

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»**

**Московский конкурс межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Кадетский
класс в московской школе». Профиль Воздушно-космические силы.**

**Практический этап
Методические рекомендации для учителей**

Москва 2022 г.

Содержание:

1. Теория по БПЛА.....	3
2. Настройка БПЛА.....	33
3. Демовариант с комментариями.....	48
4. Список литературы.....	56

1. Теория по БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

“ Беспилотный летательный аппарат или воздушное судно, управляемое дистанционно либо при помощи бортового компьютера”.

История автономных полетов

Считается, что наибольший вклад в появление БПЛА внесли такие технологические явления, как радиоуправляемые модели, интегральные микросхемы (микросхемы), GPS, интернет и смартфоны.

Радиоуправляемые модели самолетов

В 1937 году Росс Халл (Ross Hull) и Клинтон ДеСото (Clinton DeSoto), служащие из Национальной ассоциации любительской радиосвязи США (American Radio Relay League, ARRL), впервые публично продемонстрировали радиоуправляемый полет. Летом и осенью 1937 года они разработали и построили планер с 4 метровым крылом, совершив более сотни успешных радиоуправляемых полетов в Хатфорде, штат Коннектикут.

Пришествие Микросхем

Летом 1958 года Джек Килби (Jack Kilby) – новый сотрудник компании Texas Instruments и в то же время молодой изобретатель – совершил революцию в электронной промышленности представив свою интегральную схему. Этот предшественник микросхем состоял из транзистора и нескольких других компонентов, размещенных на кусочке германия размерами 11*1.6 мм. Зная, что множество электронных компонентов, таких как резисторы и конденсаторы, можно изготовить из того же материала, и транзисторы, Килби пришел к выводу, что все они могут быть изготовлены в виде законченной схемы. Многие устройства, которыми мы сейчас пользуемся, были бы невозможны без простенькой микросхемы Килби.

Технология БПЛА

В определенный момент авиамодельная аппаратура достигла предела возможностей, обусловленного конструкцией оборудования, свойствами радиосигнала и кодоимпульсной передачи информации. Для выхода за эти рамки потребовались новые решения в области менее очевидных технологий, позволяющие реализовать интеллектуальное управление.

GPS

«Система глобального позиционирования (Global Positioning System, GPS) – это принадлежащая США система, которая предоставляет потребителям услугу навигации, позиционирования и определения времени. Эта система состоит из трех сегментов: космический сегмент, сегмент управления и сегмент потребителей. ВВС США разрабатывают, обслуживают и контролируют космический сегмент и сегмент управления».

36 спутников системы непрерывно передают потребителям на земле поток информации, состоящий из географических данных и кода времени. Любое устройство, оснащенное GPS – приемником, может использовать данные от четырех спутников для вычисления своего положения в пространстве относительно этих спутников.

«Современные миниатюрные приемники, применяемые в авиамоделизме, могут обрабатывать сигналы от семи спутников одновременно».

Интернет

Влияние сети Интернет сложно переоценить, ведь благодаря ей стало возможным существование: онлайн магазинов, социальных сетей и форумов, а главное позволила людям общаться, учиться и делать покупки по всему миру. Этим интернет повлиял на развитие многих сфер нашей жизни, в том числе и на развитие БПЛА.

Смартфон

Поскольку размеры процессоров и сенсоров невероятно уменьшились, было лишь вопросом времени придумать, как использовать смартфон внутри авиамодели. Когда вы перемещаете или поворачиваете смартфон, его интерфейс меняет ориентацию на экране. Эти же датчики положения стоят в современных БПЛА.

ГЛОНАСС (Российская спутниковая система навигации)

Глобальная навигационная спутниковая система — российская спутниковая система навигации, одна из двух полностью функционирующих на сегодня систем глобальной спутниковой навигации.

Система ГЛОНАСС, имевшая изначально военное предназначение, была запущена одновременно с системой предупреждения о ракетном нападении (СПРН) в 1982 году для оперативного навигационно-временного

обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования, например, пассивных метео-РЛС типа РАЗК «Положение-2». Дополнительно система транслирует гражданские сигналы, доступные в любой точке земного шара, предоставляя навигационные услуги на безвозмездной основе и без ограничений.

Основой системы являются 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей $64,8^\circ$ и высотой орбит 19 100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. Основное отличие от системы GPS в том, что спутники ГЛОНАСС в своём орбитальном движении не имеют резонанса (синхронности) с вращением Земли, что обеспечивает им большую стабильность. Таким образом, группировка космических аппаратов ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течение всего срока активного существования. Тем не менее, срок службы спутников ГЛОНАСС заметно короче.

Развитием проекта ГЛОНАСС занимается «Роскосмос», АО «Информационные спутниковые системы имени академика М. Ф. Решетнёва» и АО «Российские космические системы». Для обеспечения коммерциализации и массового внедрения технологий ГЛОНАСС в России и за рубежом постановлением Правительства РФ в июле 2009 года был создан «Федеральный сетевой оператор в сфере навигационной деятельности», функции которого были возложены на ПАО «Навигационно-информационные системы». В 2012 году федеральным сетевым оператором в сфере навигационной деятельности было определено некоммерческое партнёрство «Содействие развитию и использованию навигационных технологий».

Принципы полета.

Есть несколько сил, возникающих в полете:

- Тяга;
- Лобовое сопротивление;
- Подъемная сила;
- Вес.

Когда мы говорим о понятии сила, мы подразумеваем простейшее толкающее или тянущее воздействие. Если эти воздействия сбалансированы – сила, действующая в одном направлении равна силе, действующей в противоположном направлении – объект неподвижен. Если силы не сбалансированы, объект ускоряется в направлении большей силы.

Тяга.

Тяга – это механическая сила, которая перемещает БПЛА в воздухе. Движение может быть следствием работы двигателей, пропеллеров, ракетных ускорителей, мускульной силы (в случае птиц) либо некой иной двигательной установки. Если тяга больше, чем лобовое сопротивление, скорость самолета увеличивается.

Лобовое сопротивление

Любой объект, движущийся с произвольной скоростью, будет испытывать некоторое лобовое сопротивление, увеличивающиеся с ростом скорости. Вот почему самолеты, спортивные машины, локомотивы имеют обтекаемую форму – это позволяет воздуху свободнее обтекать движущийся объект, уменьшая лобовое сопротивление и повышая эффективность.

Подъемная сила

Подъемная сила, противодействующая весу, – это аэродинамическая сила, которая удерживает летательный аппарат в воздухе. В случае с крылатыми аппаратами, подъемная сила возникает при обтекании воздухом объемного профиля крыла. Воздух, обтекающий верхнюю часть, крыла, движется быстрее (более разряжен), отчего над крылом образуется зона низкого давления. Под крылом воздух движется медленнее, образуя зону высокого давления. Благодаря разнице давлений возникает подъемная сила, направленная снизу вверх и удерживающая самолет в воздухе. Для зависания в воздухе или горизонтального полета подъемная сила должна быть равна весу; для набора высоты подъемная сила должна превышать вес.

Вес или гравитация

Вес – это сила, действующая на объект по причине наличия *гравитации*. Объект, который летает или завис в воздухе, находится в состоянии непрерывного баланса сил, преодолевая гравитацию. Гравитация неумолима – даже краткосрочная потеря подъемной силы приводит к моментальному падению летательного аппарата.

Беспилотный летательный аппарат

Беспилотный летательный аппарат – летательный аппарат без пилота и экипажа на борту.

Управление осуществляется 3 способами:

1. По радиоканалу с пульта управления.
2. Программируется полетный контроллер и аппарат летит автономно.
3. Комбинированный - сочетание двух этих способов.

Виды беспилотных летательных аппаратов.

Мы разделили БПЛА на две подгруппы: по назначению и по конструкции, но также на практике встречается и дополнительная классификация –

- **по массе:** микро-БПЛА массой менее 5 кг, мини – до 200-345 кг, миди – менее 2000 кг и макси – более 2000 кг;
- **по продолжительности нахождения в воздухе:** БПЛА с длительностью полета менее 1, 3, 6, 12 ч, до 24 ч и более;
- **по высоте полета:** БПЛА с практическим потолком до 1, 3, 9-12, а также более 20 км;

Назначение БПЛА:

- Аэрофотосъемка;
- Картография и топографическая съемка;
- Точное земледелие;
- Поисково-спасательные работы;
- Обследование инфраструктуры;
- Экологический мониторинг территорий.

Аэрофотосъемка

Желание создать фотографию с уникальным содержанием, перспективой – это сильный мотиватор, который многих привел в мир беспилотных летательных аппаратов. Легкие и надежные экшен-камеры играют ключевую роль в популяризации маленьких БПЛА. Возможность осматривать большие площади и получать четкое представление об окружающей среде привела БПЛА в киноиндустрию, спортивные трансляции и журналистику.

Картографирование и топографическая съемка

БПЛА зарекомендовали себя как эффективный инструмент, совершивший революцию в области геоинформационных систем. Бортовое оборудование БПЛА может собирать разнообразные данные, используя камеры и датчики в сочетании с наземными геопривязными маркерами, эти

устройства позволяют создавать чрезвычайно точные цифровые карты с разрешением до 5 см на пиксель.

Точное земледелие

Новые технологии хорошо подходят для потребностей растущего населения в продуктах питания. В одних лишь Соединенных Штатах найдется около 2,2 млн фермерских хозяйств, для которых технология малых БПЛА будет чрезвычайно выгодна.

Существует две основные области применения, в которых БПЛА могут помочь фермерам. Прежде всего, это картографирование, в котором обычно применяются небольшие беспилотные самолеты с фиксированным крылом. Им требуется меньше энергии, чтобы долго находиться в воздухе. Объединяя данные с инфракрасных датчиков и накладывая их на файлы изображения, фермеры могут очертить границы полей, оценить состояние здоровья плантаций, идентифицировать больные растения и сорняки, измерить урожайность и степень увлажнения почвы. Весь этот массив информации затем анализируется для принятия оптимальных агротехнических решений. Для каждого поля может быть составлена индивидуальная пропись внесения удобрений и пестицидов. Это вторая область применения БПЛА. Вертолеты или мультикоптеры могут нести полезную нагрузку для распыления различных веществ на растения ряд за рядом, строго туда, куда нужно.

Поисково-спасательные работы

БПЛА много раз помогали успешном розыске потерявшихся людей, будь то стихийное бедствие, похищение или обычная потеря ориентиров. БПЛА, оснащенные камерой высокого разрешения или инфракрасным сенсором, может обследовать сотни квадратных километров буквально за минуты. Чтобы охватить такое же пространство наземными силами, потребуются сотни волонтеров или несколько дней поисков. Начальный период с момента первого сообщения об исчезновении человека критически важен, и ранняя мобилизация всех доступных ресурсов позволяет сделать все возможное, чтобы найти его живым.

Обследование инфраструктуры

Износ инфраструктуры и воздействие экстремальных погодных условий могут оказать разрушительное действие на объекты транспорта, коммуникаций и энергетики. Инспектирование объектов этих отраслей – вот где маленькие БПЛА демонстрируют множество преимуществ перед обычными пилотируемыми летательными аппаратами. БПЛА могут приближаться вплотную и проникать в труднодоступные места. Другое очевидное преимущество – безопасность. Подумайте о рабочих, которые

должны карабкаться на высотные объекты либо использовать подъёмники или краны, чтобы подняться снаружи на огромные мосты или небоскрёбы. Эти устаревшие методы просто опасны, занимают много времени и затратные. По цене одного пилотируемого полета компания может приобрести и использовать полную систему для аэрофотосъемки.

Удерживая БПЛА в точных координатах GPS, плюс возможность вращать бортовую камеру по трем осям, позволяют операторам достичь невероятно наглядного изображения любого участка объекта, который технические специалисты хотели бы рассмотреть в деталях.

Экология

Биологи и климатологи в своих усилиях по сохранению нашей планеты и ее обитателей сталкиваются с различными трудными задачами. Они должны охватывать обширные и труднодоступные местности. Планирование экспедиций дорого, трудоемко и отнимает много времени. Экологи гибнут, сталкиваясь с вооруженными браконьерами. За минувшие годы многие погибли, выполняя наблюдения в легкомоторных самолетах на предельно малой высоте полет. Имея столь насущные проблемы, ученые приветствовали выгоды от применения малых БПЛА, позволяющих эффективно вести работу. Скорость, безопасность, экономия времени и средств – это великолепно. Однако наибольшую выгоду можно извлечь из огромного количества данных в виде изображений высокого разрешения и показаний датчиков, которые раньше не применялись.

Военные

В военной области БПЛА используются главным образом для целей разведки, наблюдения или целеуказания оружия, хотя в концептуальном плане просматриваются различные варианты целевого применения, в том числе в качестве ударных средств.

В ходе Второй карабахской войны (2020) азербайджанской стороной активно использовались дроны класса MALE («средневысотный с большой продолжительностью полёта») и барражирующие боеприпасы — то есть дроны-камикадзе. Дроны-камикадзе стоимостью менее миллиона долларов могут уничтожить новейший танк или ракетный комплекс, стоимость которого гораздо больше, чем стоимость самого дрона.

Доставка

Способ доставки, при котором транспортировка еды, медикаментов и других товаров осуществляется с помощью БПЛА коммерческого назначения.

Большинство предлагаемых решений на данный момент заключается в использовании коптера с шестью и более пропеллерами. Доставочный контейнер помещается в отсек в нижней части БПЛА или крепится непосредственно к самому летательному аппарату. Клиент получает посылку, забирая её из отсека, спустившегося на землю дрона или отсоединяя от веревки спускового механизма.

Спортивные

Класс F-1 "Свободнолетающие модели"

Свободнолетающими называются модели, никак не связанные с человеком после начала самостоятельного полета.

Класс F-2 "Кордовые модели"

Кордовыми (от французского слова корд - веревка) называются модели, связанные с человеком двумя крепкими нитями, по которым передается управление от пилота к модели. Летают такие модели по кругу или полусфере, центром которой является пилот с ручкой управления в руках.

Класс F-3 "Радиоуправляемые модели"

Радиоуправляемыми называются модели, управление которыми происходит через радиоволны. Пилот через специальный передатчик подает команды приемнику на модели и управляет всеми рулями и механизмами самолета.

Класс F-4 "Модели - копии"

Модели представляют собой уменьшенные копии настоящих летательных аппаратов тяжелее воздуха, управляемых людьми. Масштабная авиамодель – это малоразмерная копия полноразмерного пилотируемого летательного аппарата тяжелее воздуха.

Класс F-5 "Модели с электродвигателем"

Класс соревнований F5 является абсолютно идентичным классу F3, за исключением того факта, что все модели, принимающие участие в соревнованиях, должны иметь электродвигатель вместо двигателя внутреннего сгорания.

Класс S "Модели ракет"

Модель ракеты — это модель, поднимающаяся в воздух без использования аэродинамических подъемных сил для преодоления силы тяжести, приводимая в движение с помощью ракетного двигателя (-ей) и включающая в себя устройства для безопасного возвращения на землю в состоянии, позволяющем ее повторное использование. Модели ракет изготавливаются в основном из неметаллических материалов и подразделяются на двенадцать категорий.

По конструкции

- БПЛА самолетного типа
- Привязные БПЛА
- БПЛА вертолетного типа
- Конвертопланы
- Радиоуправляемые планеры
- Мультикоптеры

БПЛА самолетного типа

Этот тип аппаратов известен также как БПЛА с жестким крылом. Подъемная сила у этих аппаратов создается аэродинамическим способом за счет потока воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью полета, большой максимальной высотой полета и высокой скоростью.

Существует большое разнообразие подтипов БПЛА самолетного типа, различающихся по форме крыла и фюзеляжа. Практически все схемы компоновки самолета и типы фюзеляжей, которые встречаются в пилотируемой авиации, применимы и в беспилотной.

АС-32-10

Самолет АС-32-10 имеет размах крыла 3.05 м, максимальный вес 13.5 кг, в зависимости от полезной нагрузки.

Может находиться в воздухе до 4 часов на одном заряде аккумуляторов. Большим преимуществом данного борта является возможность запуска с эластичной катапульты, это значительно сокращает время запуска. БПЛА АС-32-10 обладает системой отцепа консолей крыла при жесткой посадке. Специальная система крепления крыла к центроплану позволяет ему

самостоятельно отделяться в случае жесткой посадки, снижая энергию удара, тем самым сохраняя самолет и оборудование на нем.

Корпус БПЛА АС-32-10 выполнен из многослойного композитного материала, обладающего высокой прочностью и упругостью. Эти качества значительно продлевают срок службы планера и позволяют оперативно ремонтировать и заменять поврежденные детали. При заходе на посадку БПЛА выполняет фигуру «горка», уменьшая свою горизонтальную скорость почти до полной остановки, что препятствует рывку при выпуске парашюта. Малый вес БПЛА обеспечивает плавный спуск, что защищает целевую нагрузку от повреждений при приземлении БПЛА.

Применение

Новейшая система креплений позволяет сократить время разворачивания комплекса до 5-10 минут. Данная модель отлично подходит для мобильного мониторинга, линейной съёмки, как для небольших, так и для крупных объектов.

Сфера применения аппаратуры – широка. Благодаря заявленным техническим характеристикам и компактным размерам БПЛА пригодится во время аэро и фотонаблюдения, видеосъемки, наблюдения за объектами, частичными территориями, сельскохозяйственными угодьями. Использование аппаратуры сократит время на наблюдение, мониторинг, сбор информации, обработку и анализ данных. Современная конструкция и использование современных прочных материалов позволили приспособлению работать в следующих условиях:

- При температуре от -40 до +40 градусов.
- При ветре, который достигает 16 м/с.
- Во время умеренного дождя и снегопадов.

Во время полета следите за тем, чтобы оборудование не пересекало отметки в 90 км. Этот показатель – максимальный радиус действий видеоканала и радиолинии.

Летно-технические характеристики:

Время полета, ч	4
Скорость полета, км/ч	65 ÷ 140
Двигатель	1 электродвигатель
Компоновка двигателя	тянущий
Максимальный радиус действия радиолинии, км	90
Максимальный радиус действия видеоканала, км	90
Максимальная дальность полета, км	240

Взлетный вес, кг	10,5 ÷ 13,5
Полезная нагрузка, кг	до 1,5
Размах крыла летательного аппарата, м	3,05
Рабочая высота полета, м	50 ÷ 7000
Время разворачивания комплекса, мин	10
Взлет	эластичная катапульта
Посадка	парашют

БПЛА вертолетного типа

Летальные аппараты данного типа имеют один или несколько винтов и представляют собой классический вертолет.

Подъемная сила у аппаратов этого типа также создается аэродинамически, но не за счет крыльев, а за счет вращающихся лопастей несущего винта (винтов). Крылья либо отсутствуют вовсе, либо играют вспомогательную роль. Очевидными преимуществами БПЛА вертолетного типа являются способность зависания в точке и высокая маневренность, поэтому их часто используют в качестве воздушных роботов. К недостаткам относится все же малое время работы.

AirScooter G70/E70

БПЛА вертолетного типа G70 и E70 разработаны американской корпорацией «ЭрСкутер» (AirScooter) и предназначены для использования в военных и гражданских целях. E70 с электрическим двигателем разработан на базе G70.

Вертолет относится к мини-классу.

Конструкция

Вертолет соосной схемы с одним двигателем и ползковым шасси. На G70 установлен поршневой двигатель, на E70 – электрический двигатель.

Летно-технические характеристики:

Размеры, м:	G70	E70
Диаметр несущего винта	1,77	1,77
Высота вертолета	1,14	0,99
Двигатель:	1 ПД	1 электродвигатель
Объем двигателя, см ³	86	-
Максимальная мощность, кВт/ л.с	4,8/6,5	3,5 кВт
Массы и нагрузки, кг:		
Полная тяга винта (на уровне моря)	31,7	21,7
Масса пустого вертолета	14,5	13,6

Максимальный запас топлива, л	1,9	-
Летные данные (на уровне моря):		
Максимальная скорость, км/ч	80	64
Продолжительность полета, ч	0,75	0,15

Allied Aerospace "iStar"

Семейство БПЛА «iStar» - различной весовой категории с 1999 г. разрабатывается американской корпорацией «Allied Aerospace» по схеме «винт в кольцевом канале». Самый большой аппарат семейства имеет диаметр 0,74 м. БПЛА участвует в программе OAV-II, предусматривающей создание легких разведывательных БПЛА ВВП для армии США.

Конструкция

Вертикально взлетающий летательный аппарат с винтом в кольцевом канале и одним ПД.

Летно-технические характеристики:

Размеры, м:	
Диаметр аппарата	0,74
Высота аппарата	-
Двигатель:	1 ПД
Максимальная мощность, кВт/л.с	-
Массы и нагрузки, кг:	
Максимальная взлетная масса	~30
Масса пустого вертолета	9
Запас топлива	5,45
Летные данные:	
Максимальная скорость, км/ч	-
Продолжительность полета, ч	1,6

Sikorsky Aircraft Corporation Cypher II

Разрабатывается фирмой Sikorsky Aircraft Corporation с 1999 г., является дальнейшим развитием БПЛА Cypher. Предназначен для разведки, воздушного наблюдения и целеуказания средствам поражения. В 1999 г. фирма получила контракт на постройку БПЛА «Cypher II» для войсковых испытаний в частях морской пехоты США. В этом аппарате также заинтересована армия США; он включен в комплексную программу разработки перспективной боевой системы FCS. Эта программа, в частности, предусматривает создание вертикально взлетающего БПЛА для обеспечения командования сухопутных войск информацией об обстановке на поле боя в

реальном масштабе времени. Для армии США было построено два опытных БПЛА «Cypher II» и четыре наземные станции управления.

Конструкция

Вертикально взлетающий ЛА с соосным винтом в кольцевом канале, крылом, толкающим воздушным винтом, двумя ПД и трехопорным шасси.

Летно-технические характеристики:

Размеры, м:	
Диаметр несущего винта	-
Размах крыла	3,0
Длина аппарата	-
Высота аппарата	1,8
Двигатели:	2 ПД
Максимальная мощность, кВт/л.с	-
Массы и нагрузки, кг:	
Взлетная масса	113,5
Платная нагрузка	11,4
Запас топлива	-
Летные данные:	
Максимальная скорость, км/ч	200
Крейсерская скорость, км/ч	-
Практическая потолок, м	3658
Радиус действия, км	-
Продолжительность полета, ч	3

Привязные БПЛА

Данный тип беспилотных летательных аппаратов был разработан с целью отделения от него батареи питания, так как она является самым тяжелым элементом. Соответственно такие беспилотные летательные аппараты соединяются с наземных элементов питания проводом. Данная конструкция позволяет беспилотнику неделями находиться в воздухе.

Как следствие, такие аппараты неспособны передвигаться на большие расстояния, но зато умеют прекрасно зависать в воздухе, что делает их незаменимыми в задачах, связанными с наблюдением или функциями ретрансляции или приема, передачи сигналов.

Привязной беспилотный летательный аппарат, является одним из нестандартных типов беспилотных аппаратов и сильно отличается от других возможностями применения. Основным достоинством, несомненно, является потенциально неограниченное время полета, что позволяет не только проводить разведку, но, например, осуществлять связь в полевых условиях, выполняя, по сути роль, базовой станции.

Конвертопланы

Летательный аппарат с поворотными винтами, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте – как тянущие (при этом в полете подъёмная сила обеспечивается крылом самолётного типа). Таким образом, этот аппарат ведет себя как вертолёт при взлете и посадке, но как самолет в горизонтальном полете. Большие винты конвертоплана помогают ему при вертикальном взлете, однако в горизонтальном полете они становятся менее эффективными по сравнению с винтами меньшего диаметра традиционного самолета.

В некоторых конструкциях используют не открытые винты, а импеллеры. Импеллер обладает очень высокой скоростью отбрасываемого воздушного потока, что позволяет обойтись очень маленькими крыльями, обеспечивая высокую компактность конвертоплана.

Среди конвертопланов можно выделить три принципиально различающихся подкласса: аппараты с поворотными винтами, с поворотным крылом и со свободным крылом.

В конвертопланах с поворотными роторами обычно поворотными являются не сами винты, а гондолы с винтами и двигателями. Крылья (обычно небольшой площади) при этом остаются неподвижными.

Конвертоплан представленный на слайде:

Bell V-22 Osprey — американский конвертоплан (аппарат, сочетающий отдельные преимущества самолёта и вертолёта). Единственный серийно выпускаемый конвертоплан, разрабатывался в США более 30 лет компанией Bell. Находится на вооружении Корпуса морской пехоты США, ВМС США и ВВС США.

Летно-технические характеристики MV-22:

Экипаж, человек	3
Пассажировместимость, человек	24
Размеры, м:	
Длина фюзеляжа	17,48
Размах крыла по концам лопастей винтов	25,78
Длина при сложенных лопастях	19,23
Ширина при сложенных лопастях	5,64
Высота по килям	5,38
Высота при двигателях, установленных вертикально вверх	6,74
Высота при сложенных лопастях	5,51

Площадь крыла, м²	28
Масса, кг:	
Пустого конвертоплана	15000
Снаряженного	21500
Максимальная взлетная	27443
Максимальная взлетная масса при вертикальном взлёте	23859
Максимальная взлетная масса при взлёте с коротким разбегом	25 855
Масса полезной нагрузки	5445
Объем топливного бака, л	6513
Количество дополнительных баков	До 3
Объем дополнительного бака, л	1628
Двигатели	2 × Rolls-Royce T406 (AE 1107C-Liberty)
Мощность, кВт	2 × 4586 кВт (6150 л. с.)
Количество лопастей ротора	3
Диаметр ротора, м	11,6
Максимальная скорость, км/ч	565
Крейсерская скорость, км/ч	510
Практическая дальность, км	2627
Практический потолок, м	7620
Скороподъёмность, м/с:	
Номинальная	5,5
Максимальная	16,25

БПЛА «Цимлянин»

Технические характеристики

«Цимлянин» был впервые испытан на полигоне Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН в Цимлянске — отсюда его название. Он представляет собой беспилотный аппарат вертикального взлёта и посадки, которые осуществляются как у квадрокоптера — за счёт работы четырёх подъёмных винтов. Полёт происходит в самолётном режиме и обеспечивается работой лишь одного толкающего винта. Такая конструкция «Цимлянина» была разработана специалистами центра компетенций «Беспилотные летательные аппараты» МАИ.

Размах крыла «Цимлянина» составляет 2,4 м, масса полезной нагрузки — до 1,5 кг, крейсерская скорость — до 20 м/с,

а продолжительность полёта превышает 60 мин. Аппарат оборудован автопилотом и может выполнять полёт по заранее заданному маршруту. Некоторые из метеорологических приборов, установленных на его борту, являются уникальными и разработаны специально для данного беспилотника.

Помимо конструкции БПЛА, специалисты Московского авиационного института отвечали за его электронную «начинку», позволяющую получать, обрабатывать и запоминать информацию с датчиков, передавая её в реальном времени на наземные пункты мониторинга.

Перспективы проекта

Сейчас исследователи проводят эксперименты по сбору информации с помощью беспилотника и передаче её на наземные пункты, а также занимаются изучением энергообмена над полыньями и разводьями, которые образуются на полях морского льда. В дальнейшем планируется разработка математической модели и программного обеспечения, повышающих точность метеорологического прогнозирования в Арктике.

Следующий этап — создание пилотной зоны метеорологического мониторинга в арктических условиях с помощью БПЛА. Предполагается, что использование подобных «летающих метеостанций» позволит повысить точность прогнозирования различных погодных явлений в Арктике на 10%, что увеличит безопасность как мореплавания, так и авиационных перелётов в регионе. В таком результате заинтересованы крупнейшие отечественные компании, осуществляющие эксплуатацию ледокольного транспорта, морские изыскания, добычу природного газа, а также российские аэропорты, Росгидромет, МЧС и Минобороны России.

Альбатрос-К

Одна из перспективных разработок ООО «АС-КАМ» конвертоплан с вертикальным взлетом и посадкой «Альбатрос-К». Впервые применена уникальная аэродинамическая схема, позволяющая существенно увеличить дальность и скорость полета, вес полезной нагрузки. Вертикальный взлет и посадка осуществляются в автоматическом режиме.

Летно-технические характеристики:

Время полета, ч	10
Скорость полета, км/ч	70 ÷ 200

Двигатель	5 электродвигателей
Компоновка двигателя	тянущий
Максимальный радиус действия радиолинии, км	200
Максимальный радиус действия видеолинии, км	200
Максимальная дальность полета, км	500
Взлетный вес, кг	65
Полезная нагрузка, кг	15
Размах крыла, м	4,2
Рабочая высота полета, м	100÷ 7000
Время разворачивания комплекса, мин	30
Взлёт	вертикальный
Посадка	вертикальная
Ветер, м/с	до 15
Температура окружающего воздуха, °С	-30..+40
Умеренный дождь и снегопад	Да

Радиоуправляемые планеры

Эти аппараты для набора высоты могут использовать разные средства, но после набора высоты не используют силовую установку, а полагаются только на подъемную силу крыла.

Под управлением опытного пилота могут находиться в воздухе до нескольких часов, за счет восходящих потоков воздуха.

Циклокоптер

Идею циклокоптера предложил русский инженер Евгений Павлович Свечков

Первый аппарат, иногда относимый к цикложирам, датируется 1909 годом — это «Самолёт» российского военного инженера Евгения Павловича Свечкова, называемый «колёсный орнитоптер».

К особенности конструкции летательного аппарата циклокоптера можно отнести что, для создания тяги и подъёмной силы используются вращающиеся роторы (роторы состоят: из нескольких крыльев и механизмов приводов изменяющий угол атаки крыла во время вращения).

Такая схема имеет те же плюсы, что и вертолёт: возможность вертикального взлёта, зависания в воздухе, но и те же минусы (малая скорость

полета, время полета, относительно БПЛА самолетного типа). Схема известна с начала XX века, однако первые полёты аппараты, построенные по этой схеме, совершили только в начале XXI века.

Мультикоптеры

Многовинтовые вертолеты (мультикоптеры). К этой группе относятся вертолеты, имеющие больше двух несущих винтов. Реактивные моменты уравновешиваются за счет вращения несущих винтов попарно в разные стороны или наклона вектора тяги каждого винта в нужном направлении. Беспилотные мультикоптеры, как правило, относятся к классам мини- и микро-БПЛА.

Существует некоторая неопределенность относительно того, являются ли мультикоптерами аппараты с двумя симметричными несущими винтами – бикоптеры. В некоторых источниках их считают подклассом мультикоптеров. Соответственно трехроторные мультикоптеры называют трикоптерами, четырехроторные – квадрокоптерами, шестироторные – гексакоптерами, восьмироторные – октокоптерами.

Виды мультикоптеров

- БиКоптер
- Три-коптер
- Квадрокоптер
- Гексакоптер
- Октокоптер

Название зависит от количества винтов аппарата.

Гексакоптеры и октокоптеры

Имеют соответственно по 6 и 8 роторов, обладают гораздо большей грузоподъемностью по сравнению с квадрокоптерами. Они также способны сохранять устойчивый полет при выходе из строя одного ротора. Такие аппараты отличаются также гораздо меньшим уровнем вибраций, что особенно важно для видеосъемки.

Трикоптер

Самая простая схема построения мультикоптеров. Обычно трикоптер движется двумя винтами вперед, а третий является хвостовым. Первые два

винта имеют противоположные направления вращения и взаимно компенсируют реактивные закручивающие моменты, у хвостового же винта пары нет, поэтому для компенсации его реактивного момента ось вращения этого винта немного наклоняют в сторону, противоположную направлению закручивания. Это делают с помощью специального сервопривода и тяги, которые используются для стабилизации или управления положением аппарата по курсу.

При схеме Y в конструкции есть узел поворотного механизма двигателя хвостового луча/балки на основе сервопривода, что не добавляет надёжности и может добавить проблем при проектировании коптера. Небольшое количество двигателей обязывает конструктора увеличивать их мощность, т. е. большую подъёмную силу для дополнительного оборудования в данном случае получить сложнее.

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 "х". В первом случае один из роторов является передним, противоположный ему – задним, и два ротора являются боковыми. В схеме "х" 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 "х", 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.

Обязательный состав компонентов квадрокоптера

- Моторы
- Плата распределения питания
- Пропеллер
- Приемник радиосигнала
- Рама
- Регуляторы оборотов моторов
- Аккумулятор

- Полетный контроллер

Полетный контроллер

Это мозг вашего БПЛА. Он определяет состояние вашего летательного аппарата, опрашивая массив датчиков сотни раз в секунду, а затем вносит микроскопические мгновенные изменения в работу каждого двигателя, чтобы обеспечить стабильное положение БПЛА в воздухе. Задумайтесь, что происходит, когда вы идете по улице? Вы ведь не обдумываете каждое изменение походки из-за неровностей дороги или встречного ветра. Вы просто идете, но ваш мозг обдумывает все детали и выполняет вычисления, в то время как вы скомандовали «вперед». Бортовой контроллер ведет себя аналогичным образом. Когда вы дадите команду БПЛА двигаться вперед, контроллер получает вашу основную команду и раскладывает ее на сотни команд в секунду для каждого двигателя, чтобы исполнить полученные указания. Если БПЛА сталкивается с каким-либо сопротивлением, как лобовой ветер, контроллер вносит необходимые изменения, чтобы продолжить выполнять команду без вмешательства пилота. Сердцем бортового контроллера является блок инерциальных измерителей. Этот блок содержит набор датчиков, позволяющий контроллеру следить за поведением летательного аппарата. Обычный набор состоит из акселерометра, гироскопа и барометра. Они измеряют линейное ускорение, угловое ускорение и давление воздуха (которое часто преобразуется в высоту полета). Эти три датчика предоставляют всю необходимую информацию, необходимую для стабилизации летательного аппарата.

Для расширения функциональных возможностей применяются дополнительные датчики. Они включают в себя приемники GPS, магнитометры (компас), оптические датчики перемещения и датчики скорости потока воздуха, ультразвуковой сонар (для измерения высоты полета).

Направление вращения двигателей квадрокоптера.

Одна пара винтов вращается по часовой стрелке, другая – против. Если частоты вращения пар одинаковы, то аппарат неподвижен относительно вертикальной оси.

Основные маневры квадрокоптера

Тангаж — угловое движение БПЛА относительно продольной оси.

Угол тангажа — угол между продольной осью БПЛА и горизонтом.

Крен — угловое движение БПЛА относительно горизонтальной оси.

Угол крена — угол между горизонтальной осью БПЛА и горизонтом.

Рыскание — угловое движение БПЛА относительно вертикальной оси.

Угол рысканья — угол поворота корпуса БПЛА в горизонтальной плоскости.

Необходимые действия для совершения маневров

Если увеличить частоту вращения для одной пары, а для другой – уменьшить на ту же величину, то будет реализован поворот влево или вправо вокруг вертикальной оси. При одновременном одинаковом изменении частот вращения всех винтов будет осуществляться подъем или снижение квадрокоптера. Для движения в каком-либо направлении (вперед, назад, влево, вправо) двигатель, соответствующий направлению желаемого смещения, должен уменьшить частоту вращения, а противоположный ему – увеличить, а два других – оставить без изменения.

Пульт управления БПЛА

Это устройства дистанционного управления вашим БПЛА. Состоит из аналоговых (стиков) и дискретных (переключатели и тумблеры) органов управления, микроконтроллера, который оцифровывает и кодирует сигналы органов управления, радиопередающей части, дисплея и батареи питания. В качестве дополнительного модуля могут присутствовать приемник-декодер сигналов телеметрии и дисплей для отображения данных телеметрии и сигнала с бортовой видеокамеры. Благодаря наличию микроконтроллера, большинство пультов поддерживают гибкие настройки, позволяющие произвольно устанавливать связь между каналом и органом управления, инвертировать сигнал и устанавливать коэффициент пропорциональности между отклонением стика и изменением сигнала, а менять количество каналов и прочие параметры потока данных.

В зависимости от расположения стиков управления различают передатчики типа Mode1 и Mode2. У передатчиков первого типа слева расположен стик Pitch-Roll (тангаж-крен), а справа Throttle-Yaw (газ-рысканье). У передатчиков 2 типа соответственно наоборот.

Принцип действия электронных компонентов.

Команды, принятые приемником, поступают в полетный контроллер в виде широтно-импульсного сигнала. Здесь они с учетом текущей навигационной информации (получаемой в самом полетном контроллере от

встроенных микросистемных гироскопов и акселерометров), а также с учетом сигналов с модуля GPS (опционально) преобразуются в широтно-импульсные сигналы управления двигателями, которые подаются на контроллеры частоты вращения двигателей (т.н. ESC – Engine Speed Control). Назначение модулей ESC – преобразование управляющих широтно-импульсных сигналов в синусоидальные трехфазные напряжения для обмоток бесколлекторных электродвигателей. Типичный источник питания для бортовой сети мультикоптеров – это литий-полимерный аккумулятор. Потребляемые токи – от единиц до сотен ампер в зависимости от размеров аппарата.

Плата распределения питания (PDB)

Отвечает за прием электропитания от аккумулятора и его распределение среди всех электронных компонентов квадрокоптера. Также может понижать входящее напряжения с аккумулятора до 5 вольт для питания полетного контроллера.

Аккумулятор

Одним из основных технологических достижений, обусловивших взлет популярности гражданских дронов, стали литий-полимерные (Li-Po) батареи. Весьма сходные по устройству с батареями для смартфонов, литий-полимерные батареи имеют намного большее соотношение «емкость/вес» по сравнению с никель-кадмиевыми (NiCD) и никель-металлгидридными (NiMH) батареями. Такое избавление от лишнего веса помогло беспилотным аппаратам оторваться от земли.

Характеристика аккумулятора

Емкость – это вместимость аккумулятора, - измеряется она в ампер-часах или миллиампер часах. Цифра или число стоящая перед говорит о том, что элемент или батарея будет отдавать этот ток в течении одного часа.

Пример: Батарея емкостью 1000мАч говорит о том, что она будет отдавать в нагрузку ток равный 1000мА или 1А в течении часа. Время разряда напрямую зависит от силы тока в цепи, если к такой батарее подключить лампочку которая потребляет 100мА или 0,1А то она будет светить аж 10 часов и наоборот - если подключить скажем мотор который потребляет 6А то этого аккумулятора хватит всего на 10минут работы такого мотора.

Время работы можно вычислить разделив емкость на ток нагрузки, из примера выше; мы имеем батарею 1Ач и нагрузку 1А - 1Ач делим на 1А = 1час, $T=C/I$,

T – время разряда, C – ёмкость аккумулятора, I – ток нагрузки. пример с лампочкой 1Ач делим на 0,1А=10ч и с мотором 1Ач делим на 6А =0,16 ч – 10 минут. Сразу же хочу обратить внимание на то, что не любой аккумулятор способен разряжаться с такой скоростью как с мотором из примера (6А), некоторые батареи при таком быстром разряде выйдут из строя. Для того, чтобы такого не случилось на аккумуляторах, пишут еще один параметр.

Токоотдача – это допустимая скорость разряда данного аккумулятора, на батареях или одиночных элементах она обозначается "число и буква С", это указывает на то, что данная батарея может отдать всю запасенную энергию за время которое определяется, как один час разделить на число перед "С", то есть - возьмем батарею 1Ач её токоотдача равна 10С, это значит, что она может отдать всю энергию за 1ч делим на 10С = 0.1ч то есть 6 минут, получается, что мотор из примера выше не повредит её разрядив за 10 минут, ибо это по времени на 4 минуты дольше, чем максимальная скорость разряда в 6 минут, до её полного разряда. Так мы высчитали время, за которое её можно разрядить без вреда её здоровью, а рассчитать максимальный ток, который она может выдать можно, умножив её ёмкость 1Ач на цифру или число указанную как токоотдача "С" 1Ач x 10С = 10А.

Пример: Беспилотный самолет потребляет на максимальных оборотах 10А, а аккумулятор, о котором он говорит имеет ёмкость в 2Ач, это значит, что его самолет разрядит эту батарею за $2/10=0,2$ ч – 12 минут, а теперь узнаем сколько для этого потребуется "С" токоотдача. Токоотдачу можно вычислить 1час разделить на время, полученное выше, для удобства час разобьём на минуты, и так $60/12 = 5$ – получается, что для 12 минутного полёта ему понадобится аккумулятор ёмкостью 2Ач и токоотдачей 5С.

Прошу обратить внимание на тот факт, что токоотдача никак не влияет на время полета, в данном случае. Вы можете взять батарею с той же ёмкостью и токоотдачей 100С время полета останется 12минут и ни как иначе, потому как на время работы модели влияет только ёмкость батареи, часто новички выбирают батарею с гигантским "С" и практически не обращают внимание на ёмкость. К примеру если мы возьмем ту же модель из описания выше и всунем туда аккумулятор 500мАч и токоотдачей 60С (мы уже знаем, что она на 2Ач аккумуляторе летит 12минут) считаем время полета - 0,5Ач делим на ток нагрузки 10А = 0,05ч – 3 минуты, и это при том, что батарейка у нас аж 60С. А сколько же "С" нам потребуется для трех минутного полета на такой батарейке? $60/3=20$ С, так зачем же тогда переплачивать за лишние 40С если время полета у нас не изменилось хоть 20С, хоть 60С все равно 3 минуты.

Напряжение – все литий-полимерные батареи для достижения нужного напряжения формируются из последовательных соединенных одиночных ячеек, конструктивно объединенных в блок. Номинальное напряжение каждой ячейки 3.7 В (4.2 В при полном заряде). Это означает, что в нашем примере номинальное напряжение составит $3 * 3.7 = 11.1$ В и может достигнуть $3 * 4.5 = 12.6$ В при полном заряде.

Аппаратура радиосигнала

В общем случае аппаратура радиоуправления состоит из пульта радиоуправления (передатчика) и приемника. Основными параметрами является протокол кодирования сигнала и количество каналов передачи команд. В настоящее время практически вся аппаратура работает на частоте 2.4 ГГц. Протокол кодирования сигнала означает способ, которым команды, полученные с органов управления пульта, «упакованы» в поток данных, проходящих через радиоканал. При разработке протоколов руководствуются помехоустойчивостью и плотностью потока информации. Протокол передатчика и приемника радиосигнала должны быть одинаковыми. Параметр, который принципиально важен, - количество каналов. Для управления квадрокоптером их нужно минимум четыре:

- общий газ;
- тангаж;
- крен;
- рысканье.

На самом деле этого мало. Во-первых, нужны каналы для управления включением сенсоров и режимов полетного контроллера (удержание высоты по барометру, включение/выключение компаса, удержание позиции или возврат домой по GPS). Во-вторых, могут понадобиться каналы для управления бортовой видеокамерой, бортовыми огнями или включения системы поиска упавшего аппарата. Комфортное управление квадрокоптером начинается при восьми и более каналах. Количество каналов приемника и передатчика не обязательно должно совпадать, если ваш приемник поддерживает 8 каналов, а передатчик 12, то значит у вас в распоряжении 8 каналов.

Двигатель

Используемые двигатели для БПЛА можно разделить на две группы – коллекторные и бесколлекторные.

Коллекторные двигатели

Состоит из неподвижных магнитов, прикрепленных к корпусу (статор) с чередованием полюсов и нескольких катушек, смонтированных на валу (ротор). Напряжение на катушки ротора поступает через скользящие контакты (коллектор и щетки). При подаче напряжения на катушку ротора, вокруг нее формируется магнитное поле. Катушка отталкивается от полюса одного из магнитов статора и притягивается к другому. В этот момент происходит переключение полярности питания за счет вращательного смещения контактов коллектора относительно щеток, и катушка начинает притягиваться к следующему магниту. Коллектор классический пример самоуправляемой системы, он сам себе переключает полярность катушек в нужный момент во время вращения. Направление вращения зависит от полярности питающего напряжения, а частота вращения от величины напряжения. Имеют низкий КПД, удельную мощность и моторесурс. Но их конструкция проще, они дешевле и не требуют сложного регулятора для работы. В свою очередь бесколлекторные практически не изнашиваются, если не считать выхода из строя дешевых подшипников.

Бесколлекторные двигатели

Здесь коммутация катушек происходит при помощи специальной электронной схемы – регулятора оборотов (Electronic Speed Controller, ESC). Независимо от количества катушек и схемы их внутренней коммутации бесколлекторный двигатель авиамодели всегда имеет три вывода, подключаемые к регулятору. Регулятор подает на эти выводы питающее напряжение со сдвигом по фазе. Поскольку выводы катушек подключены к регулятору неразрывно, то катушки смонтированы неподвижно и являются статором, а вращается ротор с прикрепленными к нему постоянными магнитами. Направление вращения зависит от подключения выводов двигателя к регулятору. Для изменения направления вращения достаточно поменять местами два любых вывода.

Характеристики электродвигателя

Мощность (потребляемая)

Измеряется в ваттах. Чем больше мощность, тем быстрее кончится заряд у аккумулятора.

Вес

Чем больше вес, тем мощнее и медленнее (обычно) двигатели. Важно помнить, что вес самого движка нужно учитывать при расчёте веса, который он должен поднять.

Энергоэффективность (КПД)

Комплексное понятие, которое зависит ещё и от батареи, контроллера, пропеллера, и даже проводов. Двигатель с КПД 70% тратит 70% потреблённой энергии на полёт, а 30% на обогрев окружающей среды. Для бесколлекторных нормой является 90%, а для коллекторных 70%.

Температура нагрева в работе

Напрямую зависит от КПД. Чем больше греется, тем больше тратит энергии впустую.

Балансировка и уровень вибрации

Зависит от качества исполнения. Чем выше точность изготовления, тем более соосной будет система, и тем меньше будет вибраций.

Тяга

Это тот вес, который сможет поднять двигатель, с установленными на нем соответствующими ему пропеллерами (включая самого себя). Но это не значит, что для двухкилограммового квадрокоптера нужно четыре двигателя по 500 грамм тяги. Нужен запас тяги, нужно учесть помехи, и банальную не идеальность моторов.

Формула для расчета тяги:

Тяга одного мотора = (вес коптера * 2) / кол-во двигателей. Например, для квадрокоптера весом 1 кг нужно 4 двигателя с тягой 500 грамм.

Обороты на вольт (KV)

Обороты на вольт без нагрузки. То есть если мы имеем двигатель в 1000 KV, то при подключении его к источнику тока с напряжением 12 вольт, он выдаст 12 000 оборотов в минуту ($KV * U$). Это значение относительное. На практике есть нагрузка, которую создаёт пропеллер, и создаваемое им сопротивление воздуха. Из этого следует, что обороты будут ниже, или их не будет вообще,

так как от KV зависит крутящий момент. Чем выше параметр KV, тем меньшее усилие развивает электродвигатель. Двигатель для лёгкого гоночного квадрокоптера с маленькими пропеллерами имеет KV 2100—2500, а для тяжёлых, много килограммовых аппаратов нужно брать что-то в районе 200-900KV.

Регуляторы оборотов (ESC)

Регуляторы оборотов — в англоязычном сообществе называются — Electric Speed Controller (электронный контроллер скорости) или сокращенно — ESC. Основная задача ESC — передача энергии от аккумулятора к бесколлекторному мотору. Потребность в их применении возникла вследствие некоторых особенностей БК — мотора. Аккумулятор отдает постоянный ток, а бесколлекторный мотор принимает трехфазный переменный ток.

Принцип работы

На вход ESC подается напряжение с аккумулятора и сигналы от полетного контроллера, а на выход регулятор отдает управляющее напряжение для привода. Соответственно регулятор должен обеспечивать:

- Совместимость с полетным контроллером.
- Максимальный ток для мотора (рассчитывается из спецификаций мотора и пропеллера плюс 20 – 30%).
- Потребление тока меньше, чем ток, отдаваемый аккумулятором поделенный на количество ESC.

ВЕС и UBEC

Дополнительно к основной функции, регуляторы оборотов могут так же передавать питание к другим узлам дрона: полетному контроллеру, сервоприводам и так далее. Это достигается внедрением в регулятор блока исключения батареи — Battery Eliminator Circuit (далее, как — ВЕС).

Использование ВЕС значительно упрощает конструкцию дрона, однако такая схема обладает рядом минусов. Блок исключения батареи может перегреваться при больших перепадах напряжения и больших нагрузках. К тому же регуляторы оборотов с ВЕС, как правило, стоят дороже, чем регуляторы без блока.

Согласитесь, логичнее и дешевле было бы сделать отдельно ESC и отдельно один ВЕС. Такое решение есть и называется оно универсальный блок исключения батареи (Universal Battery Eliminator Circuit, далее, как — UBEC).

Преимущества UBEC

UBEC — подключается напрямую к аккумулятору и питает нужный узел дрона. Преимущества такого подхода весьма существенны:

- Регуляторы оборотов будут меньше перегреваться, поскольку из них будет исключен ВЕС
- UBEC обладают большим коэффициентом полезного действия
- Следовательно, из предыдущих двух пунктов UBEC способен отдавать больший ток с меньшим риском
- Отсутствие переплаты за несколько лишних ВЕС, располагающихся в ESC. Для некоторых полетных контроллеров крайне не рекомендуется подключать больше одного ESC ВЕС
- Меньший вес регуляторов

Виды ВЕС и их преимущества

ВЕС бывают двух видов: линейные (LBEC) и импульсные (SBEC):

- Линейный преобразует энергию в тепло, а при перегреве отключается. Что может приводить к неприятным результатам: в лучшем случае коптер не сможет взлететь, а в худшем — неконтролируемое падение. В связи с чем стал применяться в сборке с сервоприводами, которые в свою очередь не потребляют много тока, не позволяя блоку перегреваться.
- Импульсный регулирует напряжение быстрым включением и выключением питания, такой подход исключил перегрев, повысил выходную мощность, и позволил достигать КПД 90%, а также импульсные ВЕС выигрывают у линейных в весе. Возникающие в цепи помехи, которые отрицательно сказываются на работе радиоаппаратуры, исключаются добавлением LC — фильтра.

Программное обеспечение ESC

Поскольку регулятор оборотов выполняет некоторые преобразования с высокой частотой и может быть настроен на различные режимы работы для него пишут отдельный софт, называемый прошивкой. Это позволяет исправлять прошлые ошибки в алгоритмах управления, создавать более совершенные прошивки (и тем самым, например, уменьшать расходы аккумулятора на среднем газу) и производить гибкие настройки. В коптерах известных компаний типа DJI смена ПО регулятора происходит автоматически при помощи полетного контроллера.

Внимание! Перезапись ПО для регуляторов скорости может повлечь за собой поломки дрона различного характера, а также снятие с гарантийного обслуживания! Помните, что вы делаете это на свой страх и риск!

Как сменить ПО?

Сменить программное обеспечение регулятора можно несколькими способами:

- Используя специальную плату управления
- Используя полетный контроллер
- Используя ASP программатор

Третий вариант проще и в настоящее время активно внедряется в новые модели.

Выбор регулятора оборотов

Исходя из всего вышеперечисленного, можно выделить особые критерии выбора регулятора оборотов для дрона:

- Совместимость с полетным контроллером. Полетный контроллер должен поддерживать ВЕС и прошивку ESC.
- Совместимость со спецификациями мотора и аккумулятора.
- Наличие или отсутствие ВЕС и его тип (LBEC или SBEC).
- Теплоотвод и герметичность.

Пропеллеры

Предназначены для преобразования кинематической энергии в силу тяги необходимую для полета, классификация происходит по:

- углу атаки;
- размеру;
- шагу;
- числу лопастей;
- по материалу изготовления;
- по направлению вращения.

Угол атаки — угол между направлением скорости набегающего на тело потока (жидкости или газа) и характерным продольным направлением, выбранным на теле, например у самолета это будет хорда крыла, — продольная строительная ось, у снаряда или ракеты — их ось симметрии.

Размер – измеряется в дюймах от одного конца лопасти до другого, если пропеллер двухлопастной.

Шаг – расстояние, на которое продвинется пропеллер, после совершения полного оборота в условно твердой среде. Чем больше шаг, тем больше воздуха прогоняет через себя пропеллер за каждый оборот. Прокачка большего количества воздуха означает увеличение тяги.

Рама

Основная часть мультикоптера. Все остальные компоненты – двигатели, батареи, контроллер и т.д. – монтируются на раме. Рамы могут весьма существенно различаться по сложности, материалам и размеру. Состоит из:

- нижней деки;
- лучей;
- верхней деки.

ИКАО

Международная организация гражданской авиации. Специализированное учреждение ООН, устанавливающее международные нормы гражданской авиации.

Закон о квадрокоптерах в РФ 2020

Можно:

- Летать на высотах не более 150 метров;
- Не надо подавать план полета и согласовывать полет, если ваша авиамодель весит менее 30 кг.

Регистрировать авиамодель с взлетной массой более 250 грамм и до 30 кг все также нужно!

Нельзя:

- Летать в диспетчерских зонах, вблизи аэропортов и диспетчерских зон, охранных зонах;
- Летать над массовыми мероприятиями (митинги, соревнования, демонстрации, концерты и прочие культурные мероприятия).

2. Настройка БПЛА

После сборки всех компонентов квадрокоптера, нужно установить программное обеспечение на ваш полетный контроллер и регуляторы оборотов специальными программами — это Betaflight и BLHeli.

Без этого ваш квадрокоптер никуда не полетит.

Мы будем рассматривать Betaflight Configurator версии 10.7 и на основе версии Betaflight 4.1.6.

Как установить программное обеспечение Betaflight на полетный контроллер и ESC BLheli на регуляторы оборотов.

Квадрокоптер — это сложное устройство, состоящее из многих компонентов и этим целым должно что-то управлять. Для этого было придумано программное обеспечение. Она загружается в полетный контроллер с помощью кабеля microUSB и Конфигуратора.

Конфигуратор (Configurator) — это программа, которая загружает программное обеспечение в полетный контроллер и с помощью нее же настраивается.

Сейчас популярностью пользуются 2 основных конфигуратора:

- Betaflight Configurator;
- CleanFlight Configurator.

Для установки ПО на квадрокоптер:

- Квадрокоптер с полетным контроллером, который поддерживает Betaflight;
- MicroUSB кабель;
- Компьютер;
- Интернет (если вдруг вы соберетесь прошивать в поле без интернета, ничего не выйдет).

Теперь вам нужно установить Конфигуратор, с помощью которого вы будете устанавливать ПО на полетный контроллер квадрокоптера. Установка конфигуратора не отличается ничем от установки обычной программы

Как подключить квадрокоптер к компьютеру?

Если вы просто подсоедините дрон (или полетный контроллер) к порту USB, установить ПО не получится, но вы сможете настраивать прошивку в конфигураторе.

Для того, чтобы установить ПО на полетный контроллер, нужно зажать и удерживать кнопку «Boot» на плате полетного контроллера и в этот же момент подсоединить его к компьютеру. Когда вы нажимаете кнопку, вы запускаете режим «Bootloader», то есть, переводите полетный контроллер в режим обновления программного обеспечения.

После подключения USB-кабеля к компьютеру и квадрокоптеру, у вас должен будет гореть только 1 светодиод.

Если второй светодиод мигает, значит вы сделали что-то не так. Должен постоянно гореть синий светодиод.

Как установить ПО на полетный контроллер?

После шагов выше, переходим к процессу установки.

- 1) Переходим во вкладку Betaflight Configurator «Firmware Flasher» (1), нажимаем кнопку «Connect» (2);

В последующем для настройки на эту вкладку переходить не нужно, достаточно просто нажать Коннект после подсоединения кабеля к дрону и ПК.

- 2) Под цифрой 1 — название вашего полетного контроллера.
Под цифрой 2 — версия прошивки. В этом списке выбираем самую новую. Если активируете верхний ползунок «Show unstable», то вы сможете установить бета-версию прошивки, но делать этого не советую.

Все остальное оставляем как есть;

- 3) Выбираем свой контроллер и версию прошивки, затем спускаемся вниз и нажимаем кнопку «Load firmware». Начнется процесс загрузки ПО с сервера.

При этом, кнопка «Flash Firmware» еще неактивна;

- 4) После загрузки файлов ПО на компьютер, будет доступно его описание и активируется кнопка «Flash Firmware» и будет написан размер прошивки;
- 5) Теперь нажмите кнопку «Flash Firmware» чтобы прошить полетный контроллер. Следите за тем, чтобы провод USB был надежно вставлен в порт;
- 6) Начнется процесс загрузки файлов прошивки в полетный контроллер;
- 7) После того, как Конфигуратор загрузит файлы, он их проверит.

Теперь снова нажмите кнопку, которая сначала называлась Connect и отсоедините квадрокоптер. Затем подсоедините. Должны загореться оба светодиода, причем 1 будет мигать, а 1 будет постоянно гореть.

Как прошить регуляторы оборотов (ESC).

Установите BLHeli Configurator.

- 1) Снимаем с квадрокоптера пропеллеры. Это обязательное условие;
- 2) Подключаем аккумулятор;
- 3) Подключаем к компьютеру с помощью USB-кабеля. Нажимать и удерживать кнопку «Boot» как с прошивкой полетного контроллера не нужно;
- 4) Теперь открываем BLHeli;
- 5) Нажимаем Connect и попадаем в предварительное окно. Там вы увидите вот эту желтую полоску-уведомление, а ниже ничего не будет. Вам нужно нажать кнопку «Read Setup» в нижнем правом углу, после чего вы увидите главное окно настроек;

Блок слева пока не трогаем. Блок справа — здесь у нас ваши регуляторы, что означают термины:

— **Название регуляторов** на фиолетовой полосе;

— **Motor Direction** это направление вращения моторов. Если у вас моторы крутятся не в ту сторону (это проверяется по схеме, которая есть в Betaflight во вкладке Motors) — не нужно их перепаяивать, достаточно поменять направление вращения этой вкладкой.

— **PPM min Throttle** это минимальные обороты двигателей во время работы.

— **PPM Max Throttle** это максимальные обороты двигателей во время работы.

— И кнопка «**Flash Firmware**» кнопка прошивки регуляторов.

- 6) Если все регуляторы одинаковые, то нажимаем кнопку «Flash All» внизу, если это не так, нажимаем на каждом регуляторе кнопку «Flash Firmware»;

Здесь мы видим:

- **ESC** это название ваших регуляторов, определяется само.
- **Mode** оставляем MULTI.
- **Version** это версия устанавливаемого программного обеспечения, рекомендуем всегда выбирать последнюю версию:

- 7) Выбрали? Теперь нажимаем кнопку «Flash»;
- 8) Прошивка началась;
- 9) Так проделываем с каждым, если у вас регуляторы разной версии, либо один раз по кнопке Flash All. На этом все, после прошивки нажимаем кнопку Write Setup и отключаемся от конфигуратора, отключаем аккумулятор и снова подключаем.

На этом процесс установки ПО заканчивается.

Резервное копирование

Перед любыми настройками в конфигураторе, сделайте резервную копию кнопкой «Сохранить» на главной странице Betaflight. В случае проблем, вы сможете загрузить ее и все вернуть «как было».

Включите режим эксперта

Флажок «Включить режим эксперта» был сделан для того, чтобы не показывать функции, которые многие пилоты никогда не будут использовать, хотя, скорее всего это сделано для новичков, чтобы они не терялись, им будет доступен минимальный набор важных функций для настройки.

Порты

На этой вкладке находятся настройки для UART-портов, то есть, для последовательных портов, которые используются для обмена данными с различными компонентами, такими как приемник, видеопередатчик, GPS-модуль и так далее. USB VCP всегда включен, это тот порт, в который вы вставляете провод, microUSB.

В этом разделе обязательно нужно включить порт, который используется для обмена информацией с приемником. У различных полетных контроллеров он может быть разным, у нас порт для приемника — UART1. Поэтому включен ползунок на Serial Rx. Вам нужно посмотреть документацию к своему полетному контролеру, чтобы точно знать, какой порт включать для приемника.

Конфигурация

На этой вкладке выполняются базовые настройки, такие как протокол связи полетного протокола с регуляторами оборотов, протокол связи приемника с полетным протоколом, расположение платы и многое другое.

1) Настройки ESC/Моторов

В этом блоке настраиваются протокол и двигатели.

DSHOT600 — это протокол, на котором будут общаться регуляторы оборотов и полетный контроллер. Все современные ESC и ПК поддерживают **DSHOT300**, **DSHOT600** и **DSHOT1000**. Выбирайте тот, который рекомендует производитель.

MOTOR-STOP — тут все понятно, после включения квадрокоптера (Arming) двигатели не будут крутиться. Обычно функцию не включают, так как нужно контролировать работу двигателей.

ESC_SENSOR — используется для включения телеметрии, если на ваших регуляторах для этого используется отдельный сигнальный провод.

Двухсторонний Dshot — новая функция в Betaflight 4.x, которая позволяет контроллеру полета получать точную телеметрию оборотов вращения двигателя по сигнальному каналу ESC. Но сигнал поступает без использования дополнительных проводов и каналов.

Полюса моторов — обязательно посчитайте количество магнитов в колоколе и напишите цифру в этом окошке.

Холостой ход — это то, с какой скоростью будут крутиться пропеллеры после включения (Arming). Обычно хватает 2-4%.

2) Расположение платы и датчиков

В этом блоке обычно настраивается только «Первый ГИРО». Производители всегда ставят порт USB где-нибудь сбоку, и пилот конечно же поставит плату полетного контроллера так, чтобы было удобно подключать провод. В этом

случае, есть большой шанс, что Betaflight будет показывать модельку неправильно, то есть, вы наклоняете перед дрона вперед, а моделька наклоняется вправо. Чтобы это исправить, используется вот такой виртуальный поворот платы.

3) Arming

Максимальный наклон коптера. Если будет стоять маленькое число, то у вас дрон будет запускаться только на идеально ровной площадке. Поставьте 180 градусов, тогда дрон можно будет запустить хоть боком.

4) Системные настройки

Здесь выбирается частота обновления вычислений гироскопа и цикла PID, чем они больше, тем чище будет лететь квадрокоптер в воздухе, но нужно следить, чтобы у процессора был запас для дополнительной работы, эта строчка показывается в самом низу программы.

Как видите, в нашем случае загрузка при максимальных частотах всего 23-25%.

В этом блоке также включаются датчики полетного контроллера, в нашем случае включен Акселерометр и Магнитометр.

Акселерометр включает и отключает автоматическую стабилизацию квадрокоптера.

Барометр включает и выключает функцию удержания высоты.

Магнитометр — это компас, позволяет удерживать дрон в одном направлении.

Их не включают только в некоторых случаях, но вам точно надо их включить.

5) Приемник

Здесь выбирается режим работы, в нашем случае выбран режим с последовательной передачей данных и протоколом SBUS. В зависимости от производителя, у вас будет свой выбор, например, у FrSky используется SBUS, а у FlySky — IBUS. Ниже таблица соответствия бренд/протокол:

Название аппаратуры	Serial Receiver Provider
DSM2 Satellite	SPEKTRUM1024
DSMX Satellite	SPEKTRUM2048

FrSky RX	SBUS
Futaba RX	SBUS
FlySky RX	IBUS
Turnigy RX	IBUS

6) Прочий функционал

Как понятно из названия, здесь можно включить или отключить разные функции. На стандартном квадрокоптере, обычно включены:

TELEMETRY — чтобы была возможность принимать телеметрию;

AIRMODE — это ручной режим управления, без стабилизации. Включается, чтобы не было необходимости включать его тумблером, у опытных пилотов всегда включен, вы можете на время отключить.

OSD — чтобы в вашем видео шлеме или видео очках показывалась различная телеметрия, такая как, заряд аккумулятора, время и так далее;

DYNAMIC_FILTER — это новый фильтр, который появился не так давно. Позволяет дрону летать более стабильно.

И для общего ознакомления об остальных:

INFLIGHT_ACC_CAL: функция для «долголетов», которые летают более 20 минут. Функция позволяет время от времени калибровать акселерометр. На гоночных и мини квадрокоптерах он калибруется при подключении аккумулятора.

SERVO_TILT: функция включает сервопривод, которым можно в процессе полета регулировать наклон *frv* камеры. Скорее всего у вас такого привода не будет.

SOFTSERIAL: если вы будете подключать много компонентов по UART.

SONAR: включает поддержку соноарных датчиков, например, датчик высоты.

LED_STRIP: управление LED-светодиодными лентами, настраиваются во вкладке “LED Strip”. Если нет таких лент, отключаем.

DISPLAY: для подключения LED-дисплеев к квадрокоптеру.

CHANNEL_FORWARDING: если вы хотите управлять сервоприводами через каналы RC AUX channels (каналы 5-16). После включения, каждый канал надо будет настроить.

TRANSPONDER: для подключения транспондера, это такая штука, которая пишет время, засекает его, секундомер.

Еще ниже есть блок Настройка пищалки. Здесь целая куча настроек, это все делается на ваше усмотрение:

После всех настроек, не забывайте нажимать кнопку «Сохранить и Перезагрузить» в нижнем правом углу, иначе у вас не сохранятся настройки.

Приемник и аппаратура управления

После настройки конфигурации, переходим к настройке раздела Приемник, здесь настраивается аппаратура управления.

- 1) Если вы летаете с помощью аппаратуры Taranis, FlySky, Turnigy или Spektrum, то вам нужно выбрать во вкладке “Таблица каналов” нужный пункт: “JR / Spektrum / Graupner” или «FrSky, Hitec», как в нашем случае и у вас автоматически вставится таблица AETR1234. После чего нажмите кнопку сохранить. Какую именно строчку нужно выбрать, написано в инструкции вашего пульта. Видите, слева таблицу с цветными полосками? Буквы в квадратных скобках соответствуют таблице работы вашей аппаратуры, то есть, на пульте 2 стика, у левого: газ [T] и поворот по своей оси [R], у правого наклон вперед/назад [A] и вправо/влево [E]. Таблицу можно менять в настройках аппаратуры и для каждого действия привязать свою букву.
- 2) Пороги. Здесь прописывается цифровое значение стиков в крайнем нижнем положении и в крайнем верхнем положении, а также по центру. Настройка применяется для калибровки положения стиков на вашей аппаратуре. Значения по умолчанию обычно не требуют изменения.
- 3) Включите свой пульт и двигайте стики в разные стороны, разноцветные полоски будут бегать в разные стороны, от 1000 до 2000, а среднее положение, когда вы отпускаете стики, должны быть на отметке 1500 +- 1-2 единицы, но лучше, чтобы было точно 1500. Потому что эти 2 градуса будут вносить свои коррективы в полете, а если будет 5, то вообще будет заметно. Если у вас не 1500, а немного другое, попробуйте подвигать в разные стороны число в поле RC Deadband, это мертвая зона. Если не получается, можно попробовать настроить сам пульт, для этого читайте инструкцию к своей

аппаратуре. Лучше всего использовать для этой настройки маленькие кнопки по бокам стиков, называются они Trim (подрезка). Пощелкайте несколько раз нужной кнопкой подрезки, чтобы отрегулировать среднее значение до 1500 пунктов.

Также, можно поправить это все с помощью командной строки CLI.

Заходите в этот раздел. Перед этим, копируете этот код:

rxrange 0 981 2005

rxrange 1 987 2011

rxrange 2 972 1996

rxrange 3 987 2011

Сначала копируем и вставляем (не забудьте сначала сделать бекап на первой странице) эти строки в командную строку и нажимаем Enter, сохраняем, переходим во вкладку Приемник и смотрим, какие у нас числа, если в первой строке 1505, то в строке «rxrange 0 981 2005» меняем числа на такие «rxrange 0 976 2000», т.е. сдвигаем оба числа на равное количество пунктов и таким образом корректируем все значения, чтобы везде было 1500. Так обычно никто не делает, но это работает.

Режимы

Этот раздел сделан для настройки разных тумблеров и крутилок на пульте управления.

Мы будем настраивать 2 стика:

- Arming — установка и снятие с охраны квадрокоптера;
- Включение режима стабилизации и АКРО режим (ручной режим управления).

Чтобы назначить тумблеру действие, делаем следующее:

- Наводим мышь на ARM и жмем «Добавить диапазон»;
- Выбираем канал AUX1, например, либо можете оставить «АВТО» и щелкнуть любым удобным тумблером, автоматически будет выбран канал, который привязан к этому тумблеру. После того, как выбрали AUX, пощелкайте тумблером. На ваши действия, по полоске будет «бегать» желтая точка, она соответствует положению тумблера. Если переместить желтые полосы на область, где будет находиться желтая

точка, то квадрокоптер начнет реагировать на это положением, в нашем случае это Arming или снятие с охраны.

- Нажмите «Сохранить».

Теперь, когда вы переведете этот тумблер, моторы дрона начнут вращаться с маленькой скоростью, дрон будет снят с охраны.

Так как на странице Конфигурация был включен ползунок на AIRMODE, квадрокоптер сейчас находится в ручном режиме без стабилизации, то есть, в режиме ACRO.

Режим ANGLE это режим стабилизации. Его назначаем на другой тумблер. Обычно эти 2 режима назначают на один тумблер, у которого 3 позиции, то есть, на вторую позицию настраивают ARM и АКРО, а на 3 позицию ANGLE режим, чтобы они не накладывались друг на друга и в случае чего, вы просто переведете в верхнее положение тумблер, чтобы включилась стабилизация.

Failsafe

Режим сохранения, то есть, то, что будет делать квадрокоптер, если он потеряет связь с пультом управления.

Здесь есть 3 режима:

- Падение;
- Приземление;
- GPS спасение.

- 1) Падение — если выбрать этот режим, то через секунду (настраивается в поле «Failsafe при низком значении газа, где стоит цифра 100) после потери сигнала, дрон отключит все двигатели и упадет.
- 2) Приземление — при потере сигнала будет плавно приземляться, двигатели будут работать. Режим достаточно опасный, к тому же, нужно хорошо настроить обороты двигателей.
- 3) GPS спасение — если вы установили на свой квадрокоптер GPS-модуль, то с его помощью можно настроить возврат квадрокоптера.

Если кратко, функция экстренная и созданная с целью вернуть управления квадрокоптером, а не его посадить, потому что нет дополнительных датчиков. Функция срабатывает, если вы улетите на расстояние не менее 50 метров (если не ошибаемся, то минимум можно установить 30 метров от точки взлета). Сажать дрон с помощью данного модуля не советуем, так как он ударит дрон о землю (нет других датчиков).

Вся задача модуля — в случае потери связи или, если вы засомневались в своих силах управления на дальнем расстоянии, активируете функцию GPS Rescue (либо она автоматически активируется), дрон поднимется на определенную высоту и полетит в ПРИМЕРНУЮ точку взлета. Главное, чтобы вы смогли перехватить управления на себя и не потерять/разбить дрон.

Обычно включают режим «Падение», так как с «Приземлением» непонятно, где он будет приземляться с работающими винтами, а вдруг там будут люди?

Но если выбрали «Приземление», нужно настроить скорость вращения моторов, которые позволят плавно ему спускаться.

Блок «Failsafe переключатель» выполнит действие при активации тумблера, который присваивается функции на вкладке «Режимы». При активации тумблера, выполнится сценарий Этапа 2.

PID-настройки

Сложный раздел, в котором настройки производят далеко не все пилоты, за исключением очень увлеченных и профессионалов.

PID — это аббревиатура из 3 слов:

- Proportional;
- Integral;
- Derivative.

PID — это такая функция в полетном контроллере, которая считывает информацию с датчиков (как правило это гироскоп и акселерометр), обрабатывает и вносит корректировки, а затем отправляет команды регуляторам оборотов (ESC), а они в свою очередь управляют двигателями (быстрее или медленнее им крутиться).

Самый главный параметр в PID это Proportional. С помощью этого параметра (буду называть параметром) колебания при полете снижаются до минимума.

Колебания — внешние факторы, которые влияют на квадрокоптер в полете (ветер, притяжение и так далее), а также вибрация и дрожание.

В некотором смысле, P пропорциональна степени контроля над осью (под осью понимается PITCH или ROLL или YAW).

Чем меньше P , тем меньше контроля над осями, чем больше P , тем больше контроля со стороны этой функции.

Проблема при завышенном параметре P в том, что он начинает перевыполнять ожидаемый контроль и это начинает приводить к колебаниям.

Качественные регуляторы оборотов (ESC), а также большая скорость вычисления PID-контуров помогает полетному контроллеру гораздо быстрее и эффективнее вносить корректировки в полет для избавления от колебаний.

I и D участвуют только для исправления оставшихся кусочков ошибок, с которыми не смог или не успел справиться параметр P :

I собирает за P накопленные ошибки (дрифт), с которыми не справился вовремя P и исправляет их. Поэтому, если ваш дрон меняет угол наклона после резкой смены положения стика газа (дали резко газ или сбросили), то следует увеличить параметр I . Но, сначала попробуйте увеличить сам P , вдруг он для вашего дрона слишком низкий и поэтому не выполняет свою работу.

D контролирует насколько быстро ось достигает нужного значения. Например, если вы дали квадрокоптеру команду очень быстро остановить двигатели (газ в 0), значение P при корректировке может проскочить и не внести корректировки. Если вы замечаете такие «симптомы» после резкой смены уровня газа, то увеличение D может помочь снизить колебания, которые возникают сразу после резкой смены уровня газа.

Blackbox

Черный ящик нужно для того, чтобы записывать все данные полета — телеметрию. По мере того, как вы будете набираться опыта, журнал черного ящика будет вашим лучшим другом по настройке своего дрона. Blackbox по умолчанию включен. Данные будут писаться либо во встроенную флеш-память, либо на внешнюю SD-карту. Если у вашего полетного контроллера есть разъем, советуем подключить карточку и убедиться, что туда записываются данные черного ящика.

У всех современных полетных контроллеров есть своя память и это как минимум 16 мегабайт. Этого вполне хватит, чтобы записывать данные полета.

Моторы

На этой вкладке проверяется работоспособность двигателей.

Перед любыми действиями, обязательно снимайте пропеллеры с двигателей!

Перед тем, как покрутить двигатели ползунками, переключите флажок «я понимаю всю опасность», чтобы активировать функционал. Теперь можете подвигать ползунки, моторы начнут крутиться.

Чуть выше располагается график гироскопа, а также информация о том, сколько потребляют двигатели тока, а также силу и напряжение. Все это служит для проверки и настройки двигателей.

Питание и батарея

В этом разделе настраивается датчик тока, а также параметры аккумулятора. Все это нужно для того, чтобы квадрокоптер по OSD передавал актуальные и правильные данные об аккумуляторе, напряжении и токе во время полета.

OSD

В этом разделе настраивается отображение различной информации на экране ваших очков или шлема. Очень полезный и нужный раздел, не пропускайте его.

Настраивайте все так, чтобы вам было максимально удобно. По центру имитация экрана, там все можно двигать мышкой. Слева поставьте галки на нужном параметре, он появится на окне. Если не знаете, что конкретно означает параметр, наведите мышкой — появится подсказка того, что делает этот параметр.

В нашем случае, включено:

- RSSI (сила приема сигнала);
- Предупреждения;
- Заряд аккумулятора;
- Таймеры.

У нас добавлено 2 таймера, один — это общее время работы, а второй — время полета.

Справа находятся еще некоторые общие настройки, это тоже настраивается по вашему усмотрению.

Командная строка (CLI)

Через командную строку можно влиять на какую-либо информацию в прошивке, вносить изменения, а также выводить информацию о каком-либо параметре или компоненте. Список команд большой и выводится по команде «help». Все рассказывать здесь не будем, так как у нас опять есть отдельная статья по командной строке, если вам интересно, то ссылка ниже.

Рекомендации: проверка безопасности

Перед установкой пропеллеров, рекомендую выполнить ряд проверок, чтобы избежать проблем перед полетом.

1) Проверить направление двигателей

- Перейдите во вкладку «Моторы» и включите режим тестирования по кнопке «Я понимаю всю опасность»;
- Теперь запустите моторы (***не забудьте снять пропеллеры***) и проверьте, в правильную ли сторону крутятся двигатели в соответствии с схемой вращения моторов на квадрокоптере.

2) Проверить загрузку процессора

Пока квадрокоптер подключен к Betaflight, посмотрите на нижний сайд-бар.

Если загрузка будет 95% и выше, то у вас будут проблемы во время полета, так как процессор перегружен и не будет успевать вовремя обрабатывать данные. Чтобы решить эту проблему, отключите некоторые функции или отключите разгон, если у вас контроллер F4. Но на современных полетных контроллерах такая проблема — большая редкость.

3) Проверить гироскоп

Перейдите во вкладку «Система» и проверьте настройки гироскопа:

Возьмите квадрокоптер в руки и наклоняйте его во все стороны, ваши действия точь-в-точь должна повторять 3D модель на экране. Стрелка указывает на нос дрона. Если это не так, вернитесь в начало, вкладка «Конфигурация».

Кроме этого, после настроек и тем более прошивки, нужно калибровать акселерометр. Для этого, поставьте квадрокоптер на ровную поверхность и нажмите кнопку «Калибровать Акселерометр».

4) Сделать резервную копию всех настроек

После полной настройки и проверки вашего квадрокоптера необходимо обязательно сделать резервную копию ваших настроек.

3. Демовариант с комментариями

Практический этап конкурса межпредметных навыков и знаний включает в себя пять заданий. По одному для различных разделов подготовки кадет по профилю ВКС.

Количество баллов за практический этап Конкурса предпрофессиональных умений определяется суммированием набранных баллов по 5 заданиям, согласно критериям оценки по каждому из заданий. Максимальное количество баллов – 60.

В каждом варианте будет дано 5 заданий.

В первом задании обучающемуся необходимо подключить электронные компоненты. Компоненты подключаются согласно схеме подключения, изображенной на рисунке 1.1. Все выходы пронумерованы, обучающемуся необходимо соотнести номера проводов с номерами входов.

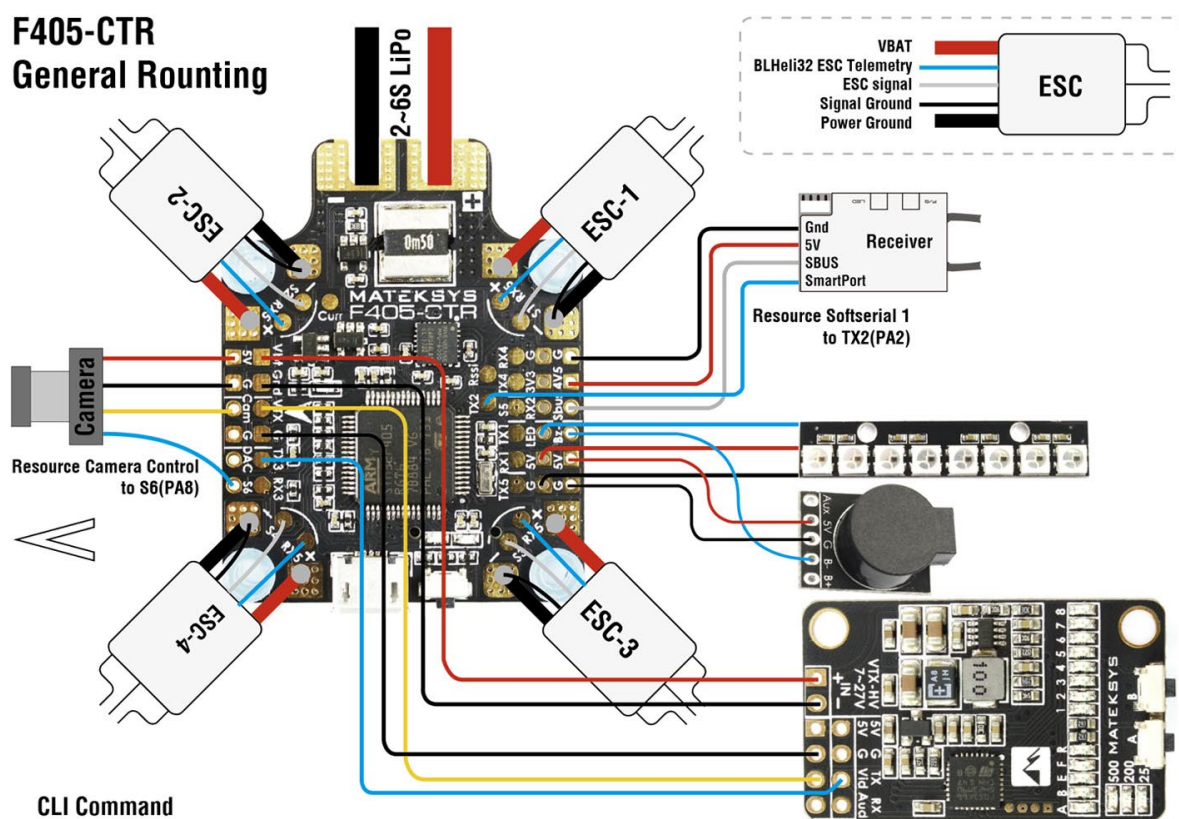
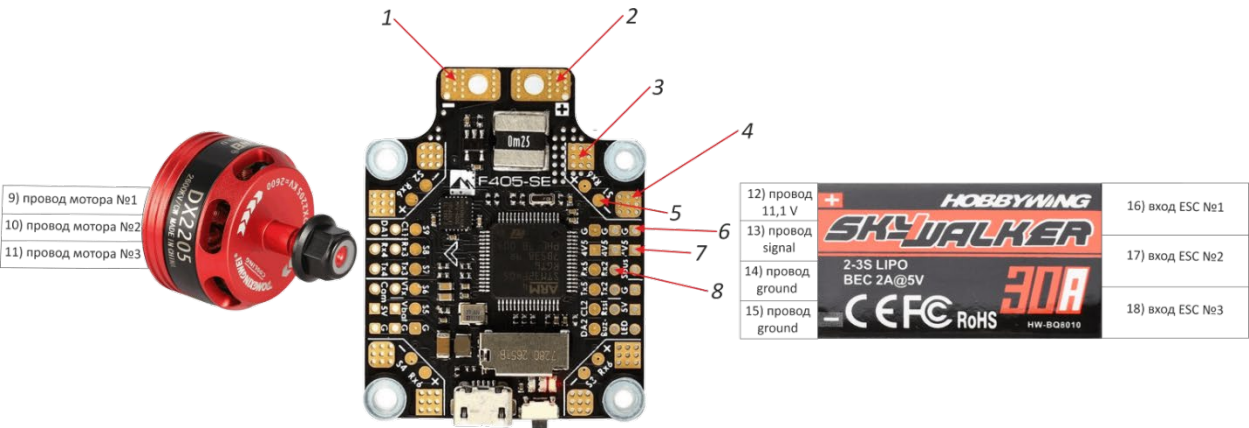


Рисунок 1.1 – Схема подключения электронных компонентов БПЛА к полетному контроллеру Matek F405-CTR

Подробнее о схеме подключения будет рассказано во время видеоразбора и консультаций.

Задание №1. На рисунке 1 схематично изображены электронные компоненты БПЛА, Вам необходимо их подключить друг к другу, ответы перенесите в таблицу №1.



Правильный ответ: представлен в виде таблицы, соотносящей входной контакт и выходной.

Номер входа	Номер провода
3	12
5	13
4	14
4	15
16	9
17	10
18	11

Критерии оценивания:

- 7 правильных ответов – 10 баллов;
- 6 правильных ответа – 6 баллов;
- 5 правильных ответа – 5 балов;
- 4 правильных ответа – 4 балла;
- 3 правильных ответа – 3 балла;
- 2 правильных ответа – 2 балла;
- 1 правильный ответ – 1 балла;

Во втором задании вам будет предложено собрать основу вашего дрона- раму, установив на неё моторы. Данное задание направлено на оценку понимания учеником системы крепления моторов, с учетом направления вращения. Для решения данной задачи необходимо знать схему установки моторов на квадрокоптер изображенную на рисунке 2.1. В других вариантах будут представлены другие формфакторы рам мультикоптеров, необходимо дополнительно изучить

этот вопрос. Также о других формфакторах рам мультикоптеров будет дополнительно рассказано во время видеоразборов и консультаций.

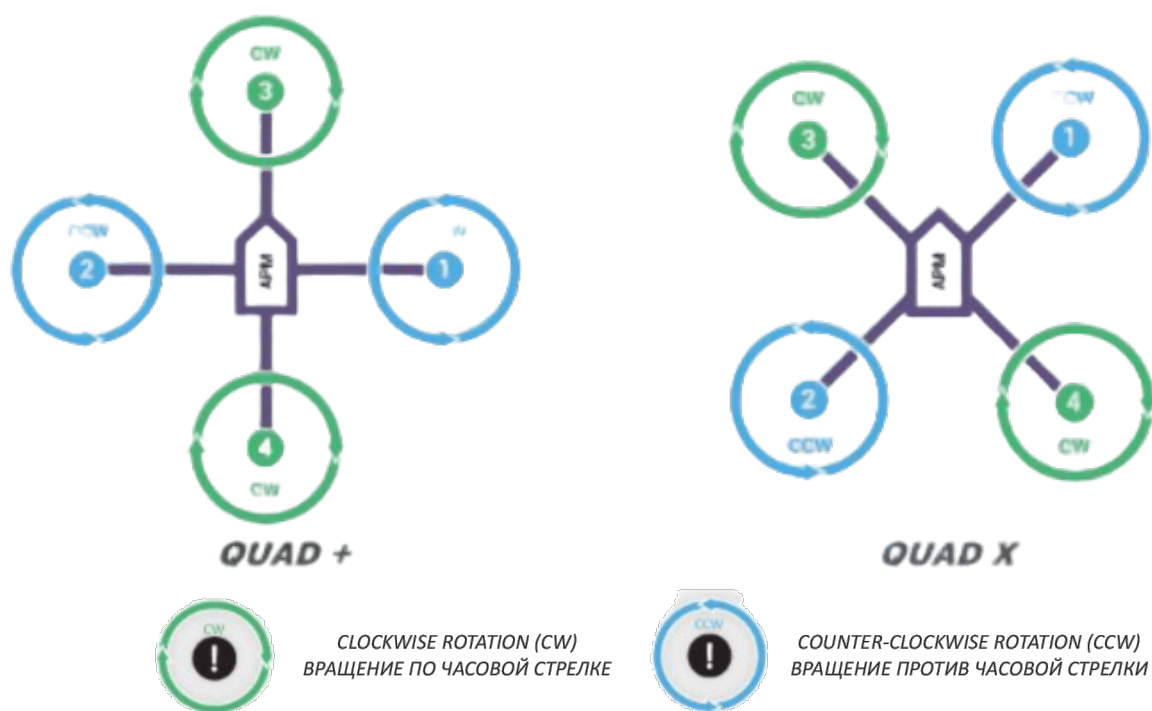


Рисунок 2.1 – Расположение моторов на рамах квадрокоптера формата x и +

Задание № 2. На рисунке 2 изображена рама квадрокоптера и бесколлекторные моторы, вам необходимо правильно расположить моторы на раме, согласно их направлению вращения, ответы перенесите в таблицу 2.

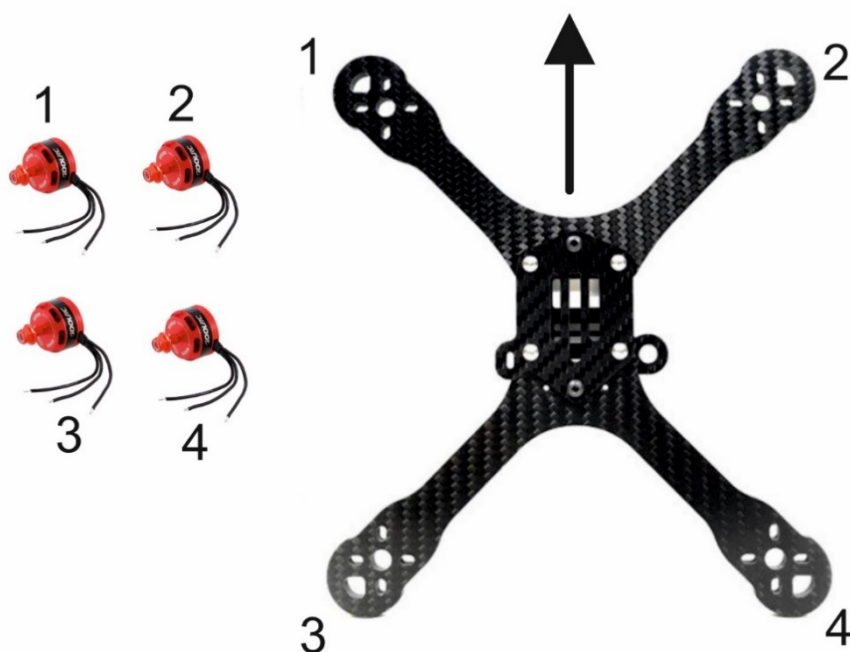


Рисунок 2. Рама квадрокоптера и бесколлекторные моторы.

Правильный ответ: предложен в виде таблицы, в которой соотнесены позиции элемента и места его крепления.

Номер места на раме	Моторы
1	1
2	3
3	4
4	2

Критерии оценивания:

1. 4 правильных ответов – 10 баллов;
2. 3 правильных ответа – 6 баллов;
3. 2 правильных ответа – 4 балла;
4. 1 правильный ответ – 2 балла;
5. 0 правильных ответов – 0 балла;

Третье задание направлено на понимание принципов и основ программирования и настройки БПЛА в программе Betaflight. Необходимо будет выбрать соответствующие поля обработки данных с пульта управления, для установки указанной в задании команды. Для грамотного решения данной задачи стоит изучить все поля данной вкладки системы, чтобы точно понимать влияние каждой на работу аппарата. Подробнее о программе Betaflight будет рассказано во время видеоразбора и на консультациях.

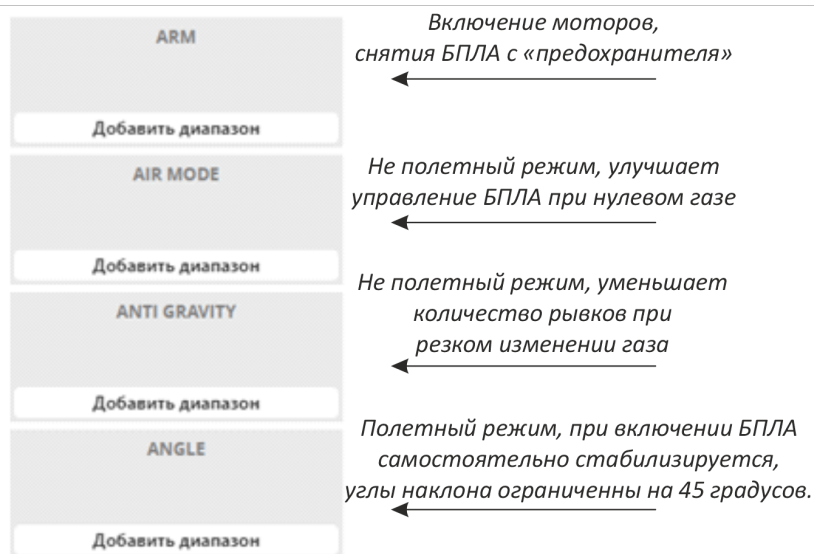


Рисунок 3.1. Описание полетных режимов в программе Betaflight.

Задание № 3. На рисунке 3 изображена страница настройки полетных режимов из программы betaflight, для какого из представленных режимов необходимо добавить диапазон активации, чтобы настроить «разблокировку» моторов?



Рисунок 3. Настройка полетных режимов в программе Betaflight.

Правильный ответ:

Режим, который разблокирует моторы называется – ARM

Критерии оценивания:

1. Правильный ответ – 10 баллов;
2. Неправильный ответ – 0 балла;

Задание номер четыре направлено на понимание динамики движения и принципов управления БПЛА мультироторного типа, основываясь на силовых характеристиках работы моторов. Важно изучить влияние изменения момента вращения мотора, на положение и движения дрона в полете.

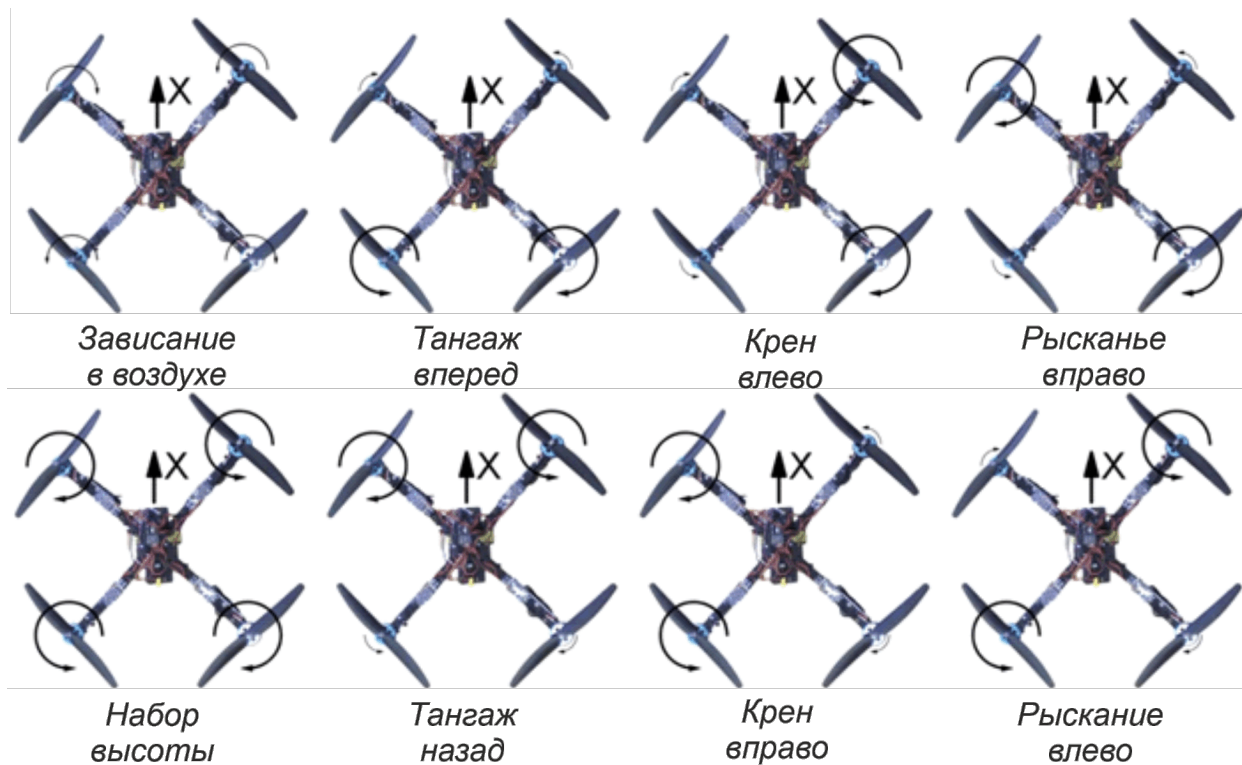


Рисунок 4.1. Выполнение маневров в зависимости от работы моторов квадрокоптера.

Обратите внимание на различие размеров окружностей возле моторов. Это говорит о скорости их работы, чем больше круг, тем сильнее мотор вращается, а соответственно больше тяга.

Задание №4. Выберите на каком рисунке показано выполнение крена влево. Учтите, что под цифрой 1 изображен режим висения, а размер стрелок обозначает усиление или ослабление тяги относительно режима висения.

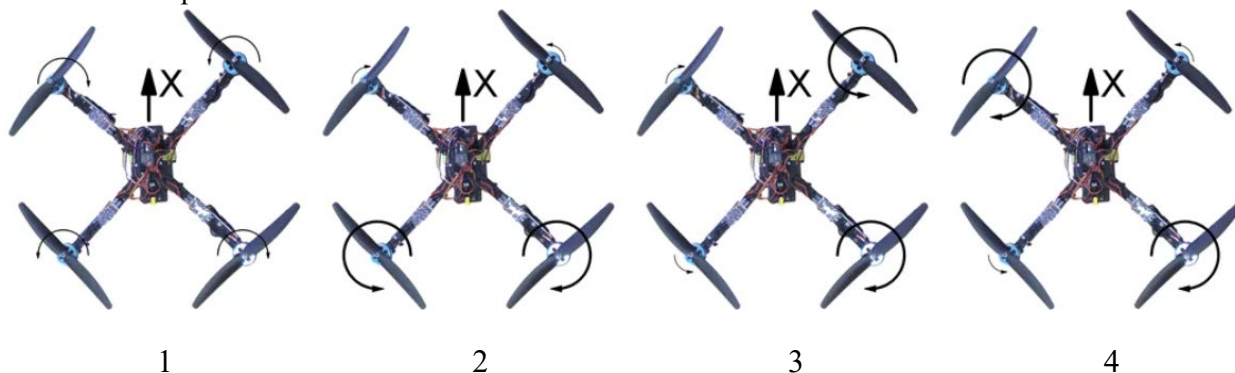


Рисунок 4. Работа моторов квадрокоптера.

Правильный ответ: под номером 3 изображен правильный ответ.

Критерии оценивания:

1. Правильный ответ – 10 баллов;
2. Правильный ответ – 0 балла;

Для реализации правильного решения задачи в задании №5, необходимо решить несколько тренировочных заданий с целью понимания принципа работы дрона. Каждое движение управляющими стиками приводит к изменению положения дрона. Также стоит отметить, что при выполнении данного задания есть несколько правильных вариантов решения. Однако наиболее выгодно рассматривать варианты, содержащие наименьшее количество действий. К примеру, для того, полететь налево можно сделать рысканье и после этого полететь вперед, а можно сразу полететь, налево выполнив крен влево. Более подробно решение этого задания будет рассмотрено во время видеоразбора и консультаций

Задание №5. Опишите действия оператора, выполняющего тренировочный полет, согласно заданным условиям.

Условия:

1. Пролететь все контрольные точки;
2. Полет должен начинаться в точке старта, заканчиваться в точке финиша;
3. Точка,  , является стартом. Точка,  , является финишем. Финиш и старт не являются контрольными точками;
4. Точки расположены на разной высоте:  – 0 метров,  – 2 метра,  – 5 метров,  – 6 метров,  – 10 метров,  – 5 метров,  – 0 метров;
5. Одна клетка равняется 1 метру;

6. При увеличении газа на одно деление в течении 1 секунды, аппарат поднимается на один метр;
7. Пролететь все контрольные точки;
8. Для увеличения угла рысканья на 90 градусов, отклоните стик на одно деление в течении 2 секунд;
9. При перемещении стика крена на одно деление в течении 1 секунды, аппарат проходит 1 метр в сторону смещения стика;
10. При перемещении стика тангажа на одно деление в течении 1 секунды, аппарат проходит 1 метр в сторону смещения стика.

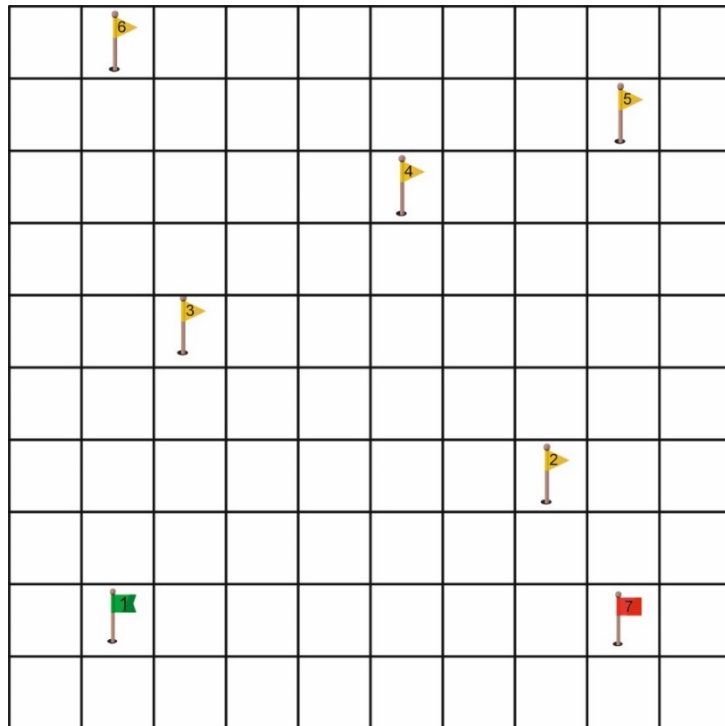


Рисунок 5. Карта тренировочной трассы.



Рисунок 6. Пульт управления.

Правильный ответ:

1. Увеличить газ на два деление в течение 1 секунды;
2. Отклонить стик тангажа вперед на одно деление на 2 секунды;
3. Отклонить стик рысканья вправо на одно деление на 2 секунды;
4. Отклонить стик тангажа вперед на одно деление на 6 секунд; (Мы в точке 2) и т.д...

Критерии оценивания:

1. Долетел до конечной точки, пройдя через все контрольные точки – 20 баллов;
2. Долетел пройдя через большее количество контрольных точек – 15 баллов;
3. Долетел пройдя через меньшее количество контрольных точек – 7 баллов;
4. Не долетел до конечной точки – 0 баллов.

4. Список литературы:

1. Сенюшкин Н. С., Ямалиев Р. Р., Усов Д. В., Мураева М. А.. Особенности классификации БПЛА самолетного типа // Молодой ученый. — 2010. — №11. Т.1. — С. 65-68. — URL <https://moluch.ru/archive/22/2272/>.
2. Завалов О.А., Маслов А.Д. Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. – 196 с.: ил. ISBN 978-5-7035-1972-1
3. Дроны с нуля: Пер. с англ. / Т. Килби, Б. Килби – СПб.: БВХ-Петербург, 2016. – 192 с.: ил.
4. Красноперов Р., Фетисов В., Неугодникова Л., Адамовский В.. Беспилотная авиация. Терминология, классификация, современное состояние. URL <https://arsenal-info.ru/b/book/3398882726/>.
5. Яценков В.С..Твой первый квадрокоптер: теория и практика. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.: ил. – (Электроника)
6. Онлайн журнал о дронах. URL <https://dronomania.ru/>
7. Статья о Airscooter Airscooter E70 / G70. URL <https://sites.google.com/site/stingrayslistofrotorcraft/airscooter-aircooter-e70--g70>