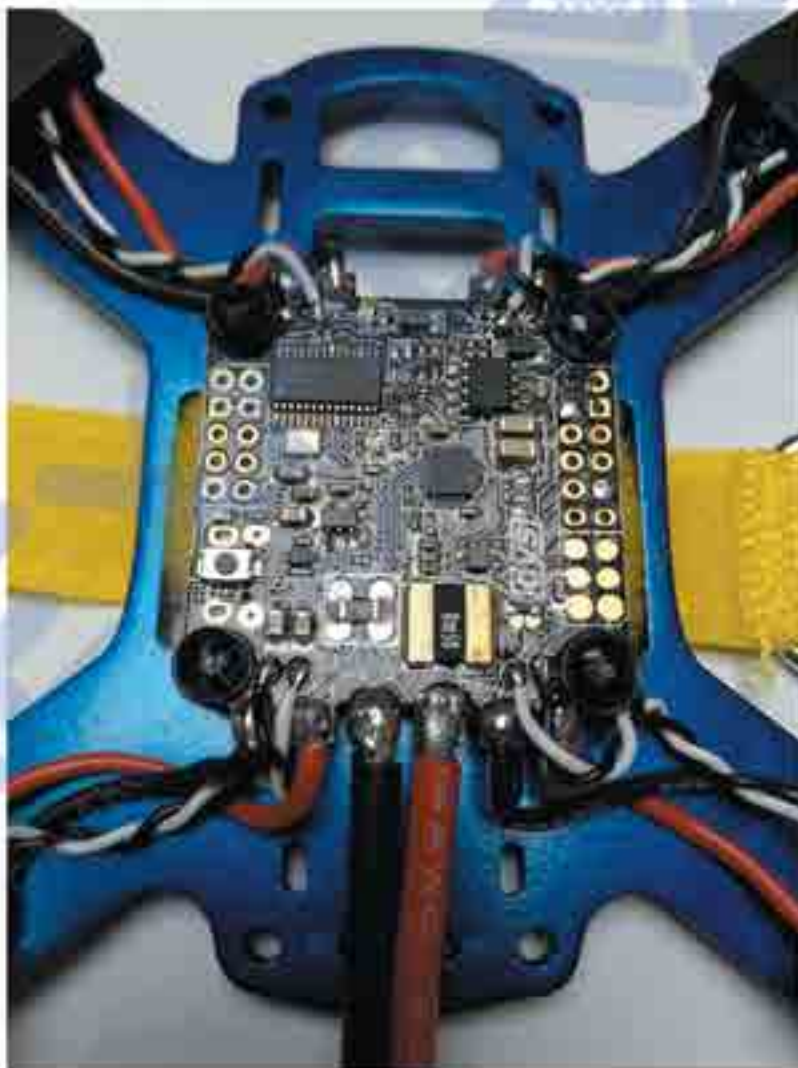
Далее, мы паяем силовые провода к площадкам полетного контроллера.

На этом этапе необходимо быть внимательным и не перепутать плюс и минус.

Отрезаем нужную длину провода зачищаем и припаиваем к площадке. Провода стоит отрезать с небольшим запасом, чтобы они располагались свободно и не был внастяг.

Не забываем припаять землю и сигнальный провод, под них есть отдельные площадки чуть выше силовых с надписями «-» и «S1». S это обозначение площадки сигнального провода, цифра далее — номер мотора.

Вот что у нас должно получиться.





Поздравляю! наш квадрокоптер собран на 70%, теперь дело за приемником, видео камерой и видеопередатчиком, а так же настройкой.

Далее рассмотрим камеру и видео передатчик — это FPV система.

*Комплектация камеры:*

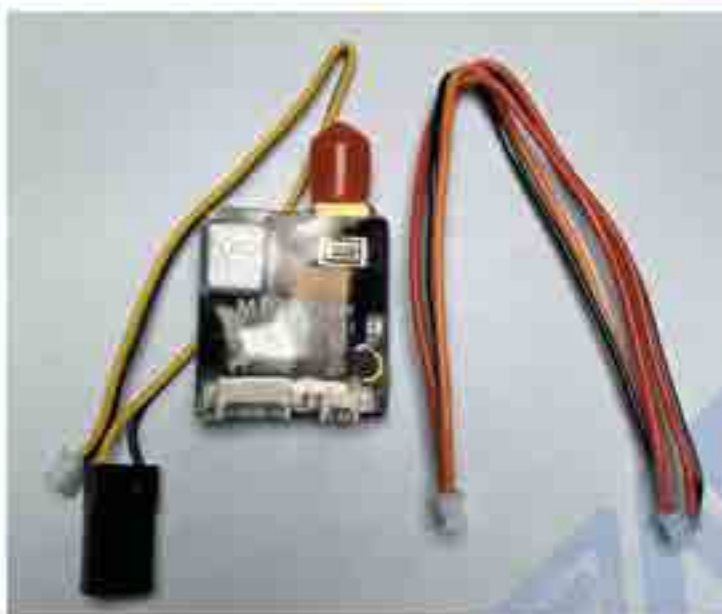
1. Камера
2. Комплект крепежа
3. Скоба для крепления к раме
4. Трехжильный провод подключения

Для монтажа понадобятся два коротких болта и провод, а так же, боковые стойки из комплекта рамы.

Крепим камеры к боковым стойкам как показано на фото и пока откладываем в сторону.



Подготовим видеопередатчик



Вот и весь комплект видеопередатчика.

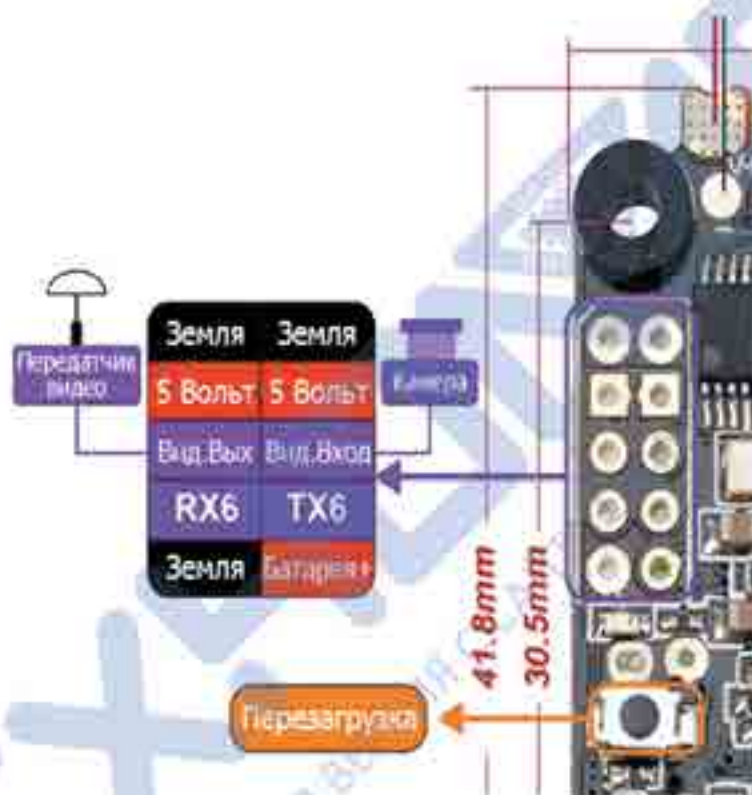
Нам понадобится сам передатчик, пятижильный провод, а так же задняя стойка из комплекта рамы. При соединении задней стойки и антенного разъема видеопередатчика вы можете заметить что имеется люфт, это можно исправить если мы возьмем один из оставшихся резиновых демпферов из комплекта ПК разрежем его пополам и натянем его на антенный разъем.



Вот так у вас должно получиться — после таких манипуляций передатчик будет хорошо зафиксирован.

Паяем провода от камеры и видеопередатчика на полетный контроллер. Для этих целей есть специальные площадки.

Питаться наш FPV тракт будет от 5 вольт, а поскольку в ПК есть встроенное OSD, видео сигнал будет проходить через него и попадать в видеопередатчик, который будет транслировать картинку в шлем с уже наложенными данными о состоянии аккумулятора на борту, полетного режим, времени полета и т.д.



Необходимые нам площадки находятся в левом верхнем углу, на картинке выше вы можете увидеть куда подключаются провода.

**ВНИМАНИЕ!** Красный провод это плюс (+) черный минус (-), желтый или оранжевый это видеосигнал. Все провода необходимо подрезать по размеру.





**ЗАМЕЧАНИЕ!** Поскольку в видео передатчике есть выход 5в, а в проводе есть 5 проводов, но он нам не нужен, провода можно аккуратно вытащить подцепив язычек на разъеме, или аккуратно обрезать под корень.

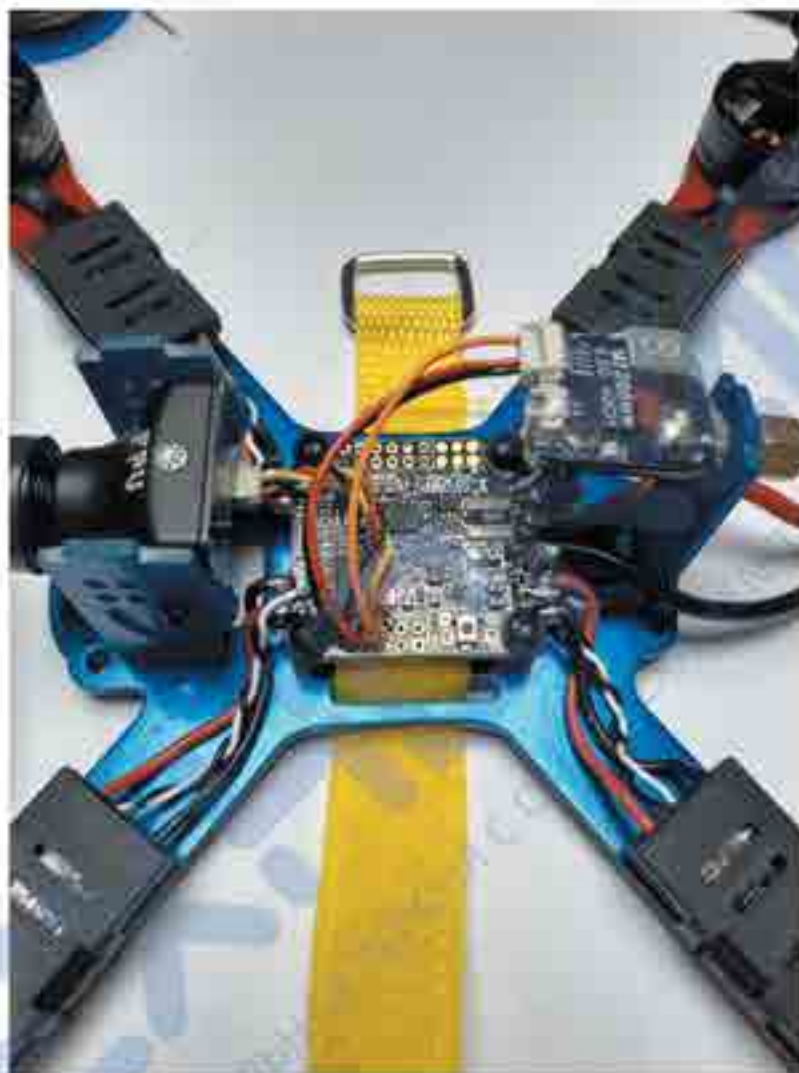
Зачищаем, лудим и паяем согласно распиновке и схеме выше.



Вот что должно получиться.

И последний необходимый компонент для квадрокоптера это радиоприемник.

Установим камеру и видеопередатчик и подключим их.



Теперь прикрутим стойки и установим верхнюю крышку.

Возьмем стойки идущие в комплекте рамы, а также по 4 болта M3 8мм и 6мм.

С нижней стороны мы прикручиваем стойки болтами 8мм, а с верхней 6мм.

Сборка завершена, необходимо проверить нашу сборку тестером на предмет короткого замыкания. Для этого в разъем батареи TX60 необходимо поместить щупы тестера и включить его в режим определения замыкания. Если никаких предупреждений на тестере не видно, то все в порядке и можно приступать к настройке программной части квадрокоптера.

## Настройка

### Среда для настройки и инструменты

Для того, чтобы осуществить настройку квадрокоптера вам понадобится:

1. [Конфигуратор Betaflight](https://github.com/betaflight/betaflight-configurator/releases/) доступен для разных ОС  
<https://github.com/betaflight/betaflight-configurator/releases/>
2. Шнур MicroUSB
3. [Драйвер серийного порта](https://www.silabs.com/products/development-tools/software/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers)  
<https://www.silabs.com/products/development-tools/software/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers>
4. [Драйвер чипсета](http://www.st.com/en/development-tools/stsw-stm32102.html)  
<http://www.st.com/en/development-tools/stsw-stm32102.html>

### Настройка Betaflight для первого полета

**ВНИМАНИЕ! ДЛЯ РАБОТЫ В ЭТОЙ ВКЛАДКЕ, КАК И В ДРУГИХ, ПРОПЕЛЛЕРЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ СНЯТЫ С МОТОРОВ!**

После установки и запуска конфигуратора Betaflight вас приветствует стартовое окно



Подсоедините шнур MicroUSB к вашему полетному контроллеру, подключите его



свободный конец к компьютеру в разъем USB и нажмите кнопку Connect в конфигураторе.

После успешного подключения, вы попадаете в первую вкладку SETUP. Отсюда начинается настройка квадрокоптера.



### Шаг 1 (Вкладка PORTS) – Настройка конфигурации портов

Открываем вкладку PORTS и ставим галочку SERIAL RX на UART 3. Данное действие позволит настроить связь с радиоаппаратурой в следующем шаге.

После каждого шага нажимаем кнопку SAVE AND REBOOT для сохранения настроек.



## Шаг 2 (Вкладка Configuration) – Настройка основной конфигурации

Эта вкладка является основной в настройке квадрокоптера.

**MIXER** – показывает последовательность подключения моторов к регуляторам оборотов. Как правило здесь все остается без изменений.

**ESC/Motor Features** – зона настройка протокола регулятора оборотов, минимального газа, минимальной импульсной команды для реакции регулятора оборотов.

**ESC/Motor protocol** – выбираем DSHOT300, так как это современный протокол, который работает с современными регуляторами оборотов на базе прошивки BLheli\_S

**MOTOR STOP** – Включаем, Так как эта функция позволяет отключить вращение двигателей во время Арминга квадрокоптера.

Все остальное в этой секции оставляем по умолчанию





**Receiver** – зона настройки протокола радиоприемника. Здесь в выпадающем меню необходимо выбрать **Serial based Receiver (SBus)**. Это корректный протокол связи радиоприемника с полетным контроллером.

**Serial receiver provider – SBus**

Не забываем сохранять изменения нажатием кнопки **SAVE AND REBOOT**



**Other features** – зона настройки вспомогательных и дополнительных функций полетного контроллера.

**Telemetry - ВКЛ** – Этот параметр передает определенные полетные данные из полетного контроллера прямо в аппаратуру. Данные отображаются на экране.

**Airmode - ВКЛ** – Данная функция сглаживает полет и предотвращает провалы в результате неправильной работы оператора.

**OSD - ВКЛ** – данный параметр выводит полетные данные на FPV систему. Дополнительная настройка его происходит во вкладке OSD

Остальные параметры оставляем по-умолчанию, не забываем сохранять изменения нажатием кнопки **SAVE AND REBOOT**



**Шаг 3 (Вкладка Receiver)** – Настройка и отображение работоспособности радиоприемника. Здесь можно проверить правильно ли настроены каналы связи с радиоприемником, а также переназначить необходимые функции, если что-то настроено неправильно

**RC Deadband** – Параметр отвечающий за сглаживание действий пилота, поставим значение 5 – среднее сглаживание

**YAW Deadband** – Параметр сглаживающий вращение квадрокоптера вокруг своей оси в результате ложного срабатывания сигналов с радиоприемника, поставим значение 5 – среднее сглаживание

Остальные параметры оставляем по-умолчанию, не забываем сохранять изменения нажатием кнопки **SAVE AND REBOOT**



**Шаг 4 (Вкладка Modes)** – создана для того, чтобы оператор мог настроить режимы полетов квадрокоптера.

Настраиваем этот раздел как на скриншоте ниже.





Шаг 5 (Вкладка Motors) – Здесь проверяется работоспособность всех моторов, а также правильность их вращения.

**ВНИМАНИЕ! ДЛЯ РАБОТЫ В ЭТОЙ ВКЛАДКЕ, КАК И В ДРУГИХ, ПРОПЕЛЛЕРЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ СНЯТЫ С МОТОРОВ!**



## Предполетная подготовка и полет

### Место для полета

*Место для полетов необходимо выбирать исходя из следующих условий:*

1. Удаленность от маршрутов самолетов
2. Удаленность от оживленных трасс и скопления людей
3. Воздушное пространство должно быть открыто согласно закону РФ
4. Проведение полетов в специализированных местах
5. Проведение полетов в специально оборудованных для этого помещениях

### Безопасность оператора и наблюдающих



Оператор БПЛА, а также, все, кто находятся рядом с ним должны быть максимально внимательны.

Винты должны быть одеты на БПЛА только перед самым взлетом, чтобы не причинить вреда оператору.

Перед подсоединением аккумулятора, сначала включается аппаратура управления, выбирается нужная модель настроек, проверяются статусы арминга.

Во время взлета необходимо отойти на безопасное расстояние, чтобы не причинить вреда себе и наблюдателю.

Перед взлетом необходимо громко предупредить всех окружающих о намерении поднять БПЛА в воздух.

Ловить руками при посадке запрещено. Посадка должна производиться также на безопасном расстоянии.

После посадки необходимо сделать дизарм, убедиться в том, что БПЛА находится в состоянии покоя, подойти и отключить питание.

### **Выявление неисправностей**

Диагностика неисправности происходит только при наличии оборудования, а также строго при снятых винтах.

Для начала необходимо визуально осмотреть целостность всех конструкций, прозвонить все электрические цепи на предмет короткого замыкания.

Если в цепи есть замыкание, это означает, что какой-то из компонентов неисправен. Необходимо определить его и заменить, либо произвести ремонт.

Определение компонента происходит последовательно. Сначала регуляторы оборотов, затем плата распределения питания, затем полетный контроллер и видео система.

Взаимоисключая все компоненты мы определяем неисправный.

Если все электрические компоненты исправны, то проверьте программное обеспечение, возможно требуется повторная настройка



## Обучение управлению квадрокоптером

### Первые полеты

Наденьте пропеллер и прикрепите аккумулятор к БПЛА. Разместите его в том месте, где он сможет взлететь без препятствий включите радиоаппаратуру и подайте питание квадрокоптеру. Отойдите на безопасное расстояние от квадрокоптера и запустите его. Попробуйте выполнить упражнения, описанные ниже.

### Набор упражнений

#### Уп. 1 – Зависание

Поднимите в воздух квадрокоптер и старайтесь ровно держать его на определенной высоте. Старайтесь держать его не только на одной высоте, но и относительной определенной точки ориентирования на земле. Проще говоря, зависните над объектом.

#### Уп. 2 – Движение вперед-назад

Отработав зависание вы можете начать движение вперед. Для этого плавно наклоните вперед ручку Pitch (правый стик нужно наклонить вперед). Квадрокоптер начнет движение вперед. Оттяните ручку назад и он начнет двигаться на предыдущую позицию.

#### Уп. 3 – Движение вправо-влево

Для движения вправо-влево плавно потяните ручку Roll (правый стик вправо или влево). Квадрокоптер начнет движение в ту сторону, которую вы тянете ручку относительно себя. Потренируйтесь отводить и возвращать квадрокоптер в исходную позицию.

#### Уп. 4 – Вращение

Для отработки вращения вокруг своей оси, зависните и держите высоту ровно. Наклоняя ручку Yaw (левый стик влево-вправо) вы сможете вращать квадрокоптер вокруг своей оси. Внимание, данное упражнение потребует от вас держать газ на уровне зависания, чтобы квадрокоптер мог производить вращение

## Уп. 5 – Комбинация

Комбинируя упражнения выше, вы сможете расширить ваши полетные навыки и полностью понять физику движения квадрокоптера. Комбинируйте, но делайте все плавно.

### Тренировочные препятствия

**Ворота** – это самый распространенный тип препятствий. Они представляют из себя как правило квадрат  $2 \times 2$  м. в который можно спокойно пролетать или проходить. Комбинация из таких ворот может быть отличным тренировочным подспорьем.



**Кольца** – представляют из себя ворота круглой формы. Как правило они меньше чем ворота и бывают подвешены на различной высоте.



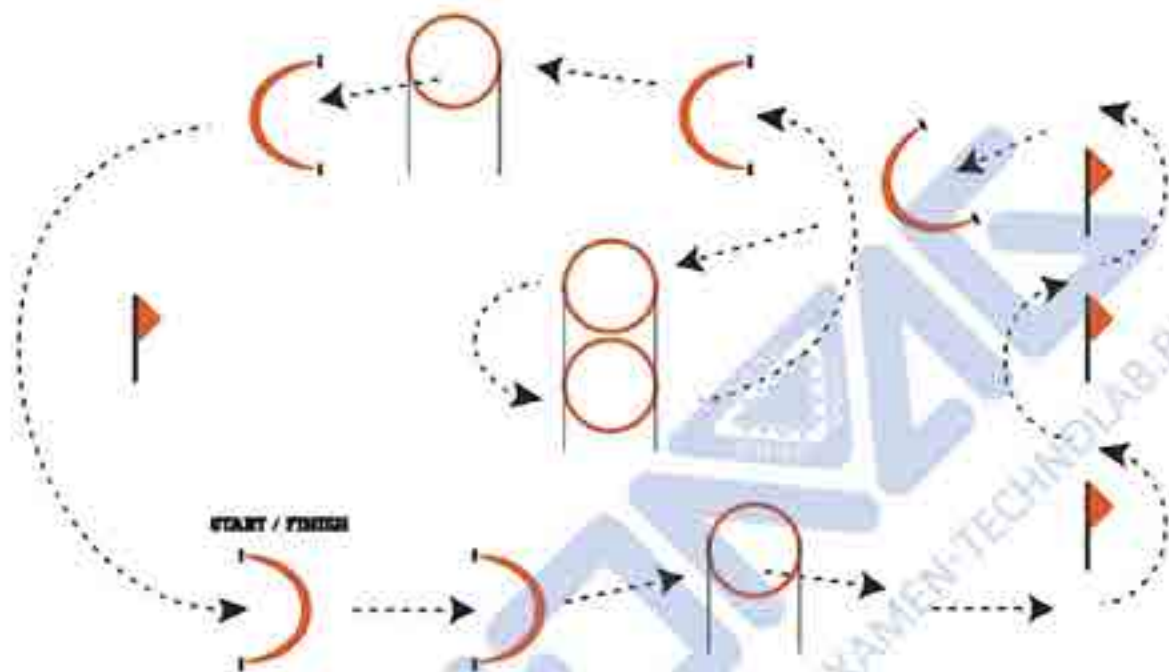
**Флаги** – высотой от 2.5м на гибком флагштоке. Как правило из флагов делают элемент – Змейка.





## Практика

Совмещая упражнения и препятствия, вы можете достигнуть хороших результатов и принять участие в соревнованиях между другими пилота квадрокоптеров. Такие соревнования называются гонками на квадрокоптерах или проще говоря дрон-рейсинг.



## Установка системы навигации (GPS)

При помощи датчиков GPS квадрокоптер может расширить свои полетные возможности.

*Квадрокоптер сможет:*

1. Зависать в одной точке
2. Двигаться по заданию
3. Возвращаться в точку взлета
4. передавать координаты местоположения

### Установка GPS

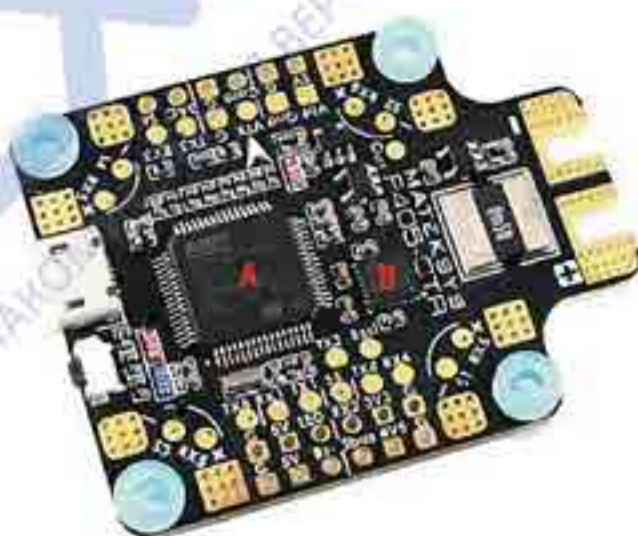
Для того, чтобы установить GPS датчик нам понадобится свободный UART порт на полетном контроллере и специальные провода.

Сначала, подсоединяем провода одним концом к датчику GPS, други подключаем их в свободный разъем, на котором обозначен UART порт.

Располагаем датчик так, чтобы стрелка направления датчика смотрела на нос квадрокоптера.

Датчик GPS необходимо установить на специальную штангу, которая отдалит датчик от всей электроники и поможет избежать наводок на компас, встроенный в GPS датчик.

Датчик GPS сам определится в программе – конфигураторе и в статусной строке загорится иконка GPS.



## Установка программы inav

Для того, чтобы в полной мере воспользоваться функциями полетов с GPS нам потребуется программа inav.

Для того, чтобы установить прошивку inav на ваш полетный контроллер вам понадобится:

5. Конфигуратор inav на базе браузера Chrome ([Скачать тут](#))

<https://chrome.google.com/webstore/detail/inav-configurator/fmaidjmgkdkpafmbnmigkpdnpdhopgel>

6. Так же, можно установить конфигуратор для [Windows](#) и [MacOSX](#)

<https://github.com/INavFlight/inav-configurator/releases>

7. [Драйвер серийного порта](#)

<https://www.silabs.com/products/development-tools/software/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers>

8. [Драйвер чипсета](#)

<http://www.st.com/en/development-tools/stsw-stm32102.html>

Установите любой из предложенных конфигураторов на ваш компьютер и откройте его. Так же выполните установку драйверов из пунктов 3 и 4. Перезагрузите компьютер.

Итак, мы установили все необходимое для того, чтобы поставить прошивку inav на полетный контроллер.

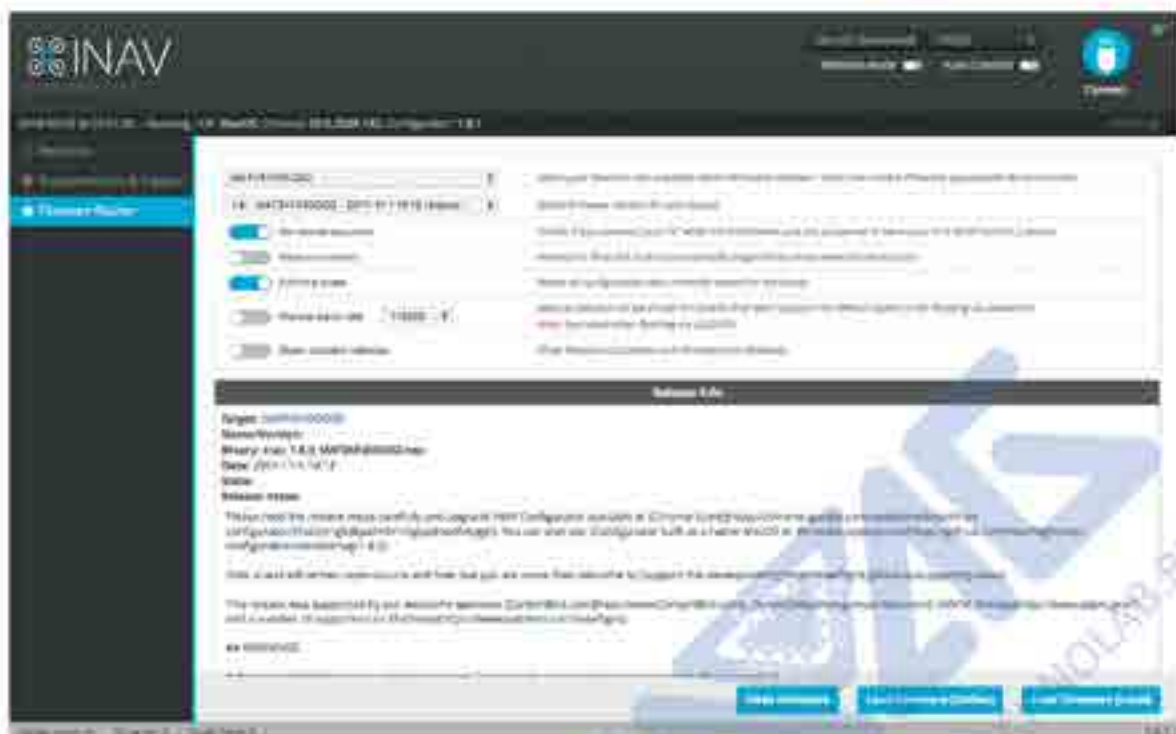
Открываем установленный конфигуратор. Подключаем microUSB шнур к полетному контроллеру. Далее зажимаем кнопку Boot, это необходимо для того, чтобы полетный контроллер вошел в режим программирования. Не отпуская кнопку Boot подключаем USB шнур в свободный порт компьютера.

Открываем конфигуратор inav и движемся во вкладку Firmware Flash

Выбираем модель полетного контроллера в выпадающем меню Choose Board, а так же выбираем версию прошивки в выпадающем меню Choose firmware version.

Далее ставим галочки как на рисунке ниже и нажимаем на кнопку Load Firmware для того, чтобы произошло скачивание прошивки из интернета.





После того как прошивка скачалась, загорается кнопка **Flash Firmware**, после нажатия которой пойдет установка прошивки в полетный контроллер.

После успешной установки прошивки, полетный контроллер перезагрузится, прозвучит соответствующий звуковой сигнал и можно будет нажать на кнопку **Connect**.

После нажатия кнопки **Connect**, мы попадаем в экран настройки прошивки Inav для дальнейшего ее использования.

## Настройка Inav для первого полета

Так как прошивка и приложение Inav это форк Betaflight, то для первой настройки для полета, пожалуйста воспользуйтесь описанием из главы **Настройка**, раздела **Образовательный роботехнический модуль «АЭРО»** (стр. 46) текущего руководства для настройки.

### Телеметрические модемы для полета по точкам (маршруту)



Для того, чтобы получить обратную связь от квадрокоптера во время полета, контролировать его движение во время автоматического полета по точкам, совершать настройки и планировать маршрут – необходимы телеметричные модемы.

**Модемы состоят из 2х модулей – наземный и бортовой.**

Наземный модуль подключается к компьютеру, телефону, планшету, на котором установлено программное обеспечение для полета по точкам.

Бортовой модуль подключается непосредственно к полетному контроллеру в свободный UART или I2C порт.

*Бортовой модуль передает, а наземный принимает следующие данные:*

- Качество связи
- Количество спутников
- Координаты квадрокоптера
- Данные маршрута
- другие данные, которые заложены в ПО

*Наземный модуль может передавать данные на борт БПЛА:*

- Задания для миссии
- Синхронизацию данных миссии
- Полетные настройки
- Любые настройки полетного контроллера
- Другие данные, которые заложены в ПО

## Установка ПО управления маршрутом на телефон или планшет

Для осуществления полета по точкам, а также создания миссии вам необходимо иметь смартфон на базе Android или планшет.

Необходимо установить программу управления на ваше устройство. Скачать можно тут <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eziosoft.ezgui.inav&hl=en>

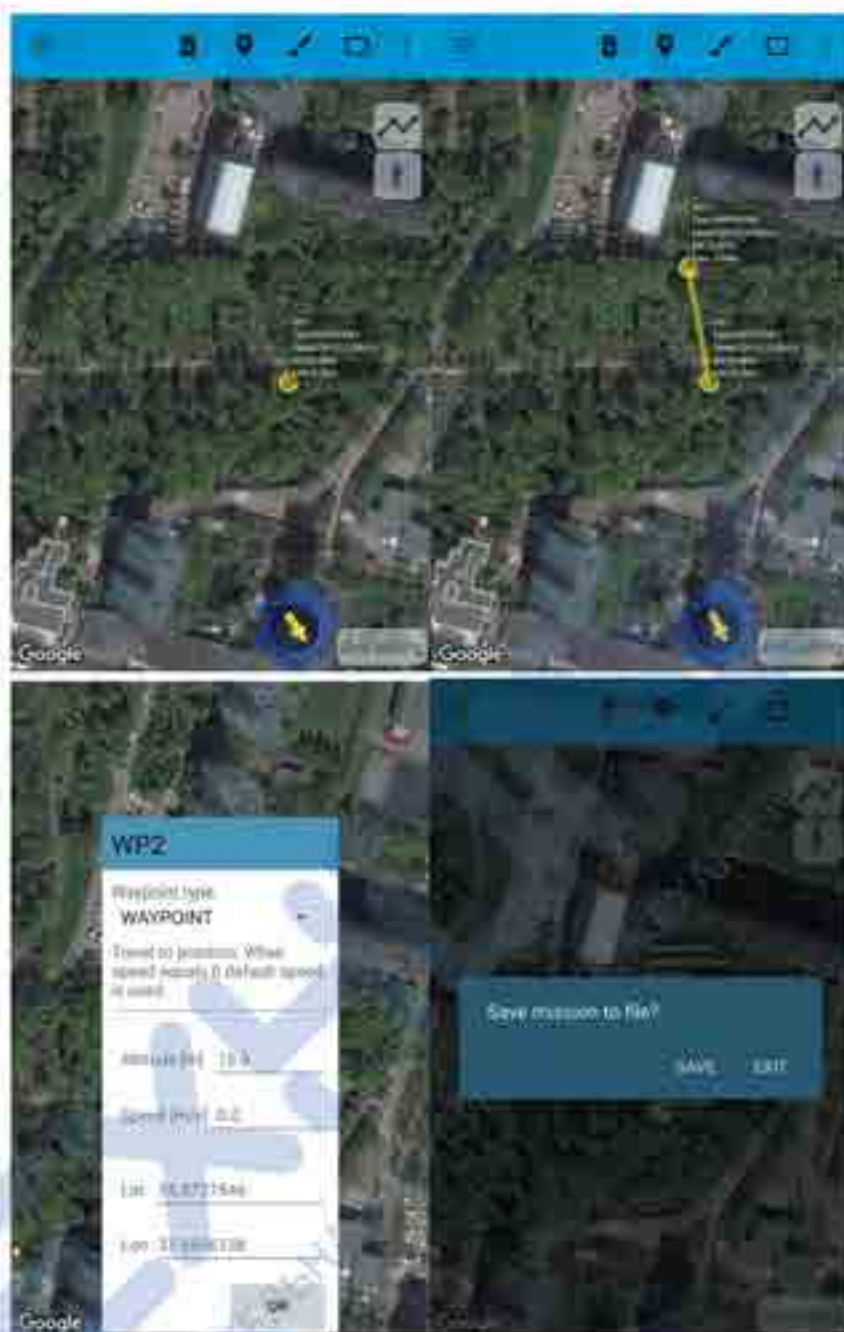
## Планирование маршрута

Для настройки миссии и планирования маршрута необходимо запустить программу Mission planner, подключиться к квадрокоптеру через телеметрический модем и начать строение миссии.



Для создания миссии необходимо нажать Create Mission





### Полет по заданию (маршруту)

**Внимание!** Для выполнения полетов, они должны быть согласованы в соответствии с законом Российской Федерации.

Нажав кнопку старта маршрута, квадрокоптер начнет выполнение полетной миссии, заранее настроенной по пунктам выше. Оператор обязан следить за выполнением миссии визуально, либо использовать средства телеметрии на экране мобильного

устройства.

В случае возникновения внештатной ситуации, оператор обязан вмешаться в управление и безопасно прервав миссию посадить квадрокоптер или вернуть его в точку взлета.

## Упражнения

### Уп. 1 – Короткая миссия

Создайте три точки миссии, как показано в предыдущем разделе. Точка взлета на 20 метров, точка маршрута через 30 метров, и точка посадки рядом с точкой взлета.

Присвойте этим точкам соответствующие значения и запустите миссию, предварительно сделать предполетную подготовку.

### Уп. 2 – Полет по кругу

Создайте пять точек миссии, как показано в предыдущем разделе. Точка взлета на 20 метров, каждая точка маршрута через 30 метров, и точка посадки рядом с точкой взлета.

Присвойте этим точкам соответствующие значения и запустите миссию, предварительно сделать предполетную подготовку.

### Уп. 2 – Перехват управления

Запустите полетную миссию (Уп.1) и дождитесь начала выполнения второй точки. Затем, определите, как относительно вас находится квадрокоптер, чтобы не перепутать направления его движения. Начните вмешиваться в руление прикоснувшись и начав движение стиками управления ну радиоаппаратуре. Плавнo посадите квадрокоптер.

## Заключение

В данном пособии вы научили собирать квадрокоптер из набора, а также настраивать и летать на нем. В будущем профессия Оператор БПЛА будет востребована и вы всегда сможете применить себя в ней.



*Учебно-методическое издание*

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ

(АЭРО)

ОТ 14 ЛЕТ

**«ЭКЗАМЕН-ТЕХНОЛАБ»**

107045, Москва, Луков пер., д. 8.

E-mail: по общим вопросам: [robo@examen-technolab.ru](mailto:robo@examen-technolab.ru);

[www.examen-technolab.ru](http://www.examen-technolab.ru)

по вопросам реализации: [sale@examen-technolab.ru](mailto:sale@examen-technolab.ru)

тел./факс +7 (495) 641-00-19 (многоканальный)



[www.examen-technolab.ru](http://www.examen-technolab.ru)

Артикул ТА-0841-МП

**12-15**  
лет

