

Разработка алгоритмического обеспечения системы стабилизации высоты беспилотного летательного аппарата

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru,
Д. В. Лопаткин, М. С. Шобонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** Аннотация. В работе рассмотрено решение научно-технической задачи автоматизации полета беспилотного летательного аппарата типа конвертоплан в режиме стабилизации высоты. В качестве измерительной системы используется оптико-электронная система технического зрения. В качестве вычислительной платформы используется микрокомпьютер Jetson Nano, язык для разработки программного обеспечения – C++.*

***Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, вертикальный взлёт и посадка, стабилизация высоты, система технического зрения.*

Введение

В настоящее время в крупномасштабных боевых действиях и локальных вооруженных конфликтах для выполнения операций наиболее часто используются воздушные суда, которые действуют как в одиночном порядке, так и в составе групп самолетов, вертолетов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1, 2].

Техническая реализация пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов крайне сложна и во многом определяет их тактико-технические возможности и характеристики. И именно для решения задачи, от которой зависит увеличение области автономности применения боевых комплексов с беспилотными летательными аппаратами, и предстоит продолжать вести исследования в сфере разработки средств и схем обеспечения автоматического полета.

Темпы развития средств радиоэлектронной борьбы и успехи исследований и разработок в этом направлении сильно затрудняют возможность использования радиотехнических средств в целях осуществления режима маловысотного полета в военной авиации, поэтому создание и использование оптико-электронного комплекса,

осуществляющего режим маловысотного полета видится чрезвычайно актуальной задачей.

Радиотехнические системы маловысотного полета могут обеспечить полет на высоте десятки – сотни метров, причем ограниченной конфигурации. Предотвращение столкновения с землей или препятствиями обеспечивается только для больших высот ($t > 20$ сек), при этом маневр от столкновения совершается путем изменения высоты полета [3].

Предлагаемая оптоэлектронная система технического зрения предназначена для обеспечения автоматического полёта воздушного судна в режимах «стабилизация высоты», «висения» и «посадка» на неподготовленные площадки

Благодаря высокой измерительной точности система обладает следующими достоинствами:

автоматическая стабилизация предельно малых высот полета (0...10 м);

автоматическая посадка на необорудованные площадки;

автоматическое огибание рельефа;

устойчивая работа в условиях радиоэлектронных помех.

1. Работа системы

Работа системы осуществляется в трёх режимах:

режим стабилизации высоты.

режим посадки;

режим висения.



Рис. 1. Схема работы системы стабилизации высоты

Режим стабилизации высоты обеспечивает автоматический полёт на заданной высоте.

Режим посадки обеспечивает автоматическую посадку на необорудованные площадки.

Режим висения обеспечивает автоматическую стабилизацию высоты при нулевой скорости.

Для полета в режиме стабилизации высоты в автоматическом режиме предлагается использовать оптоэлектронную систему [1], включающую: комплект одного лазерного инфракрасного излучателя диапазона 1,55 мкм; бортовую цифровую фотокамеру диапазона 0,9...1,7 мкм с вариообъективом (объектив с изменяемым фокусным расстоянием) и узкополосным (1,55 мкм) фильтром; цифровой вычислитель с алгоритмическим обеспечением, позволяющим осуществлять поиск, захват, распознавание и сопровождение ИК-ориентира.

Алгоритм работы системы основан на следующей последовательности действий [4]:

- обработке изображения подстилающей поверхности и определении координат точек, связанных с очертаниями рельефа местности на фоточувствительной матрице цифровой фотокамеры;

- вычислении координат точек рельефа относительно БПЛА;

формирования безопасной траектории полета (заданной);
вычислении отклонения текущего положения от заданного, с последующим формированием управляющих воздействий в каналах системы автоматического управления.

Здесь же следует отметить, что наиболее приемлемым для работы в ночных и сложных метеоусловиях является диапазон 1,55 мкм, в этом случае работа системы может быть существенно улучшена применением подсветки посредством импульсного лазера с широким пучком излучения, синхронизированного с фотоэкспозицией фотокамеры.

Важной составляющей при решении этой задачи является алгоритмическое обеспечение системы технического зрения, основанное на решении задачи счисления координат ВС по видеопоследовательностям изображений земной поверхности, а также реализация метода динамической триангуляции. Последнее обстоятельство обеспечивает съем 3-D рельефа подстилающей поверхности, что открывает возможность реализации корреляционно-экстремального метода навигации при наличии цифровых карт.

В качестве вычислительной платформы был выбран микрокомпьютер Jetson Nano. Представляя собой модуль размером 70 мм x 45 мм, данное устройство является самым компактным устройством в своей линейке.

2. Разработка программного обеспечения

При разработке требуемого программного обеспечения были выдвинуты следующие принципы, которых необходимо придерживаться для достижения поставленных целей:

- контроль за использованием программой памяти;

- контроль за использованием программой вычислительных ресурсов микрокомпьютера;

- прямое управление устройством видеокамеры;

- свобода в выборе возможных к использованию паттернов программирования в рамках одной программы, в том числе для разных программных модулей.

В связи с тем, что основной задачей на данный момент считается работа с видеокамерой и обработка изображений, полученных с её помощью, выбор языка программирования осуществлялся из списка языков, которые наиболее часто используются в данной научной области, а именно из Python и C++. Другие языки хоть и имеют уже реализованные необходимые библиотеки либо биндинги к ним, но при этом достаточно непопулярны и в будущем возможна проблема с поддержкой кода в связи с недостатком в квалифицированных кадрах,

обладающих требуемыми знаниями конкретных языков и имеющих необходимые умения [3].

Сперва кажущаяся сложность в написании программ на C++ и высокий порог вхождения компенсируются обширными возможностями, которые предоставляет язык и средства разработки на нем.

Реализованный программный продукт на данный момент работает в 4 этапа:

1. Получение изображения с видекамеры и предварительная его обработка.
2. Нахождение на подготовленном изображении инфракрасной метки летательного аппарата.
3. Вычисление текущего значения высоты.
4. Вычисление управляющего сигнала для передачи на автопилот, необходимого для стабилизации заданной высоты.

Про первый и второй пункты стоит упомянуть, что выполнение данных задач происходит с использованием такой библиотеки как OpenCV, которая предоставляет обширный набор функций, реализующих оптимизированные алгоритмы для обработки изображений, а также алгоритма субпиксельной обработки, который позволяет определять центр изображения инфракрасной метки с точностью $1/200$ пикселя.

Заключение

Для практической реализации системы разработано алгоритмическое и программное обеспечение, создан экспериментальный образец БПЛА типа квадрокоптер, произведены наземные и лётные испытания системы на режимах взлёта, висения и посадки, изображенные на рисунке 2.

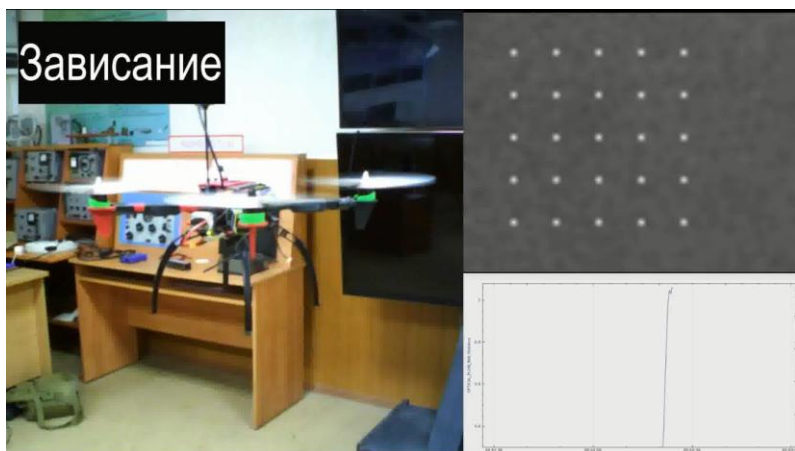


Рис. 2. Экспериментальный образец системы

Режим стабилизации высоты обеспечивает автоматический полёт на заданной высоте. Результаты исследований показали, что система обеспечивает заданную точность

Список литературы

Книги 1, 2, 3 автора:

1. Бондарев В. Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Монгуш Д. С. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана СОМ-93. XVII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы», 14-15 февр. 2019 г.: / редкол.: А. В. Борисов [и др.]. – Воронеж: ВГУ, 2019. – Т. II. – С. 306-311.

2. Верба В.С. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. Кн. 1. Принципы построения и особенности применения комплексов с БЛА. Монография. – М.: Радиотехника, – 2016. – 512 с.

3. Молчалов А.С. Иконические системы воздушной разведки. Основы построения, оценка качества и их применение в комплексах с БЛА / Молчалов А.С., Абрамов Д.В. – Волгоград: Панорама, – 2017. С. 45-62.

4. Пат. 2626017 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/46. Способ навигации подвижного объекта [Текст] / Кудяев А.Н., Косенко А.А., Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Озеров Е.В., Лопаткин Д.В. (РФ);

заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». – № 2016130484;
заявл. 25.07.16. – 7 с.