

УДК 533.65.013.622

## БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТРУДНОДОСТУПНОЙ МЕСТНОСТИ

**Григорян Эдуард Сергеевич**

Краснодарский край, г. Армавир МАОУ «Лицей № 11 им. В.В. Рассохина», 11 класс

Научный руководитель: *Мкртычян Елена Георгиевна, учитель физики МАОУ «лицей № 11 им. В.В.Рассохина»*

### Введение

Беспилотные летательные аппараты является сектором авиации, который развивается очень быстро и имеет большой потенциал для роста и создания новых рабочих мест. Термин «беспилотный летательный аппарат» включает как крупные самолеты, так и небольшие электронные устройства для персонального использования. За прошедшие 15 лет, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) вертолетного типа с четным количеством роторов — квадро- гекса- и октокоптеры получили широкое распространенное в различных сферах деятельности. Вопросы построения системы управления квадрокоптером наиболее полно представлены в работах [1, 2, 3]. Классический подход к построению системы управления, основанный на обработке сигналов, поступающих от различных бортовых датчиков впервые был успешно реализован исследователями в работах непрерывно совершенствуется.

Цель: разработать модель квадрокоптера для изучения труднодоступной местности.

Для достижения цели были поставлены и последовательно решены следующие задачи:

- 1) рассмотреть классификацию беспилотников;
- 2) собрать действующую модель квадрокоптера;
- 3) испытать собранную модель.

Предмет исследования – квадрокоптер. Объект исследования - летательные беспилотные платформы, применяемые для исследования труднодоступной местности.

Методы, используемые для решения поставленных задач: наблюдение; сравнение; эксперимент; дедукция; индукция; обобщение; измерение.

Актуальность данной темы: квадрокоптер как беспилотный летательный аппарат может решать разведывательные задачи, применяться для нанесения ударов по наземным и морским целям, перехвата воздушных целей, осуществлять постановку радиопомех, ретрансляции сообщений и данных, доставки грузов. В свою очередь изучение данного вопроса может помочь в усовершенствовании таких сфер общественной жизни как: военная отрасль, сельскохозяйственная, в геодезии и других отраслях народного хозяйства.

### Принципы действия квадрокоптера

Принцип работы квадрокоптера: четыре двигателя на вынесенных ногах создают подъемную силу. Есть несколько стандартных режимов работы:

- 1) подъем с одновременным пуском двигателей;
- 2) наклон в стороны с изменением оборотов левой и правой пары двигателей;
- 3) спуск при подъемной силе меньше веса конструкции;
- 4) набор скорости по прямой изменением режимов работы передней и задней пары двигателей [1].

Квадрокоптер работает по вертолетной схеме. Только вместо наклона вала лопастей, как это делается в крылатой машине, для формирования бокового вектора силы используется разница в показателях воздушных потоков по бокам дрона [4, 5]. Мне сложнее было понять, как квадрокоптер вращается на месте. Здесь снова поможет большой вертолет. Его основная лопасть, вращаясь в одну сторону, передает момент на корпус в обратном направлении. Чтобы компенсировать паразитное вращение, большой вертолет имеет лопасть на хвосте [6]. Коптер использует тот же принцип формирования обратного момента для собственного вращения. Его четыре винта работают парами. Двойки лопастей вращаются в разные стороны. При одинаковых оборотах возникающие моменты компенсируются. Когда нужно повернуть дрон вокруг оси — уменьшаются обороты двигателя одной из пар. Возникающий момент вращает всю конструкцию [7].

В моей конструкции на силовой раме я расположил:

- 1) литий-ионную батарею;

- 2) полетный контроллер;
- 3) радиомодули, трансмиттеры для работы с сигналами дистанционного управления;
- 4) блоки преобразования напряжения (уровня или частоты);
- 5) бесколлекторные электродвигатели с электронными контроллерами скорости

Главные, самые заметные узлы квадрокоптера я расположил на выносных ногах. Это электродвигатели. В зависимости от класса модели они могут быть бесколлекторными частотно управляемыми либо классические коллекторные двигатели. В модели моего дрона применены бесколлекторные электродвигатели, благодаря этому я добился увеличенного ресурса и большей скорости. На их валах устанавливаются лопасти, формирующие нисходящий воздушный поток.

Для того, чтобы разобраться в способах управления квадрокоптером, следует изучить устройство полетного контроллера. Я использовал полетный контроллер Matek F405-CTR (приложение 7), состоящий из:

1. Акселерометра. При помощи контроля ускорения дрон отслеживает свое смещение. Это дает возможность машине зависать в заданной оператором точке, поддерживая высоту. Дорогие модели способны отслеживать смещение ветром, возвращаясь на исходную позицию [8].
2. Барометра. Датчик для устройств с хорошей высотой подъема и автономностью. Оператору достаточно задать высоту полета (минимум или максимум) или зависания [8].
3. GPS модуля. Присутствует в моделях специального назначения или дорогих развлекательных устройствах. По сигналам этого датчика дрон определяет свое местоположение. Оператор может задать траекторию полета, формировать модель патрулирования и многое другое [8].

Все данные, поступающие с датчиков, обрабатываются *центральным процессором* (приложение 7).

1. Система передачи видео -FPV

First Person View (FPV) — вид от первого лица. Такой аббревиатурой называют одно из направлений радиоуправляемого авиамоделизма. В данном случае осуществляется не только управление авиамodelью по радиоканалу системы радиоуправления, но и приём с модели видео изображения по дополнительному видеорadiоканалу в режиме реального времени. Пилот, управляющий авиамodelью, видит изображение, получаемое с видеокamеры при помощи устройств отображения: мониторов, телевизоров, видео-очков, видео-шлемов [6].

Разделяют две подгруппы направления: *LowRange FPV* и *LongRange FPV*. Я прибегнул к использованию первого способа передачи видеосигнала, для необходим маломощный передатчик видеосигнала, позволяющий летать в зоне действия стандартного передатчика радиоуправления. Для дальних полетов используют усилители мощности или более мощные передатчики как для управления моделью, так и для передачи с неё видеосигнала [5].

В состав FPV-систем построенного мною квадрокоптера входит набор оборудования из пяти основных компонентов (приложение 9):

1. Камера (приложение 8);
2. Антенна для передачи видеосигнала;
3. Трансмиттер - передатчик видеосигнала (от его мощности зависит радиус действия сигнала);
4. OSD-модуль;
5. Монитор с ресивером.

Существуют разные системы приема и передачи видеосигнала. Основные характеристики - несущая частота и мощность передатчика. Мощность передатчиков регулируется законодательством и ограничена для разных диапазонов. Производители FPV оборудования используют нeлицензируемые диапазоны частот гражданского применения. В большинстве случаев *LowRange FPV* авиации используется диапазон 5.8 Гц, который я применил для своего дрона. Для *LongRange FPV* используются диапазоны низких частот, например 1.2 Гц [5].

Принимается видеосигнал специализированным приемником, настроенным на частоту передатчика. Преобразованный видеосигнал передается на экран монитора или очки пилота FPV устройства.

Телеметрия или OSD (On-ScreenDisplay — отображение информации на экране) позволяет выводить на экран полетную информацию полезную для пилота (высота, направление, скорость, напряжение и ток потребления от бортовой батареи, расстояние от «дома» и многое другое) [5]. На используемом мной полетном контроллере установлены: системы стабилизации, вольтметр и амперметр, информацию о них я вывел в режиме OSD (приложение 6). Система стабилизации и виртуальный горизонт, рассчитываемый ей же, позволяет мне быстро опре-

делять положение квадрокоптера в воздухе. Благодаря показаниям с вольтметра и амперметра я слежу за показаниями напряжения во время полета и рассчитываю длительность своего полета.

Возможно также использование дополнительного усилителя сигнала с передатчика аппаратуры радиопередачи перед подачей на узконаправленную антенну, что позволяет значительно усилить дальность работы радиопередачи. Недостатком такого метода является сам принцип работы узконаправленных антенн - иногда приходится отвлекаться от пилотирования, чтобы направить её в сторону летательного аппарата. Для устранения этого недостатка используют следящие (трекинговые) антенные системы. Некоторые пользователи также устанавливают на такие станции небольшие мониторы, которые подключают непосредственно к приёмнику видеосигнала.

## 2. Практическая значимость квадрокоптера в условиях современности и перспективы развития

В связи с тем, что квадрокоптеры - это в первую очередь летательные аппараты, то они обладают хорошей маневренностью, способностью к быстрым перемещениям в воздушном пространстве. Самое большое применение квадрокоптеры нашли в съёмке местности. То есть при использовании квадрокоптера с прикреплённой к нему «экшен камерой» можно облегчить изучение территорий «с высоты» и «труднодоступных мест» [1].

Так же квадрокоптеры могут обеспечить источники массовой информации необходимым фотоматериалом с высоты «птичьего полета» или проводить съёмки спортивных мероприятий с необходимого ракурса.

Анализируя программы стратегического развития системы МЧС России до 2025 года я выяснил, что квадрокоптеры могут быть полезны в области контроля и устранения чрезвычайных ситуаций и происшествий на различных территориях, а именно:

- 1) При помощи квадрокоптеров можно производить мониторинг местности с появлением новых опасностей и угроз; вести контроль ситуации и контроль местности при аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работах. Так же квадрокоптеры будут способствовать оперативному проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в очагах поражения, зонах загрязнения (заражения) и катастрофического затопления;
- 2) Будут способствовать радиационной, химической и неспецифической биологической (бактериологической) разведке в зонах чрезвычайных ситуаций, очагах поражения, загрязнения (заражения).
- 3) Могут быть задействованы в предупреждении и тушении пожаров, в том числе локализации и ликвидации крупных лесных и торфяных пожаров;
- 4) В проведении мероприятий по первоочередному жизнеобеспечению пострадавшего населения, а именно: обеспечение транспортировки медикаментов и предметов первой необходимости. Зачастую во время стихийных бедствий до пострадавших тяжело добраться ввиду сложности ситуации, а с помощью специально оборудованного беспилотного устройства, можно переместить небольшое количество медикаментов до нужного места.

В последнее время квадрокоптеры находят применение именно в проведении планово-спасательных и экстренных ситуациях. В данном случае квадрокоптеры полезны при оказании помощи поисково-спасательным командам. Очень часто возникают трудности с поиском пострадавших, а иногда к пострадавшим очень сложно добраться. Наличие «виртуальных глаз» и «виртуальных ушей» может существенно расширить возможности спасателей и повысить шансы пострадавших на получение своевременной помощи [1].

После изучения теоретического материала по теме, я выяснил, что одним из отрицательных моментов использования квадрокоптера является то, что они расходуют большое количество энергии. Предлагаемые производителем аккумуляторы классифицируются по разным показателям, но самый важный показатель - это ёмкость аккумулятора, что подразумевает время работы квадрокоптера от зарядки до зарядки аккумулятора. Я проверил, что применяя аккумулятор ёмкостью 2000 мА/ч, среднее время полёта с таким аккумулятором без камеры и дополнительного оборудования составит 14 минут. При установке мною аккумулятора 1600 мА/ч. время полёта с камерой и дополнительным оборудованием составило 6 минут (приложение 1) [5].

Процесс изготовления и элементы приведены на рисунках 1-3

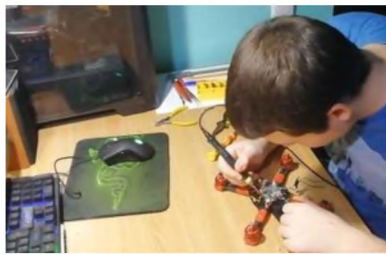


Рис. 1. Работа над квадрокоптером



Рис. 2. Проверка работы квадрокоптера



Рис. 3. Бортовая камера квадрокоптера

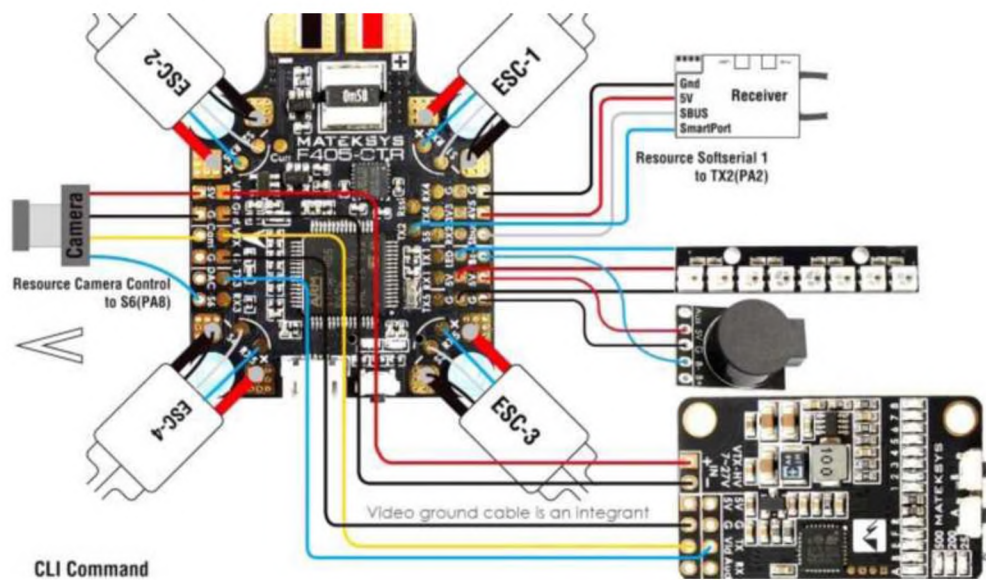


Рис. 4. Схема квадрокоптера

Во время полевых испытаний я заметил, что расход энергии аккумулятора зависит от характера полёта, а именно от нагрузки на электродвигатель. При резких порывах ветра рабочая нагрузка возрастает в 1,5 раза, что сокращает время полёта на пару минут, это я выявил благодаря показаниям с OSD-модуля. Также стоит учитывать вес, транспортируемый квадрокоптером, режим работы камеры и модуля передачи видеосигнала.

Чтобы увеличить время работы квадрокоптера до следующей зарядки, необходимо рассмотреть вариант комбинирования наземного передвижного комплекса (гусеничного или колёсного) с самим квадрокоптером [9]. Наземный передвижной комплекс доставит квадрокоптер до нужного места, которое необходимо контролировать или исследовать. При этом можно рассмотреть варианты с питанием квадрокоптера по кабелю либо с применением системы автоматической зарядки аккумулятора на платформе.

### Заключение

В последнее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получили большое распространение, в частности большую популярность набирают квадрокоптеры. Преимуществом квадрокоптера является то, что его конструкция достаточно простая и её можно собрать даже в домашних условиях, имея необходимые детали и инструменты (оборудование). Так же бесспорным преимуществом квадрокоптеров является то, что они обладают хорошей манёвренностью и относительно большой скоростью передвижения, при этом они могут передвигаться в воздушном пространстве и даже зависать в воздухе в одном положении практически на любой высоте, поэтому квадрокоптер можно использовать для изучения труднодоступной местности. Цель проекта достигнута, работа выполнена полностью. Изучены принципы управления квадрокоптером. Был проведен комплексный анализ, включающий теоретическое изучение вопроса и практическое. В ходе исследовательской работы были выяснены:

- 1) принципы работы таких устройств как акселерометр, гироскоп, барометр;
- 2) дополнительные свойства квадрокоптера, такие как видеосъемка;
- 3) принципы работы бесколлекторного двигателя.

Собрали свою модель квадрокоптера для изучения труднодоступной местности и получили опыт управления беспилотным летательным аппаратом.

Практическая значимость проекта заключается в сборке модели квадрокоптера и проведении ряда экспериментов по исследованию труднодоступной местности, проведен анализ результатов, сделаны выводы. Результаты проекта могут быть применены как в профессиональных сферах, так и в быту. При помощи данного квадрокоптера можно производить мониторинг местности с появлением опасностей и угроз; вести контроль ситуации и контроль местности при аварийно-спасательных и аварийновосстановительных работах.

#### Список литературы:

1. Фетисов В.С., Неугодникова Л.М., Адамовский В.В., Красноперов Р.А. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / под ред. В.С. Фетисова. Уфа, 2016. 346 с.
2. Ефимов В. и др. Програмируем квадрокоптер на Arduino (ч. 1) // Базовые понятия. Режим доступа : <https://habr.com/ru/post/227425/> (дата обращения 15.12.2019 г.).
3. Bresciani T. Modeling, identification and control of a quadrotor helicopter. Master thesis. Sweden, Lund: Lund University, 2008. 184 p.
4. Гребеников А.Г., Мяслица А.К., Парфенюк В.В. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: Справ. пособие. Харьков: Изд-во Харьковского ин-та, 2018. 377 с.
5. Ефимова М.Г. Конструкция и основные функциональные системы летательных аппаратов: Учеб. пособие. М.: МГТУГА, 2015. 52 с.
6. Корнилов В.А., Молодяков Д.С., Синявская Ю.А. Система управления мультикоптером. М., 2016. 512 с.
7. Гибридная система управления малыми беспилотными летательными аппаратами / А.И. Власов, Д.Е. Зотьева, В.С. Евдокимов, Г.Г. Ревзин, Д.В. Феоктистов // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 8. С. 15-24.
8. Антохин А.И. и др. Концепция системы стабилизации на базе МЭМС гироскопа // Наука и образование: электрон. науч.-техн. изд. 2011. № 10. С. 51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-sistemy-stabilizatsii-na-baze-mems-giroskopa>.
9. Неусыпин К.А., Фам С.Ф. Повышение степени управляемости летательного аппарата // Автоматизация. Современные технологии. 017. № 2. С. 21-25.