

Выбор платформы для разработки программного обеспечения исследовательского БПЛА

Дехтяр А.А., Краснокутский В. А.

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк)
кафедра «Интеллектуальных систем и программирования»
E-mail: ar.dehtiar@gmail.com, vladimir.krasnokutskiy@gmail.com

Аннотация

В статье представлен комплексный анализ программно-аппаратной платформы SpeedyBee для создания исследовательского беспилотного летательного аппарата. Проведено сравнительное исследование с альтернативными решениями, обоснован выбор SpeedyBee как оптимального инструмента для образовательных и научных проектов. Рассмотрены архитектура системы, функциональные возможности для ручного и автономного управления, методы настройки PID-регуляторов и планирования миссий.

Введение

Современные образовательные и исследовательские проекты в области БПЛА требуют не только глубоких теоретических знаний, но и практических инструментов для быстрой реализации функциональных прототипов. Разработка программного обеспечения с нуля сопряжена со значительными временными затратами и требует узкоспециализированных знаний в области встроенных-систем. В данной работе предлагается подход, основанный на использовании готовой программно-аппаратной платформы SpeedyBee, что позволяет сконцентрироваться на решении прикладных исследовательских задач.

Анализ программных платформ для управления БПЛА

В рамках разработки программного обеспечения исследовательского БПЛА проведен сравнительный анализ доступных программных решений для настройки и управления полетными контроллерами. Рынок предлагает несколько категорий программных продуктов, каждый из которых обладает уникальными характеристиками и целевой аудиторией.

SpeedyBee представляет собой интегрированное решение, сочетающее мобильное приложение и desktop-конфигуратор. Его ключевым преимуществом является универсальность – поддержка как прошивки Betaflight, ориентированной на FPV-полеты и высокую маневренность, так и INAV, разработанной для автономных миссий и стабильных полетов. Приложение предлагает интуитивный интерфейс для настройки PID-регуляторов, калибровки датчиков и мониторинга телеметрии в реальном времени. Особого внимания заслуживает функция визуального планирования миссий, позволяющая создавать сложные маршруты с помощью простого графического интерфейса.

Одним из наиболее распространённых является официальное приложение Betaflight Configurator, которое обеспечивает кроссплатформенную совместимость с iOS и Android. Это решение предлагает стабильную работу и прямой доступ ко всем функциям прошивки Betaflight, однако обладает менее развитым интерфейсом и ограниченными возможностями для автономных полётов.

Для пользователей, работающих исключительно с прошивкой INAV, оптимальным выбором становится INAV Configurator Mobile. Это специализированное решение предоставляет полный контроль над настройками автономных полетов, включая сложные миссии и работу с GPS-навигацией. Приложение ориентировано на серьезные исследовательские задачи, но требует более глубокого понимания принципов работы автономных систем.

Универсальным решением выступает приложение Eflight, поддерживающее обе популярные прошивки – Betaflight и INAV. Этот вариант подходит для исследовательских групп, использующих различные конфигурации БПЛА, поскольку позволяет работать с разными типами полетных контроллеров в рамках единого интерфейса. Однако такая универсальность достигается за счет некоторого упрощения функциональности по сравнению со специализированными решениями.

Отдельную категорию представляют профессиональные инструменты типа Mission Planner и QGroundControl, которые изначально разрабатывались для сложных автономных систем типа ArduPilot и PX4. Эти платформы предлагают расширенные возможности для научных исследований, включая продвинутое планирование миссий, глубокий анализ телеметрии и работу с дополнительными устройствами. Однако их освоение требует значительных временных затрат и специальных знаний.

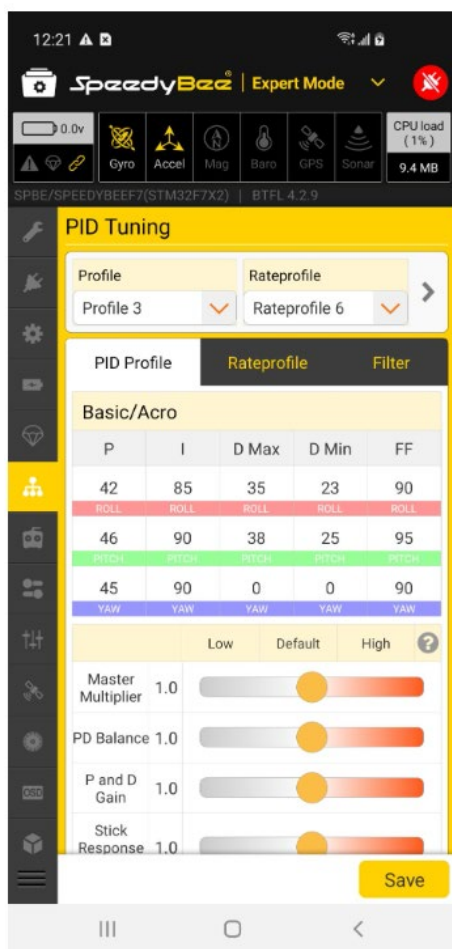
В контексте образовательных и исследовательских задач SpeedyBee демонстрирует оптимальный баланс между функциональностью и простотой освоения. Интеграция с популярными полетными контроллерами, включая SpeedyBee F405 V3, обеспечивает надежную работу без необходимости сложной настройки совместимости. Развитое сообщество пользователей и регулярные обновления делают эту платформу перспективным выбором для академических проектов, где важны как возможности кастомизации, так и доступность для студентов с разным уровнем подготовки.

Платформа для разработки

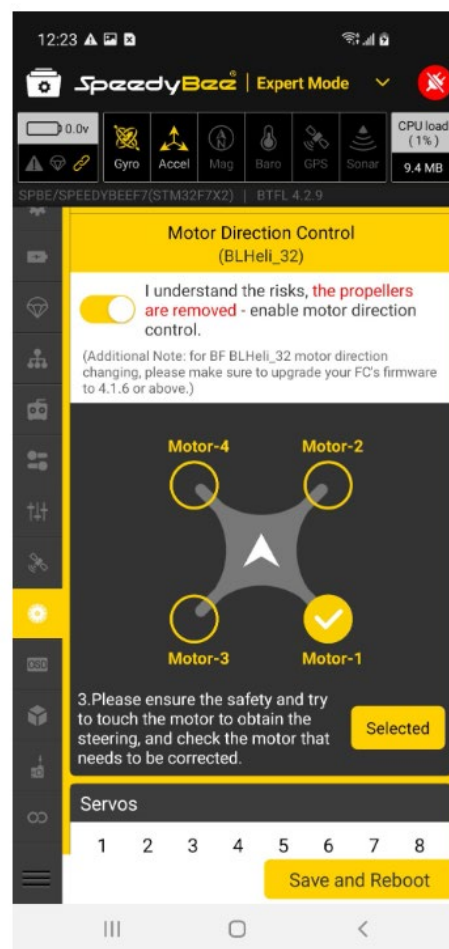
Выбор платформы SpeedyBee, в качестве основы для разработки исследовательского БПЛА обусловлен её комплексным характером. Платформа представляет собой целостную экосистему, включающую в себя полетные контроллеры, периферийные устройства, а также специализированное программное обеспечение

для их конфигурации и управления. Ключевыми программными компонентами являются кроссплатформенные настольные приложения для тонкой настройки параметров, прошивки контроллеров и планирования миссий, и SpeedyBee App – мобильное решение для мониторинга телеметрии и работы в полевых условиях. Аппаратная часть, включающая такие компоненты, как полетный контроллер, GPS-модули и набор датчиков, обеспечивает необходимую гибкость и производительность.

Для исследовательских задач критически важны такие преимущества, как интуитивный интерфейс, значительно сокращающий время освоения системы, и встроенный визуальный планировщик миссий, который упрощает проектирование автономных маршрутов. Возможности расширенной телеметрии с записью полетных данных и поддержка популярных прошивок, таких как Betaflight и INAV, предоставляют разработчикам широкое поле для экспериментов и модернизации. Интерфейс приложения представлен на рис. 1.



Вкладка PID



Направление двигателя

Рисунок 1 – Интерфейс приложения SpeedyBee

Процесс взаимодействия начинается с установки беспроводного соединения между приложением SpeedyBee и полетным контроллером F405 V3. При запуске приложения происходит автоматическое сканирование доступных устройств через Bluetooth или Wi-Fi. Пользователь выбирает свой контроллер из списка обнаруженных устройств, после чего устанавливается стабильное соединение с двусторонним обменом данными.

После успешного подключения пользователь получает доступ к основной панели управления, где в реальном времени отображается ключевая телеметрия:

- Уровень заряда батареи с прогнозом оставшегося времени полета
- Количество спутников GPS и точность позиционирования
- Текущая высота, скорость и дистанция от точки взлета
- Статус всех критических систем (моторы, датчики, связь)

В разделе PID-настроек пользователь может тонко регулировать поведение коптера: стабильность полета, отзывчивость управления, демпфирование вибраций.

Каждое изменение параметров применяется мгновенно, позволяя тестировать настройки в реальном времени.

Через интуитивный интерфейс переключения режимов пользователь назначает различные сценарии полета на физические переключатели пульта дистанционного управления, такие как: стабилизация (ANGLE), акробатический (ACRO), GPS удержание, возврат домой.

Так же возможно создание сложных полётных заданий через визуальный

планировщик маршрутов. Данный планировщик позволяет осуществлять расстановку точек маршрута простым касанием на карте, настройку высоты и скорости для каждого сегмента полета, программирование действий в точках (съёмка, зависание), визуализацию полного пути с расчетом времени и расхода батареи.

Интерфейс предоставляет расширенную диагностику в реальном времени (см. рис. 2):

- Графики нагрузки на процессор и задержек управления
 - Мониторинг температуры компонентов
 - Анализ качества радиосвязи и предупреждение о помехах
 - Журнал событий с временными метками
 - Система предупреждений и защит
- Активная система безопасности постоянно отслеживает:
- Критический разряд батареи с автоматическим предупреждением
 - Потерю GPS сигнала и ухудшение позиционирования
 - Превышение безопасных параметров полета
 - Автоматическую активацию аварийных процедур

Для тренировки пилотов интерфейс предлагает встроенный симулятор полета с виртуальным коптером, пошаговые руководства по настройке, визуальные подсказки для сложных маневров, систему достижений и прогресса обучения.

После каждого полета доступен детальный анализ. Воспроизведение полета по записи телеметрии, выявление аномалий в работе систем, сравнение эффективности разных настроек, генерация отчетов для исследовательских целей.

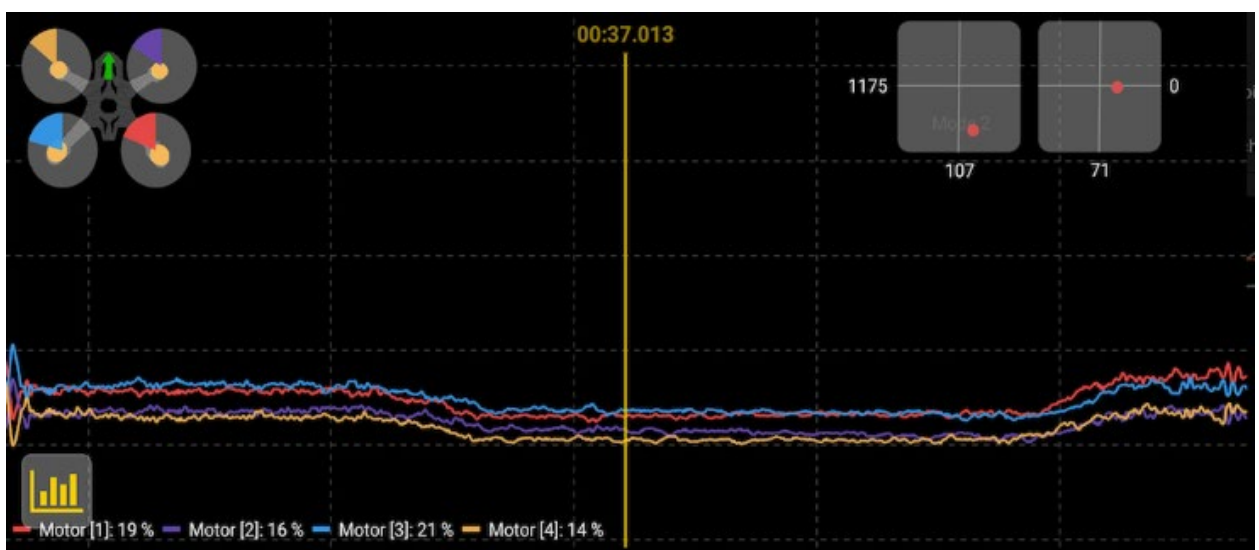


Рисунок 2 – Интерфейс приложения SpeedyBee для диагностики работы двигателей

Весь интерфейс построен по принципу прогрессивного раскрытия — начинающие пользователи видят только основные элементы управления, в то время как опытные операторы получают доступ к расширенным настройкам и инструментам анализа, что делает систему одинаково удобной для пользователей любого уровня подготовки.

Программная реализация

Реализация программного комплекса на базе SpeedyBee предполагает построение архитектуры управления БПЛА, состоящей из наземного и бортового сегментов, взаимодействующих по беспроводным каналам связи. Наземный сегмент, представленный Configurator и Mobile App, служит для управления, мониторинга и планирования, в то время как бортовой сегмент на базе контроллера отвечает за непосредственное выполнение полетных заданий и сбор данных с датчиков.

Функциональные возможности разрабатываемого комплекса охватывают три ключевых направления. Первое – это обеспечение гибкого управления и обучения, реализуемое через настройку многорежимности. Для начинающих операторов предусмотрен стабилизированный ANGLE-режим, тогда как для оттачивания профессиональных навыков доступен ручной ACRO-режим. Важным элементом безопасности является функция «Rescue», позволяющая в автоматическом режиме восстановить контроль над аппаратом в нештатной ситуации и автономно вернуть его к стартовой точке полёта.

Второе направление – автоматизация полетов. Благодаря интеграции GPS-навигации становится возможным точное позиционирование и удержание точки. Визуальный планировщик миссий позволяет строить сложные маршруты, программировать автоматические взлет и посадку, а также задавать точки интереса (POI) для выполнения специализированных сценариев, таких как аэрофотосъемка или мониторинг территории.

Третье направление ориентировано на исследовательскую деятельность и включает сбор и анализ данных. Система способна логировать полетные параметры с высокой частотой дискретизации – до 1 кГц, с последующим экспортом в формате CSV для углубленной обработки в специализированных программных средах. Это открывает возможности для анализа эффективности алгоритмов стабилизации, оценки точности навигации и проведения других научных изысканий.

Оценка эффективности предложенного подхода проводится по результатам серии функциональных тестов. В их число входят проверка точности удержания позиции в режиме

GPS Hold, измерение отклонения от заданного маршрута при автономном полете и оценка стабильности работы системы в различных условиях. Критериями успешности реализации считается стабильное выполнение автономных миссий с отклонением не более 2 метров, способность системы к адаптации под различные исследовательские сценарии и удобство её использования для операторов с разным уровнем подготовки.

Выводы

Перспективы развития созданной системы состоят в расширении их функциональных возможностей. Наиболее интересными направлениями представляются интеграция компьютерного зрения для обеспечения навигации в условиях отсутствия сигнала GPS, например, внутри помещений, а также реализация роевых алгоритмов (swarm) для организации группового взаимодействия нескольких БПЛА. Дополнительный потенциал кроется в разработке специализированных плагинов, расширяющих стандартный функционал платформы SpeedyBee под конкретные исследовательские задачи.

Таким образом, использование платформы SpeedyBee позволяет создать эффективный, гибкий и доступный инструмент для исследований и образования в области беспилотных технологий. Модульность и открытость платформы не только решают задачу быстрого развертывания функционального прототипа, но и обеспечивают значительный потенциал для его дальнейшего развития и адаптации под новые вызовы.

Литература

1. Силаев, А. А. Разработка алгоритма по дистанционному управлению беспилотными объектами [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/40/4859>
2. Betaflight, INAV или ArduPilot [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.mepsking.shop/blog/betaflight-ardupilot-inav-fc-firmware.html>
3. Полетные контроллеры Mateksys [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://electrobattery.ru/blog/blog/poletnye-kontrollery-mateksys/>
4. Руководство по настройке и калибровке MPU6050 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.instructables.com/MPU6050-Setup-and-Calibration-Guide>.
5. RCDetails Blog [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://rcdetails.info/mobilnye-prilozheniya-dlya-betaflight-cleanflight-i-inav-pod-ios-android/>
6. Воронков, И. И. Принципиальные электрические схемы для управления БПЛА

[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primer-realizatsii-radioelektronnoy-sistemy-bespilotnogo-letatel'nogo-apparata/viewer>.

7. Гончаренко, В. И. Информационная система непрерывного контроля безопасности полета группы воздушных судов при их сближении / В. И. Гончаренко, Г. Н. Лебедев, Д. А. Михайлин, Г. Ф. Хахулин // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2018. - № 2. - С. 117-121.

8. Воронков, Ю. С. Миниатюрные беспилотные летательные аппараты и особенности их создания [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=33398>

9. Овчаренко, В. Н. Аэродинамические характеристики летательных аппаратов: идентификация по полетным данным. - М.: ЛЕНАНД, 2019. - 236 с.

10. Пушков, С. Г. Методы определения скорости ветра при проведении летных испытаний авиационной техники с применением спутниковых навигационных систем / С. Г. Пушков, Л. Л. Ловицкий, О. Н. Корсун // Мехатроника, автоматизация, управление, 2013. - № 9. - С. 65–70.

11. Харьков, В.П. Дискретно-непрерывный алгоритм определения высотно-скоростных параметров полета ЛА // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии, 2019. - № 1. - С. - 330–333.

Дехтяр А.А., Краснокутский В. А. Выбор платформы для разработки программного обеспечения исследовательского БПЛА. В статье представлен комплексный анализ программно-аппаратной платформы SpeedyBee для создания исследовательского беспилотного летательного аппарата. Проведено сравнительное исследование с альтернативными решениями, обоснован выбор SpeedyBee как оптимального инструмента для образовательных и научных проектов. Рассмотрены архитектура системы, функциональные возможности для ручного и автономного управления, методы настройки PID-регуляторов и планирования миссий.

Ключевые слова: БПЛА, полетный контроллер, GPS, программное обеспечение, SpeedyBee, стабилизация.

Dekhtyar A.A., Krasnokutsky V. A. Choosing a platform for developing software for a research UAV. The article presents a comprehensive analysis of the SpeedyBee hardware and software platform for creating a research unmanned aerial vehicle. A comparative study with alternative solutions has been conducted, and the choice of SpeedyBee as the optimal tool for educational and scientific projects has been substantiated. The architecture of the system, functionality for manual and autonomous control, methods for configuring PID controllers and mission planning are considered.

Keywords: UAV, flight controller, GPS, software, SpeedyBee, stabilization.

Статья поступила в редакцию 20.09.2025
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.