

Принцип автономной навигации беспилотного летательного аппарата на основе данных дистанционного зондирования Земли

М.А. Ковалев
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
kovalev@ssau.ru

В.А. Зеленский
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
vaz-3@yandex.ru

Д.Н. Овакимян
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
dd55@bk.ru

Т.В. Старостина
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
samara-tanya2000@mail.ru

Аннотация—Разработана структурная схема комплекса автономной навигации мультироторного беспилотного летательного аппарата, построенная с использованием инерциальных датчиков угловых скоростей, датчиков линейных ускорений, лидаров, магнетометра и барометра. Описаны типовые навигационные операции, на основе которых составлен алгоритм автономной навигации. Приведен пример построения маршрута движения мультироторного беспилотного летательного аппарата, использующего разработанную систему автономной навигации, в тестовом помещении. Предложен алгоритм работы комплекса автономной навигации.

Ключевые слова—Беспилотный летательный аппарат, система автономной навигации, алгоритм, структурная схема.

1. ВВЕДЕНИЕ

Малые беспилотные летательные аппараты (БПЛА) находят всё большее применение в научно-исследовательских и коммерческих проектах. С каждым днём этих летающих роботов становится всё больше и очевидно, что в будущем значение беспилотных систем будет возрастать. Поэтому создание надёжной, многофункциональной, универсальной платформы автопилотирования БПЛА является актуальной задачей, находящейся на стыке таких областей науки и техники, как электроника, приборостроение, информатика, техническое зрение и навигация.

Целью работы является разработка системы автономной навигации малого мультироторного БПЛА. В качестве такой системы предлагается использовать комплекс, включающий датчики различных физических величин, исполнительные устройства и вычислительные средства. В статье приведена структурная схема комплекса, а также разработан алгоритм его работы.

2. АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ БПЛА

Автономный полет БПЛА возможен при использовании в системе управления средств спутниковой навигации. Современная спутниковая

навигация основывается на использовании принципа беззапросных дальномерных измерений между навигационными спутниками и потребителем. Это означает, что потребителю передается в составе навигационного сигнала информация о координатах спутников. Одновременно (синхронно) производятся измерения дальностей до навигационных спутников. Способ измерений дальностей основывается на вычислении временных задержек принимаемого сигнала от спутника. Для осуществления навигации необходимо получать сигнал как минимум от трёх спутников (триангуляция). Навигационные сигналы таких спутниковых систем, как ГЛОНАСС, GPS, Galileo лежат в диапазоне частот 1100...1610 ГГц и также могут быть подавлены спецсредствами [1].

Таким образом, в условиях радиопротиводействия применяемые комплексы БПЛА могут оказаться непригодными для выполнения поставленных задач. Поэтому по-настоящему автономными БПЛА можно считать только те аппараты, которые оснащены системами навигации, не требующими сигналов извне.

Таким свойством обладает система навигации, построенная на основе принципов пассивной оптической навигации, получающая необходимую информации путем распознавания точек интереса на местности. В этом случае на получаемый с бортовой камеры фото/видео ряд накладываются цифровые фильтры. В бортовой компьютер поступает лишь информация о контрастных точках (чаще всего, это особенности рельефа), которые сравниваются с ожидаемым, заранее заложенным в память, эталонным изображением. К недостаткам данных систем навигации можно отнести необходимость предварительного получения снимков подстилающей поверхности и поддержания их в актуальном состоянии, а также трудности работы в условиях ограниченной видимости (в темное время суток и в сложных метеоусловиях).

Действительно автономную и лишённую перечисленных выше недостатков навигацию может обеспечить рассмотренная в данной статье система,

построенная на основе бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) [2].

3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСА АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ

Разрабатываемое устройство навигации предназначено для управления мультироторными БПЛА с возможностью вертикального взлёта и посадки. Перемещения мультироторного БПЛА в пространстве (рисунок 1) описывается шестью степенями свободы - три поступательные (x, y, z) и три вращательные (крен φ , тангаж θ , рысканье ψ). Для описания поступательного движения используется инерциальная система отсчёта, связанная с землёй, а для вращательного движения - система отсчёта, связанная с корпусом аппарата. В инерциальной системе ускорения мультироторного БПЛА определяются тягой двигателей П1, П2, П3, П4 и силой тяжести mg .

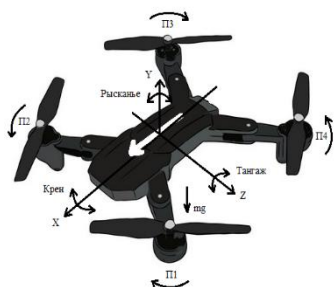


Рис. 1. Оси перемещения БПЛА и действующие на него силы

Перед полетом в постоянное запоминающее устройство системы управления БПЛА посредством внешнего интерфейса загружается полётное задание. Оно содержит последовательность операций с требуемыми значениями высоты, углов тангажа и рысканья.

Горизонтальные перемещения БПЛА выполняются исключительно вдоль оси X, при постоянном угле тангажа, равном 20° , и нулевом значении угла крена. При необходимости отклонения от прямолинейного движения, аппарат занимает горизонтальное положение (нулевые тангаж и крен) и выполняет требуемый поворот по оси рысканья Y, после этого продолжает прямолинейное движение. Данные условия перемещения мультироторного БПЛА в пространстве исключают движение вдоль оси Z и, соответственно, вращение по углу крена, тем самым упрощают алгоритм автономной навигации, повышая надёжность системы.

Как следует из анализа структурной схемы комплекса автономной навигации на рисунке 2, повышение точности измерения высоты полёта достигается за счёт комплексирования барометра и лазерного дальномера ЛД1. Для повышения точности определения курса датчик угловой скорости рысканья (ДУСР), контролирующей вращение вокруг оси Y, комплексирован с цифровым магнетометром, отслеживающим магнитный полюс земли. С целью повышения точности определения тангажа датчик угловой скорости тангажа (ДУСТ), который контролирует вращение вокруг оси Z, комплексирован с лазерными дальномерами ЛД1 и ЛД2 (в качестве ЛД1 и ЛД2 предлагается использовать малогабаритный лазерный дальномер [3]). Скорость

перемещения БПЛА определяется на основе анализа показаний датчиков линейных ускорений по осям X и Z, соответственно ДЛУX и ДЛУZ. Путём сравнения текущих значений курса, тангажа, высоты и скорости полета со значениями, соответствующими полетному заданию, формируются управляющие команды для моторов 1-4.

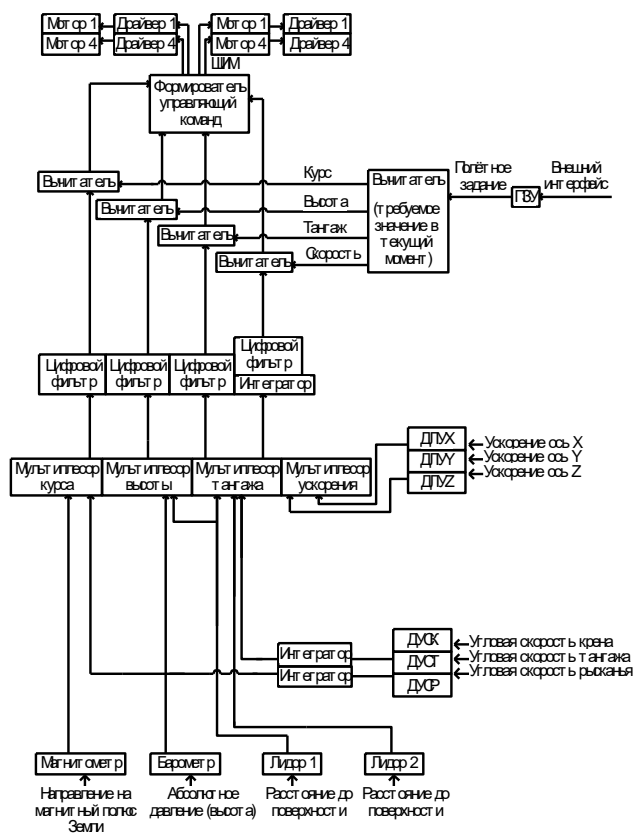


Рис. 2. Структурная схема комплекса автономной навигации БПЛА

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье представлена имеющая признаки новизны структурная схема и алгоритм работы системы автономной навигации малого БПЛА мультироторного типа. В комплексе автономной навигации применены датчики, основанные на различных физических принципах, что повышает его надёжность и функциональность. Проработан алгоритм преодоления препятствий БПЛА. Разработанная система автономной навигации может быть использована в условиях, в которых неспособны функционировать спутниковые навигационные системы, например, внутри крупных помещений (ангары, склады, стадионы) или в условиях радиоэлектронного противодействия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Костромичский, С.М. Создание эффективных помех системам глобальной навигации / С.М. Костромичский, А.А. Дятко, П.Н. Шумский // Базис. – 2019. – № 1(5). – С. 14-20.
- [2] Распопов, В.Я. Бесплатформенные системы ориентации и навигации на микромеханических чувствительных элементах / В.Я. Распопов, В.В. Матвеев. – Тула: Издательство Тульского государственного университета, 2008. – 21 с.
- [3] Цывильский, В.Л. Теоретическая механика: учебник для вузов / В.Л. Цывильский. – М.: Курс: НИЦ Инфра-М, 2014. – 368 с.