

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Мельцов Василий Юрьевич**

канд. техн. наук, доцент

**Шевяков Максим Александрович**

студент

**Куваев Алексей Сергеевич**

студент

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»

г. Киров, Кировская область

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ

**Аннотация:** в статье рассматриваются возможности использования летающих дронов с целью охраны, мониторинга, и обследования различных объектов и обеспечения безопасности людей. Описываются основные типы беспилотных четырёхроторных вертолётов (квадрокоптеров), способных реализовать обозначенные цели. Проанализированы особенности систем управления данными летательными аппаратами. Предложена структура квадрокоптера, обеспечивающая безопасность полета, удержание позиции в условиях помещения и улицы, а также уклонение от препятствий.

**Ключевые слова:** квадрокоптер, метод обратного обхода интегратора, кватернион, стабилизация, акселерометр, гироскоп, магнитометр.

*Актуальность применения беспилотных аппаратов.*

В настоящее время происходит автоматизация практически всех сфер человеческой деятельности с целью повышения производительности труда и ограждение людей от источников опасности. Однако автоматизация некоторых сфер еще только начинает развиваться либо совсем не развита.

Например, каждый день вертолет совершает облет газовой трубы с целью обнаружения утечек. Стоимость вертолета, топлива и его обслуживания довольно высока, к тому же существует риск падения вертолета с пилотом. Небольшой беспилотный летательный аппарат с заданным маршрутом облета и датчиком газа является более дешевым и надежным вариантом в данном случае. Кроме того, при его падении исключаются людские жертвы и аварии на газопроводе, так как вес аппарата незначителен.

Другими задачами для летающих дронов могут служить:

- поиск пропавших или заблудившихся людей;
- видеосъемка мероприятий с воздуха;
- охрана объектов;
- удаленный мониторинг и обследование опасных объектов;
- создание карт местности и планов зданий;
- транспортировка объектов на небольшие расстояния и т. д.

Таким образом, существует спрос на небольшие летательные аппараты, автоматически выполняющие какую-либо миссию, с целью обеспечения безопасности людей и значительного сокращения и времени, и стоимости подобных операций.

*Основные типы беспилотных аппаратов.*

Существуют несколько основных типов беспилотных летательных аппаратов. Самолеты имеют, обычно, большой размер и вес, длительное время полета, но низкие показатели маневрирования и необходимость использования взлетной полосы, а также подходят не для всех видов деятельности. Другой вид летательных аппаратов – вертолет. Он обладает преимуществом вертикального взлета, но его недостатком является большой размер основного пропеллера относительно корпуса, что создает опасность при использовании вблизи зданий и людей. Также недостатком является сложная система автомата перекося, что усложняет управление данным видом аппарата.

Существуют многороторные вертолеты, называемые трикоптерами, квадрокоптерами, гексакоптерами, в зависимости от количества роторов. Такие вертолеты обладают более высокой надежностью и возможностями маневрирования.

На сегодняшний день наиболее распространенной является конструкция с четырьмя винтами, она представлена на рисунке 1. Такой аппарат является более дешевым и доступным, но автоматическое управление и стабилизация полета являются нетривиальной задачей и требуют детального рассмотрения.

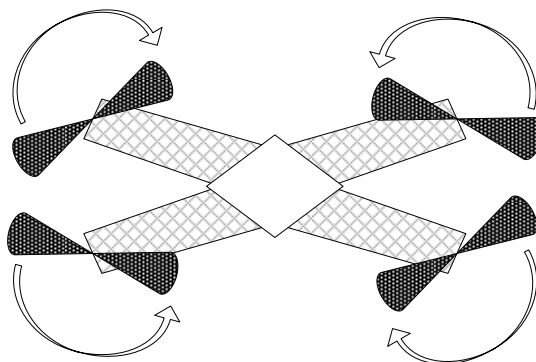


Рис. 1. Четырехроторный вертолет

#### *Особенности систем управления квадрокоптерами.*

Множество команд разработчиков занимаются данной тематикой, но в результате в коммерческих целях созданы только модули стабилизации многороторных систем удаленного управления без возможности полностью автоматического полета по заданному плану. Также данные системы не обеспечивают безопасности: лопасти вызывают ранения у людей, а падения из-за сгоревшего двигателя или отказавшего датчика заканчиваются травмами. Этого можно избежать, если ввести систему управления выброса парашюта и алгоритмы аварийной остановки двигателей.

Рассмотрим наиболее известные проекты по созданию беспилотных квадрокоптеров.

Команда разработчиков «The flying machine arena», Цюрих, Германия. Особенности: ориентация с помощью внешнего Kinect, удаленные вычисления дифференциальных уравнений движения и пересылка сигналов управления по WIFI,

удержание высоты и горизонта, полет по точкам в пределах видимости камеры. Недостатки: применим только для полётов в пределах видимости Kinect-камер и Wi-Fi.

Команда технического университета в Мюнхене, Германия. Особенности: в основу взят квадрокоптер Parrot AR.drone с открытым программным обеспечением, содержащий дальномер для измерения высоты, акселерометры, гироскопы, а также две видеокамеры. Для обработки данных с передней камеры необходимы сложные вычисления, для чего используется WIFI и ноутбук. Недостатки: неприменим на больших высотах и плохом освещении, а также вдали от ноутбука.

Модули управления мультикоптерами NAZA, компания DJI. Особенности: блок управления вертолетами с количеством винтов три, четыре, шесть или восемь, точное удержание высоты и горизонта, возврат к точке старта, удержание позиции. Недостатки: нет уклонения от препятствий, закрытое ПО.

Команда разработчиков компании КРОК, Россия. Особенности: все вычисления производятся на борту, облетает препятствия с помощью лидара, обнаруживает с помощью видеокамеры маркер взлета и посадки. Недостатки: высокая стоимость, низкая маневренность из-за большого веса, обусловленного тяжестью мощного устройства управления.

#### *Предлагаемое решение проблемы.*

Для того чтобы исправить указанные недостатки наиболее известных проектов, необходимо создать собственную систему стабилизации, обеспечивающую автономный полет и безопасность при отказах датчиков и двигателей с возможностью адаптации системы к различным назначениям.

Для решения всех вышеперечисленных проблем предлагается разработать устройство управления беспилотным четырехроторным вертолетом, обладающее следующими функциями:

– стабилизация углов наклона и поворота с автоматической настройкой коэффициентов регулятора и адаптацией под различные условия полета;

- удержание позиции в условиях помещения и улицы путем получения как локальных, так и глобальных координат;
- автоматический взлет и посадка, получение данных о высоте как над уровнем моря, так и над поверхностью;
- обнаружение и уклонение от препятствий;
- обеспечение безопасности летательного аппарата путем самодиагностики работоспособности двигателей как перед выполнением взлета, так и в полете, аварийное отключение двигателей, управление выбросом парашюта при отказе датчиков, двигателей, аккумулятора или всего устройства управления в воздухе;
- выполнение планов полета, состоящих из команд, полученных от наземной станции.

На данный момент разработана обобщённая структурная схема летательного аппарата (рис. 2). В системе можно выделить следующие блоки.

1. Навигационный блок – выполняет опрос основных датчиков, для получения навигационных данных, вычисление отклонения летательного аппарата от требуемого состояния и управляющих функций, подаваемых на двигатели.
2. Блок вычислений – получает данные от фронтальной и от нижней камеры, выполняет вычисление относительных координат путем сравнения изображений нижней камеры и общение с наземной станцией через радиомодули.
3. Наземная станция – получает навигационные данные и видео от блока управления, анализирует видеопоток для определения препятствий, отправляет команды управления летательным аппаратом.
4. Блок управления выбросом парашюта – является автономным относительно блока управления, служит для выброса парашюта при отказе датчиков, двигателей, блока управления или основного аккумулятора.

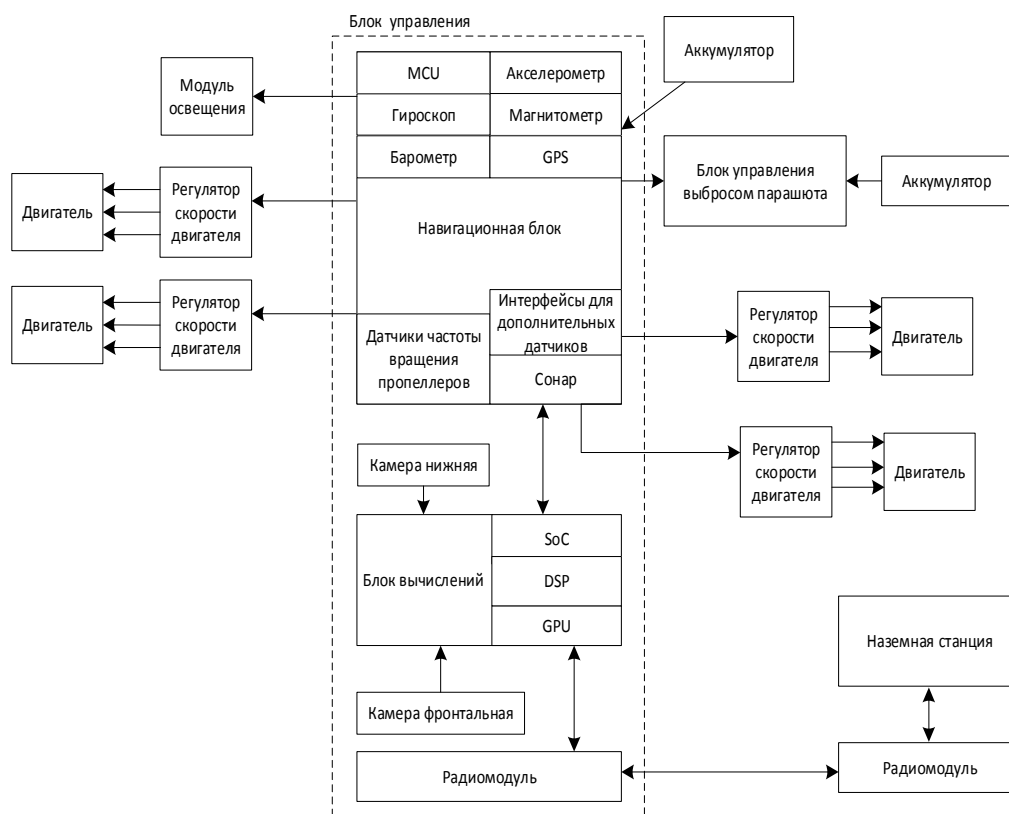


Рис. 2.

### Структурная схема квадрокоптера с блоком управления

Для стабилизации полета вертолета необходимо решить следующие задачи:

- определить углы наклона аппарата относительно поверхности земли, а также угол поворота относительно вертикальной оси, высоту над уровнем моря и над поверхностью, локальные и глобальные координаты;
- вычислить отклонение аппарата от требуемого состояния;
- вычислить значение функций управления, приводящих систему в требуемое состояние;
- подать управляющие сигналы на двигатели для компенсации отклонения.

Для определения углов наклона и направления необходимо использовать акселерометр, гироскоп и магнитометр, показания которых обрабатываются фильтром С. Мадгуика [2], на выходе которого получаем кватернион [1], характеризующий положение летательного аппарата относительно гравитационного поля Земли. Отклонение аппарата является разностью требуемого параметра от измеренного.

### *Заключение.*

В целом введение множества датчиков обеспечивает полноту навигационных данных (углы наклоны и поворота, высота над поверхностью и над уровнем моря, относительные и глобальные координаты), а, следовательно, лучшую устойчивость летательного аппарата в различных условиях. Предлагаемое решение, в первую очередь, обеспечит безопасность эксплуатации летательного аппарата с помощью подсистемы облета препятствий, а также путем выброса парашюта при отказах датчиков, двигателей или всего блока управления.

Применение как GPS-приемника, так и нижней видеокамеры позволит выполнять стабилизацию положения в условиях как хорошего сигнала от спутников, так и при его отсутствии (в помещении). Возможность установки дополнительных датчиков обеспечивает адаптируемость летательного аппарата к различным назначениям.

### *Список литературы*

1. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.
2. Sebastian O.H. Madgwick. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.samba.org/tridge/UAV/madgwick\\_internal\\_report.pdf](http://www.samba.org/tridge/UAV/madgwick_internal_report.pdf), свободный. (Дата обращения: 20.12.2014).