

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Суворов Егор Сергеевич

«Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов в зоны ЧС»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ЭТиКТ,
канд. техн. наук

Таштай Е.Т.

« 29 » мая 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА


На тему: «Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов
в зоны ЧС»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Выполнил
Рецензент
КТН, ассоц.проф
КазНАИу

 Токмолдаев А.Б.
« 19 » мая 2024 г.

Суворов Е.С.
Научный руководитель
канд. техн. наук

 Дараев А.М.
« 23 » мая 2024 г.



Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering



ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Суворов Егор Сергеевич

Тема: «Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов в зоны ЧС».

Утверждена приказом Ректора Университета № 548 П/О от «4» декабря 2023 года.

Срок сдачи законченной работы «30» апреля 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

5. Гибрид VTOL

- Взлётный вес: до 15кг
- Полезная нагрузка: 2 кг
- Время полёта: до 3 часов
- Скорость полёта: от 0 км/ч в режиме VTOL, до 90км/ч в самолётном режиме
- Взлёт/посадка: вертикально
- Высота полёта: 0 — 4800м, при полной загрузке до 3000м
- Рабочие частоты: 900МГц, 1,2ГГц, 2,4ГГц, 5,8ГГц
- Системы спутникового позиционирования: GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU,

GALILEO

- Размер площадки для взлёта/посадки: 5x5м
- Размах крыла: 2500мм

- Количество двигателей: 5
- Тип двигателей: электрические бесколлекторные 3-х фазные тип BLDC
- Мощность на взлете в режиме VTOL: 3000Вт
- Мощность в горизонтальном полёте: 500Вт
- Управление: полуавтоматическое, автоматическое (взлёт/посадка, полёт по маршруту)
 - Планирование маршрута: через ПК с использованием модема
 - Точность позиционирования — до 0,6м.
 - Программное обеспечение: Ardupilot, QGroundControl

Краткое содержание к дипломной работе:

а) Методы изготовления БПЛА VTOL.

б) Выбор и расчет ВМГ – Винтомоторной группы, для маршевого тягового двигателя полета и навигации.

в) Алгоритмы программы полетного контроллера БПЛА, для маршевого двигателя ВМГ. Системы управления гибридного БПЛА и создание их модели на MATLAB/Simulink модели

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 10-15 слайдов презентации работы.

1. Общий вид гибридного БПЛА VTOL.
2. Структурная схема гибридного БПЛА VTOL
3. Принципиальная электрическая схема управления гибридного БПЛА VTOL

Список литературы:

1. Howe, Scott. "German Researchers See Regional Drone Delivery as a Key to Urbanization." Commercial UAV News, 28 July 2023, <https://www.commercialuavnews.com/europe/german-researchers-see-regional-drone-delivery-as-a-key-to-urbanization>

2. Л. Аврилле, Т. Танзи, Ж.Л. Дугелай, «Автономные дроны для помощи спасательным службам в условиях стихийных бедствий». Генеральная ассамблея и научный симпозиум (URSI GASS), XXXI URSI, 2014 г., с тр. 1–4, август 2014 г.

5. Цепляева Т.П., Морозова О.В. Этапы развития беспилотных летательных аппаратов. М., «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии», № 42, 2009.

28. Сайт www.micropilot.com.

29amazon Prime Air prepares for drone deliveries - <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazon-prime-air-prepares-for-drone-deliveries>

30. Countering rogue drones. – FICCI Committee on Drones, EY, 2018 – 31 с.



ГРАФИК


подготовки дипломной работы (проекта)

| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю | Примечание |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| Описание гибридного БПЛА VTOL | 10.01.2024 - 20.01.2024 г. | Отчет – не менее 5-10 стр и 1-2 слайда |
| Разработка системы управления гибридным БПЛА VTOL | 20.01.2024-10.03.2024 г. | Отчет не менее 5-10 стр , 1-2. |
| Разработка системы управления, гибридным БПЛА VTOL для маршевого двигателя полета и навигации. | 11.03.2024 - 28.04.2024 г. | Отчет не менее 10 стр . 3-5 слайдов 5 |
| Заключение | 01.04.2024 - 30.04.2024 г. | Отчет не менее 1 стр , 10 слайд |


Подписи


консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименования разделов | Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Основная часть | Ассоциированный профессор, кандидат технических наук Дараев А.М. | 20.05.2024 |  |
| Нормоконтролер | Ассистент: Акылжан Перизат | 31.05.2024 |  |

Научный руководитель  Дараев А.М.

Рецензент

КТН, ассоц.проф., Казахский национальный аграрный исследовательский университет  Токмолдаев А. Б.

Задание принял к исполнению обучающийся  Суворов Е.С.

Дата «25» июн 2024 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа на тему «Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов в зоны ЧС», текст представлен на 33 страницах, содержит 12 рисунков и 10 формул. Во введении описывается актуальность проблемы. В первой главе представлен обзор VTOL систем. Во второй главе пошагово описывается проектирование VTOL. Третья глава представлена как аэродинамический анализ. В четвертой главе описывается применение и перспективы развития. В заключении подводятся итог дипломной работы.

АНДАТПА

"ТЖ аймақтарына жүктерді жеткізу үшін VTOL гибриді ұшқышсыз ұшу аппаратын жобалау" тақырыбындағы дипломдық жұмыс, Мәтін 33 бетте ұсынылған, 12 сурет пен 10 формуладан тұрады. Кіріспеде мәселенің өзектілігі сипатталған. Бірінші тарауда VTOL жүйелеріне шолу жасалады. Екінші тарауда VTOL дизайны кезең-кезеңімен сипатталады. ҮШІНШІ ТАРАУ аэродинамикалық талдау ретінде ұсынылған. Төртінші тарауда қолдану және даму перспективалары сипатталған. Қорытындысында дипломдық жұмыстың қорытындысы шығарылады.

ANNOTATION

Thesis on the topic "Designing a hybrid unmanned aerial vehicle VTOL for the delivery of goods to emergency zones", the text is presented on 33 pages, contains 12 drawings and 10 formulas. The introduction describes the relevance of the problem. The first chapter provides an overview of VTOL systems. In the second chapter, the VTOL design is described in stages. The third chapter is presented as an aerodynamic analysis. The fourth chapter describes the application and development prospects. In conclusion, the results of the thesis are summarized.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 8 |
| 1 Обзор VTOL систем | 9 |
| 1.1 Анализ принципов работы VTOL, полет и управление | 9 |
| 1.2 Обзор моделей VTOL, представленных на рынке | 11 |
| 2 Проектирование VTOL | 16 |
| 2.1 Силовая установка, выбор маршевого двигателя | 16 |
| 2.2 Теоретический и практический расчёт маршевого двигателя | 18 |
| 2.3 Силовая установка, выбор вертикальных двигателей | 19 |
| 2.4 Теоретический и практический расчёт вертикальных электродвигателей | 20 |
| 2.5 Аэродинамические особенности конструкции БПЛА | 22 |
| 2.6 Электропитание, выбор аккумуляторов | 24 |
| 2.7 Управление энергоснабжением | 26 |
| 2.8 Расчёт аккумулятора | 27 |
| 2.9 Системы управления и навигации | 29 |
| 3 Аэродинамический анализ | 34 |
| 3.1 Теоретический анализ | 34 |
| 3.2 Результаты моделирования | 34 |
| 3.3 Аэродинамические расчеты | 35 |
| 4 Применение и перспективы развития | 37 |
| 4.1 Коммерческое применение | 37 |
| 4.2 Возможности дальнейших исследований | 38 |
| Заключение | 40 |
| Список использованной литературы | 41 |

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стремительно развиваются, открывая новые возможности для их применения в различных областях. Одним из наиболее перспективных направлений является использование гибридных БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой (VTOL). Эти аппараты сочетают в себе преимущества вертолетов и самолетов, обеспечивая высокую маневренность и возможность взлета и посадки на ограниченных площадках. Данная технология может быть применена для экстренной доставки грузов в зоны чрезвычайных ситуаций (ЧС). В таких условиях традиционные средства доставки могут быть неэффективными или даже невозможными из-за разрушенной инфраструктуры, неблагоприятных погодных условий или других факторов. Гибридные VTOL БПЛА способны преодолевать эти препятствия, обеспечивая оперативную доставку необходимых грузов, таких как медикаменты, продовольствие и оборудование, в самые труднодоступные районы. Основной целью данной дипломной работы является разработка и анализ конструкции гибридного VTOL БПЛА, способного эффективно выполнять задачи по доставке грузов в условиях чрезвычайных ситуаций. В рамках исследования будут рассмотрены различные подходы к проектированию, выбор силовых установок, аэродинамические характеристики, а также системы управления и навигации.

Предмет проектирования – беспилотный летательный аппарат VTOL конфигурации с 4 вертикальными двигателями и 1 маршевым.

Результаты данного исследования могут быть использованы для создания прототипов и дальнейшего совершенствования VTOL БПЛА, что позволит значительно повысить эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации и обеспечить своевременную доставку необходимых ресурсов в пострадавшие районы.

1 Обзор VTOL систем

1.1 Анализ принципов работы VTOL, полет и управление.

VTOL (Vertical Take-Off and Landing) — это технология, позволяющая летательным аппаратам взлетать и садиться вертикально, что делает их особенно полезными в условиях ограниченного пространства или в труднодоступных районах. Такие аппараты не нуждаются в традиционных взлетно-посадочных полосах, что расширяет их применение в городской среде, на судах и в зонах чрезвычайных ситуаций. Основные характеристики VTOL включают вертикальный взлет и посадку, что позволяет аппарату использовать ограниченные площадки и адаптироваться к различным условиям. Высокая маневренность VTOL систем обеспечивается благодаря возможности управления в трехмерном пространстве, что делает их идеальными для выполнения сложных задач, требующих точного позиционирования.

Принципы работы VTOL систем основаны на способности аппарата взлетать и садиться вертикально, а затем переходить в режим горизонтального полета. Вертикальный взлет и посадка обеспечиваются за счет создания подъемной силы, направленной вертикально вверх. Для взлета используются электродвигатели роторы, которых создают подъемную силу путем вращения лопастей. При запуске двигателя роторы начинают вращаться, создавая восходящий воздушный поток. В мультикоптерах, таких как квадрокоптеры, роторы работают в паре, причем противоположные роторы вращаются в разные стороны (часовой и против часовой стрелки). Это позволяет уравновесить моменты, создаваемые каждым ротором, и предотвращает вращение всего аппарата вокруг своей оси. Увеличение скорости вращения роторов увеличивает подъемную силу, поднимая аппарат в воздух.

Поворот вокруг вертикальной оси (yaw), достигается за счет изменения скорости вращения противоположных роторов. Например, для поворота вправо скорость вращения роторов, вращающихся по часовой стрелке, увеличивается, а скорость роторов, вращающихся против часовой стрелки, уменьшается. Это создает разницу в тяге, вызывая поворот аппарата. Для наклона вперед или назад (pitch) в роторных системах изменяется тяга передних и задних роторов. Для наклона вперед скорость вращения передних роторов уменьшается, а задних — увеличивается, что вызывает наклон аппарата вперед и начало горизонтального движения. Наклон назад осуществляется аналогично, но в обратном направлении. Наклон влево или вправо (roll) достигается путем изменением тяги левых и правых роторов. Для наклона вправо скорость вращения левых роторов уменьшается, а правых — увеличивается. Это создает разницу в подъемной силе, что приводит к наклону аппарата вправо. Наклон влево осуществляется аналогичным образом, но с противоположным изменением тяги.

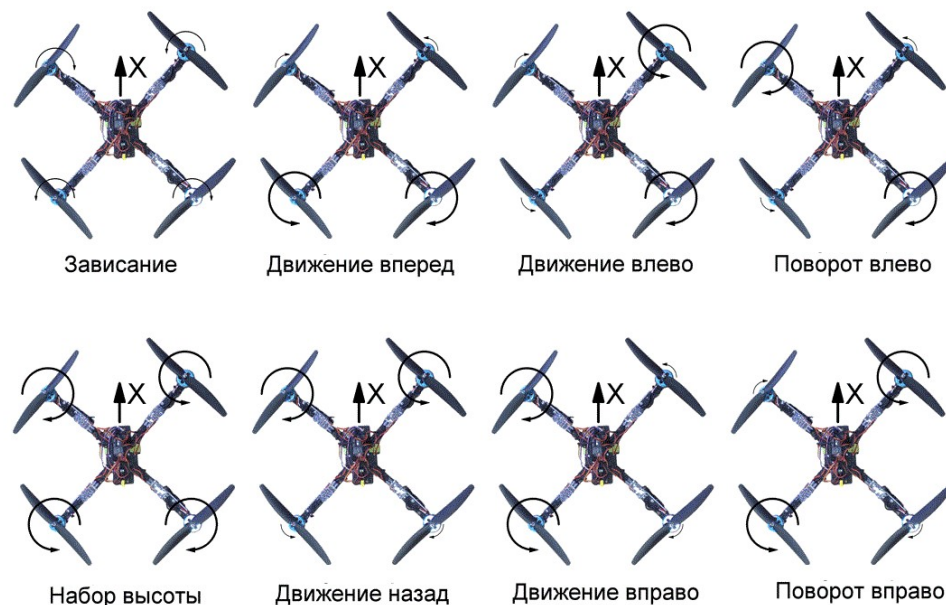


Рисунок 1.1–Управление БПЛА на примере квадрокоптера

Стабилизация и управление VTOL аппаратами во время вертикального взлета и посадки достигаются за счет использования различных сенсоров и систем управления. Гироскопы и акселерометры измеряют углы наклона и ускорение аппарата, а системы автоматической стабилизации корректируют положение аппарата, обеспечивая его устойчивость в полете. Современные VTOL системы часто оснащены электронными системами управления полетом (fly-by-wire), которые повышают точность и надежность управления.

Переход от вертикального взлета к горизонтальному полету представляет собой ключевой аспект работы VTOL систем. Например, в конвертопланах, роторы наклоняются вперед, превращая подъемную силу в тягу, что позволяет аппарату набирать скорость и переходить в режим горизонтального полета. В реактивных VTOL аппаратах поворотные сопла изменяют направление струи газов, создавая горизонтальную тягу. Этот процесс требует точного координирования и управления для обеспечения плавного и безопасного перехода.

Горизонтальный полет VTOL аппаратов обеспечивается за счет крыльев, которые создают подъемную силу за счет аэродинамического профиля. Крылья преобразуют горизонтальную скорость в подъемную силу, что позволяет аппарату оставаться в воздухе без необходимости использования вертикальной тяги. В случае мультикоптеров горизонтальный полет достигается путем наклона роторов, создающих тягу в направлении полета.

Системы управления тягой играют ключевую роль в обеспечении маневренности и стабильности VTOL аппаратов. Управление тягой осуществляется изменением мощности двигателей или угла атаки лопастей роторов. Это позволяет точно регулировать скорость подъема, спуска и

горизонтального полета, а также выполнять сложные маневры, такие как зависание на месте или быстрое изменение направления.

В современных VTOL системах активно используются методы динамического позиционирования, которые позволяют аппарату удерживать заданное положение в воздухе. Эти системы особенно важны для операций, требующих высокой точности, таких как доставка грузов или спасательные миссии. Сенсоры, такие как GPS и лазерные дальномеры, обеспечивают точное определение положения аппарата, а системы автоматической стабилизации корректируют его положение в реальном времени.

Таким образом, принципы работы VTOL систем включают создание подъемной силы для вертикального взлета и посадки, использование сенсоров и систем управления для стабилизации и координирования полета, переход от вертикального к горизонтальному полету и управление тягой для обеспечения маневренности и стабильности. Эти технологии продолжают совершенствоваться, что открывает новые возможности для их применения в самых различных условиях.

VTOL технологии предлагают множество преимуществ, таких как возможность работы в ограниченных пространствах, высокая маневренность и адаптивность к различным условиям. Однако они также сталкиваются с рядом вызовов, включая высокую стоимость и сложность технического обслуживания. Современные VTOL системы продолжают развиваться, внедряя новые технологии и улучшая существующие решения, что делает их все более востребованными в различных сферах, от военной авиации до коммерческих приложений.

1.2 Обзор моделей VTOL, представленных на рынке

С увеличением интереса к беспилотным и автономным системам, компании по всему миру активно разрабатывают и внедряют новые технологии VTOL, улучшая их эффективность, маневренность и дальность полета. Существуют различные типы VTOL аппаратов, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и области применения. Основные типы включают конвертопланы, мультикоптеры и гибридные схемы, каждая из которых предлагает свои преимущества и ограничения, подходящие для различных условий и задач.

Таблица 1 Типы VTOL

| Типы VTOL | Описание | Примеры | Преимущества | Недостатки |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Конвертопланы | VTOL аппараты, сочетающие элементы самолета и вертолета. Роторы могут изменять угол наклона для перехода от вертикального взлета к горизонтальному полету. | Bell V-22 Osprey, AgustaWestland AW609 | Высокая скорость и дальность полета. Возможность вертикального взлета и посадки. | Сложная конструкция и высокая стоимость. Требования к техническому обслуживанию. |
| Мультикоптеры | Аппараты с несколькими роторами, создающими подъемную силу и обеспечивающими маневренность. | DJI Phantom, DJI Matrice 600 | Простота конструкции и управления. Высокая маневренность и стабильность в полете | Ограниченная дальность и продолжительность полета по сравнению с конвертопланами и реактивными VTOL. Ограниченная грузоподъемность. |
| Гибридные схемы | Аппараты, комбинирующие роторные и реактивные системы или использующие гибридные силовые установки. | Joby Aviation, Lilium Jet | Снижение выбросов и шума благодаря использованию электрических двигателей. Высокая эффективность и дальность полета. | Технологические вызовы, связанные с интеграцией различных систем. Ограниченная емкость аккумуляторов для длительных полетов. |

Среди реальных VTOL аппаратов, заслуживающих внимания, можно выделить несколько значимых примеров, разработанных различными компаниями.

Bell V-22 Osprey является одним из наиболее известных конвертопланов, разработанных совместно Bell Helicopter и Boeing для Военно-морского флота США и Корпуса морской пехоты США. Первый полет состоялся в 1989 году, а в 2007 году V-22 поступил на вооружение. Оспрей сочетает в себе возможности вертолета и самолета, что позволяет ему взлетать и садиться вертикально, а затем переходить в режим горизонтального полета с высокой скоростью. Он используется для транспортировки войск, грузов и проведения спасательных операций.

Еще один значимый аппарат – F-35B Lightning II, разработанный компанией Lockheed Martin. Это многоцелевой истребитель пятого поколения, обладающий возможностью вертикального взлета и посадки благодаря поворотным соплам двигателя. Первый полет F-35B состоялся в 2008 году, а на вооружение он поступил в 2015 году. F-35B активно используется Военно-морским флотом США, Корпусом морской пехоты США и Королевским военно-морским флотом Великобритании.

Компания Joby Aviation разрабатывает электрический VTOL аппарат для пассажирских перевозок. Joby Aviation основана в 2009 году и за последние годы привлекла значительные инвестиции для разработки своего VTOL самолета. Аппарат Joby имеет шесть роторов, которые позволяют ему взлетать и садиться вертикально, а также обеспечивать горизонтальный полет со скоростью до 320 км/ч. В 2020 году компания подписала соглашение с Uber для интеграции своего аппарата в сервис воздушного такси.

Lilium, немецкая компания, основанная в 2015 году, разрабатывает Lilium Jet, электрический VTOL самолет с 36 электрическими реактивными двигателями, интегрированными в крылья. Аппарат способен перевозить до пяти пассажиров и достигать скорости до 300 км/ч. Первый полет прототипа состоялся в 2019 году. Lilium планирует создать сеть воздушных такси, способных осуществлять быстрые и экологически чистые перевозки в пределах мегаполисов и между городами.

Vertical Aerospace, британская компания, основанная в 2016 году, занимается разработкой электрических VTOL аппаратов для пассажирских перевозок. Их аппарат, VA-X4, оснащен восемью роторами и способен перевозить до четырех пассажиров со скоростью до 320 км/ч. Первый полет VA-X4 планируется в ближайшие годы, и компания уже заключила контракты с различными авиационными и логистическими компаниями.

Harrier Jump Jet, разработанный британской компанией Hawker Siddeley, является одним из первых успешных реактивных VTOL самолетов. Он поступил на вооружение в 1969 году и активно использовался до начала 21 века. Harrier стал символом вертикального взлета и посадки благодаря своим поворотным соплам, которые позволяли ему переходить от вертикального к горизонтальному полету.

EHang, китайская компания, основанная в 2014 году, разрабатывает автономные электрические VTOL аппараты для пассажирских и грузовых перевозок. Их аппарат EHang 216 способен перевозить двух пассажиров и достигать скорости до 130 км/ч. EHang активно тестирует свои аппараты в различных городах мира, включая Китай, ОАЭ и Европу, с целью создания сети воздушных такси и логистических услуг.

Эти примеры демонстрируют разнообразие подходов к разработке VTOL технологий, от военных истребителей до коммерческих пассажирских аппаратов и автономных дронов для доставки грузов. Каждая из этих компаний и их проекты вносят свой вклад в развитие вертикального взлета и посадки, открывая новые возможности для использования воздушного транспорта в различных областях. Однако среди всех прочих особое внимание следует обратить на компанию Zipline (от части потому, что именно данное техническое решение совпадает с целями дипломного проекта)

Zipline, основанная в 2014 году в Калифорнии, является одной из ведущих компаний в области беспилотных авиационных систем для доставки медицинских препаратов и других товаров. Компания начала свою деятельность с целью решения проблемы доступа к медицинским товарам в отдаленных и труднодоступных районах.

Zipline использует небольшие фиксированные крылья VTOL дроны, способные взлетать и садиться вертикально благодаря комбинации вертикальных роторов и горизонтальных двигателей. Это позволяет их дронам стартовать с ограниченных площадок и доставлять грузы быстро и эффективно, избегая проблем, связанных с дорогами и наземным транспортом. Дроны Zipline могут перевозить грузы весом до 1,75 кг и преодолевать расстояния до 160 км со скоростью до 110 км/ч. Первый крупный проект Zipline стартовал в Руанде в 2016 году. Правительство Руанды сотрудничало с Zipline для создания сети медицинских поставок, охватывающей всю страну. Дроны Zipline доставляли кровь, вакцины и другие жизненно важные медицинские препараты в более чем 500 медицинских учреждений. Этот проект был признан успешным и значительно улучшил доступ к медицинским товарам, особенно в отдаленных районах. В 2019 году Zipline начала аналогичный проект в Гане, сотрудничая с правительством для доставки медицинских препаратов по всей стране. Этот проект стал крупнейшей сетью беспилотных поставок в мире на момент запуска и продолжает успешно функционировать, расширяя доступ к медицинской помощи для миллионов людей. Zipline также начала операции в США в 2020 году, начиная с доставки медицинских товаров в Северной Каролине. Компания заключила партнерские соглашения с различными организациями, включая больницы и медицинские центры, для быстрой и эффективной доставки товаров.



Рисунок 1.2–VTOL компании Zipline

Успех Zipline обусловлен не только передовыми технологиями, но и эффективной логистической сетью. Компания разработала специальные распределительные центры, откуда дроны запускаются и куда возвращаются после выполнения миссии. Эти центры оснащены системами автоматической загрузки и подготовки дронов к полетам, что минимизирует время на подготовку и увеличивает эффективность операций.

Zipline также активно занимается разработкой и внедрением новых технологий для улучшения своих сервисов. Они работают над увеличением дальности полета дронов, повышением их грузоподъемности и улучшением систем навигации и управления. Кроме того, Zipline планирует расширить свои услуги, включив доставку не только медицинских товаров, но и других критически важных грузов, таких как продукты питания и товары первой необходимости.

В целом, Zipline демонстрирует, как передовые технологии VTOL могут использоваться для решения важных социальных проблем, таких как доступ к медицинской помощи в отдаленных регионах. Их успешные проекты в разных странах показывают, что беспилотные системы могут значительно улучшить логистику и обеспечить быструю доставку жизненно важных товаров в самые труднодоступные места.

Резюмируя следует сказать, что анализ различных подходов к проектированию показал, что гибридные VTOL БПЛА обладают значительным потенциалом для повышения эффективности логистики в условиях ограниченной инфраструктуры и труднодоступных районов. Результаты проведенного исследования могут быть использованы для разработки прототипов и дальнейшего совершенствования данных аппаратов.

2 Проектирование VTOL

2.1 Силовая установка, выбор маршевого двигателя

Силовая установка VTOL включает в себя маршевый двигатель и 4 вертикальных двигателя, которые обеспечивают как горизонтальный, так и вертикальный полет, что является ключевой особенностью VTOL.

Для систем VTOL бесколлекторные (BLDC) двигатели являются особенно эффективными благодаря своей высокой производительности, долговечности и эффективности. Принцип работы BLDC двигателя основан на использовании электромагнитного поля для создания крутящего момента без необходимости механического контакта между щетками и коллектором, как это происходит в традиционных коллекторных двигателях. В бесколлекторном двигателе используется статор с набором обмоток, через которые проходит электрический ток, создавая вращающееся магнитное поле. Это магнитное поле взаимодействует с постоянными магнитами, закрепленными на роторе, что приводит к его вращению.

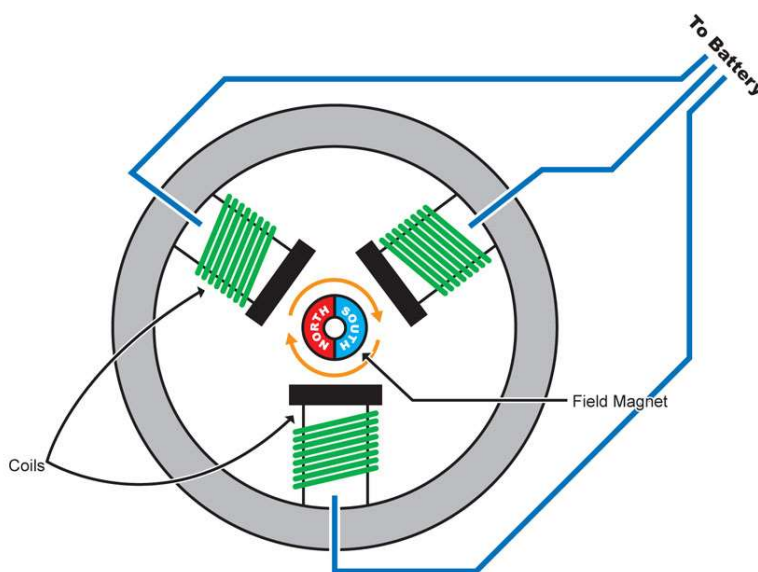


Рисунок 2.1–Конструкция BLDC двигателя

Управление током, подаваемым на обмотки статора, осуществляется с помощью электронной системы управления, называемой регулятором скорости или ESC (Electronic Speed Controller). ESC контролирует последовательность и время подачи тока на обмотки, обеспечивая плавное и точное управление скоростью и крутящим моментом двигателя. Отсутствие щеток и коллектора в конструкции двигателя устраняет основные источники трения и износа, что значительно повышает надежность и срок службы BLDC двигателей. Кроме того, такие двигатели обладают более высокой эффективностью, так как энергия не теряется на преодоление механического сопротивления щеток. Эти

преимущества делают BLDC-двигатели идеальными для применения в VTOL системах, где важны высокая мощность, надежность и долговечность при минимальном обслуживании.

Как уже было сказано силовая установка состоит из 4 вертикальных двигателей и одного горизонтального – маршевого. Маршевый двигатель – это двигатель, предназначенный для обеспечения основной тяги летательного аппарата в горизонтальном полете. В контексте БПЛА и VTOL, маршевый двигатель используется для поддержания крейсерской скорости и эффективного передвижения на большие расстояния после вертикального взлета и перед посадкой. Этот двигатель работает в условиях постоянной нагрузки, обеспечивая стабильную и продолжительную работу, что важно для выполнения миссий, требующих большой дальности полета и экономичного расхода топлива или энергии. Маршевые двигатели обычно обладают высокой удельной мощностью и эффективностью, что позволяет им поддерживать высокую скорость при минимальном потреблении энергии. В отличие от вертикальных двигателей, которые используются для взлета, посадки и зависания, маршевый двигатель активируется для достижения и поддержания горизонтального полета, играя ключевую роль в обеспечении аэродинамической эффективности и общей производительности летательного аппарата.

В данном проекте оптимальным вариантом маршевого двигателя стала модель AT4130 KV230. Данная модель представляет собой высокоэффективное решение для нашего БПЛА, обеспечивая значительную мощность и производительность. Этот двигатель имеет следующие массогабаритные размеры 408 г, и 79 мм в диаметре. Особенности:

1. Структура вращающегося вала: длина диаметра - 6 мм, что повышает надежность и снижает уровень вибраций.
2. Пиковая выходная мощность ($P_{\text{макс}}$): мотор способен выдавать до 2,5 кВт мощности при предельно допустимом температурном нагреве до 180°C.
3. $I_{\text{х.х.}}$: при $U = 10$ В потребление тока составляет только 1.4 А, это свидетельствует о его высокой эффективности при незначительных оборотах.
4. Пиковое значение тока ($I_{\text{макс}}$): мотор способен выдержать до 60 А (180с) при пиковых нагрузках, это означает, что данная модель способна выдерживать высокие нагрузки без риска перегрева.



Рисунок 2.2–Маршевый мотор T-Motors AT413 (KV230)

Данный мотор, является наилучшим вариантом для решения задач, требующих длительной и непрерывной работы на высоте при значительной скорости полета, потому, что способен обеспечивать большую электрическую и механическую мощности при пренебрежительно малых уровнях вибрации и теплоотдачи. Этот вариант двигателя генерирует значительную силу тяги при достаточно низком потреблении электроэнергии. Кроме того, он отлично подходит для длительных рейсов благодаря своей превосходной эффективности и надежности. Мотор также характеризуется улучшенной маневренностью на высоких скоростях и способен обеспечивать постоянную тягу в различных климатических условиях.

2.2 Теоретический и практический расчёт маршевого двигателя

Крейсерный мотор обеспечивает горизонтальный полет, генерируя необходимую силу тягу для преодоления препятствующего лобового сопротивления и обеспечения установленной скорости. Тягу маршевого мотора (Т) можно рассчитать по следующей формуле:

$$T = 1.225 \times \pi \times \left(0.0254 \times \frac{d}{2}\right)^2 \times \left(\frac{RPM \times 0.0254 \times P_{itch}}{60}\right) \times \left(\frac{d}{3.29546 \times P_{itch}}\right)^{1.5} \quad (2.1)$$

d — диаметр пропеллера выраженный в дюймах,
 RPM – количество оборотов в одну минуту,
 P_{itch} — шаг винта, выраженный в дюймах.

Теперь рассчитаем наш маршевый двигатель используя его параметры:

- 1.Максимальный допустимый пиковый ток: 56 А
- 2.Номинальное напряжение: 44 В
- 3.Электрическая мощность: 2500 Вт

4.Количество оборотов: 8000 об/м

5.Тяговооруженность: 3.14 г/Вт

Электрическая мощность P выражается как произведение силы тока I на значение напряжения U :

$$P = I \times U = 56 \times 44 = 2464 \text{ Вт} \quad (2.2)$$

(Для расчета тяги используется пиковое значение мощности приблизительно равное 2.5 кВт)

Сила тяги электродвигателя – это и есть количество веса, которое мотор способен поднять потребляя 1 ватт мощности. Это значение равно 3.14 г/Вт.

(1 г = 0.00981 Н):

Тяговооруженность в Ньютонах:

$$3.14 \times 0.00981 \approx 0.0308034 \text{ Н}$$

Теперь рассчитаем тягу для одного двигателя:

$$2500 \times 0.0308034 = 77.0085 \text{ Н}$$

Вывод: маршевый двигатель генерирует тягу равную 77.0085 Н потребляя пиковую мощность. Данная сила тяги применяется в режиме полета по горизонтали.

2.3 Силовая установка, выбор вертикальных двигателей

Вертикальные двигатели для VTOL необходимы для обеспечения вертикального взлета и посадки, а также для стабильного зависания в воздухе. Они позволяют аппарату подниматься и спускаться вертикально, обеспечивая маневренность и точное позиционирование, что особенно важно в условиях ограниченного пространства и сложных погодных условий.

Для осуществления взлета и посадки летательные аппараты конфигурации типа VTOL оборудованы 4 высокоэффективными моторами модели от компании T-Motors V505 KV260, которые обеспечивают нужную для взлета, маневренности и стабильности во время полета силу тягу. Технические параметры:

1.KV260, то есть 260 оборотов на 1 вольт напряжения.

2.Массогабариты: вес 590 г (легкость мотора является важным преимуществом), длина, вместе с валом -38.9 мм и диаметр равный 55.6 мм.

3.Пиковое значение тока равное 52А (180с) .

4.Пиковое значение электрической мощности- 2500 Вт.

5.Защита классификации IP45, то есть данный мотор защищен от мельчайшей влаги и пыли.

Представленные модели электродвигателей могут быть охарактеризованы как очень надежные моторы, способные работать в широком спектре температурного диапазона. Винтомоторная группа на БПЛА размещена так, чтобы уменьшить аэродинамическое сопротивление воздуха и обеспечить оптимальный баланс и управляемость аппарата



Рисунок 2.3–Мотор T-Motors V505(KV260)

Таким образом положительные стороны применения в проекте моторов T-Motors V505 (KV260) включают не только высокие значения мощности и эффективности, а также мы получаем увеличение срока эксплуатации, благодаря чему решаются многие проблемы с дальнейшей заменой двигателей.

Однако для вертикального взлета и посадки не хватит одних лишь моторов, также необходимы пропеллеры. Рекомендуемые размеры для данной модели двигателей P175.8 или P165.4, что улучшает силу тяги.

2.4 Теоретический и практический расчёт вертикальных электродвигателей

Как уже было сказано выше, вертикальные двигатели должны преодолевать силу тяжести и стабильно подниматься и опускаться. В данном разделе мы рассмотрим основные теоретические принципы расчета тяги вертикальных двигателей, а также их важность для общей аэродинамической и эксплуатационной эффективности аппарата. Подъемная сила, создаваемая вертикальными двигателями, является основным фактором, обеспечивающим возможность взлета, посадки и зависания VTOL в воздухе. Эта сила должна быть достаточно мощной, чтобы не только преодолевать вес аппарата, но и обеспечивать стабильность и управляемость в различных условиях эксплуатации. Расчет тяги вертикальных двигателей основан на нескольких ключевых параметрах, включая массу БПЛА, ускорение свободного падения и количество двигателей.

Основные формулы

Подъемная сила F , рассчитывается следующим образом:

$$F = T = \frac{m \times g}{n} \quad (2.3)$$

Где

n — количество вертикальных двигателей,

m — масса БПЛА (кг),

g — ускорение свободного падения (9.81 м/с^2).

Данное выражение исходит из потребности равномерного распределения подъемной силы (силы тяги) среди всех двигателей для обеспечения устойчивого вертикального взлета и посадки. Она учитывает общую массу аппарата и количество двигателей, которые распределяют эту массу равномерно. Параметры вертикальных двигателей позволяют вычислить подъемную мощность каждого из них и определить суммарную подъемную силу всего беспилотника.

Входные данные

1. Максимальный допустимый пиковый ток: 53 А

2. Номинальное напряжение: 48 В

3. Электрическая мощность: до 2500 Вт

4. Количество оборотов: 10000 об/м

5. Тяговооруженность: 3.5 г/Вт

Расчет:

Электрическая мощность мотора (P) вычисляется следующим образом:

$$P = I \times U = 53 \times 48 = 2544 \text{ Вт} \quad (2.4)$$

Для расчета подъемной силы примем мощность за 2,5 кВт

Подъемная сила (тяговооруженность) представляет собой массу на один ватт потребляемой мощности которая составляет 3.5 г/Вт. Переводим граммы в Ньютоны ($1 \text{ г} = 0.00981 \text{ Н}$):

Подъемная сила тяги на ватт:

$$3.5 \times 0.00981 \approx 0.034335 \text{ Н/Вт}$$

Далее вычислим ту же силу тяги но уже для каждого мотора:

Подъемная сила тяги на каждый мотор:

$$2500 \times 0.034335 = 85.8375 \text{ Н}$$

3. Суммарная сила приложенная для взлета:

$$4 \times 85.8375 = 343.35 \text{ Н}$$

В заключение, следует отметить, что каждый вертикальный электродвигатель генерирует взлетную силу равную 85.8375 Н, в то время как, суммарная подъемная сила, генерируемая всеми 4 моторами, равна 343.35 Н. Этого достаточно, чтобы поднять VTOL весом 35000 г, что соответствует заданным характеристикам аппарата.

2.5 Аэродинамические особенности конструкции БПЛА

БПЛА разработан с упором на максимальную функциональность и эффективность, используя новейшие материалы и передовые технологии. Основные элементы конструкции включают использование легких композитных материалов для повышения прочности и снижения веса, что способствует увеличению дальности и продолжительности полета. Интеграция современных систем навигационного управления обеспечивает точность и надежность в эксплуатации, а модульный дизайн позволяет легко адаптировать аппарат под различные миссии и условия эксплуатации.

Несущая конструкция БПЛА изготовлена из предельно прочных и легких материалов. Одно из таких – карбон (углеволокно), именно этот материал способен обеспечить высокую стойкость и прочность к внешним воздействиям при минимальном весе, что существенно улучшает летные характеристики и увеличивает грузоподъемность аппарата

БПЛА оборудован одним 17 дюймовым винтом для маршевого мотора и 16 дюймовыми пропеллерами для вертикальной ВМГ, все изготовлены из карбона для обеспечения максимальной эффективности и долговечности. Пропеллеры расположены таким образом, чтобы уменьшить влияние на аэродинамические характеристики корпуса, обеспечивая оптимальную балансировку и стабильность полета. Дополнительно, такое размещение снижает шум и вибрацию, что улучшает общие летные характеристики и комфорт управления аппаратом



Рисунок 2.4–Модель карбоновых винтов для электродвигателей

Крылья БПЛА выделяются особенными, специальными закрылками, которые способствуют улучшению ламинарного обтекания воздуха. Это значительно снижает аэродинамическое сопротивление и повышает эффективность полета. Дополнительно, крылья оснащены передними кромками, что помогает стабилизировать воздушные потоки и уменьшить турбулентность, обеспечивая более плавный и устойчивый полет.

Основные системы, такие как навигация, управление и электроника, интегрированы с учетом легкого доступа для обслуживания и модернизации. Эти системы реализованы в модульной архитектуре, что позволяет легко заменять или обновлять компоненты при необходимости. Дополнительно, компоненты размещены в удобных для доступа секциях, что ускоряет процесс технического обслуживания и минимизирует время простоя. Такая конструкция также обеспечивает возможность быстрой адаптации БПЛА под различные задачи и условия эксплуатации, повышая его универсальность и эффективность.

Рама и крылья нашей модели VTOL обладают уникальными особенностями, которые значительно повышают ее аэродинамическую эффективность и стабильность в полете. Они выполнены из легких и прочных композитных материалов, что обеспечивает оптимальное соотношение веса и прочности. Особое внимание уделено форме крыльев, которая разработана для улучшения ламинарного обтекания воздуха, минимизации турбулентности и снижения аэродинамического сопротивления. В передней части крыльев установлены антикрылья, которые стабилизируют воздушные потоки и способствуют более плавному полету. Закрылки на концах крыльев дополнительно улучшают подъемную силу и управляемость аппарата. Такая конструкция позволяет не только эффективно преодолевать большие расстояния в горизонтальном полете, но и обеспечивает стабильность и маневренность при вертикальном взлете и посадке. Крылья спроектированы с учетом требований модульности, что позволяет легко заменять или модернизировать их в зависимости от специфики задач и условий эксплуатации. Эти особенности делают раму и крылья нашей модели VTOL высокоэффективными и надежными в различных сценариях применения.



Рисунок 2.5–Проектирование макета разрабатываемого БПЛА

Внедрение системы навигационного управления является неотъемлемой частью конструкции. В данном случае с этой целью справляется встроенный орган управления - CubePilot PX4, предоставляющий расширенные возможности для автономного полета. Это технологическое решение взаимодействует со всеми встроенными сенсорами и модулями, включая Neo V2 GNSS для точной полетной навигации, а также включает встроенную радиотелеметрию HolyBro для осуществления передачи телеметрических данных.

Помимо всего прочего БПЛА оснащен системой автоматического возвращения в точку старта при потере связи, а также резервными каналами управления и питания, что гарантирует его надежность и устойчивость к сбоям. Интеллектуальные алгоритмы диагностики и мониторинга в реальном времени позволяют предсказать и предотвратить возможные неисправности, повышая общую безопасность эксплуатации.

Данные конструктивные особенности обеспечивают оптимальные летные характеристики и функциональность БПЛА, делая его идеальным для разнообразных операций. Он подходит для задач, таких как мониторинг и сбор данных, а также для специализированных применений, включая доставку грузов и реагирование на чрезвычайные ситуации.

2.6 Электропитание, выбор аккумуляторов

Электропитание играет ключевую роль в обеспечении эффективной работы БПЛА. Для нашего аппарата используются высокоэффективные литий-полимерные (Li-Po) аккумуляторы, которые предоставляют высокую удельную емкость и стабильное напряжение, необходимое для продолжительных полетов. Эти аккумуляторы известны своей легкостью и высокой плотностью энергии, что позволяет минимизировать вес аппарата без ущерба для его

производительности. Система электропитания разработана с учетом высоких требований к надежности и безопасности, включая встроенные системы мониторинга и защиты от перегрузок, перегрева и коротких замыканий.

Аккумулятор GensAceTATTUPlus 22000mAh 22.2V 25C 6S1PLipoBatteryPack является наиболее подходящим для нашего БПЛА благодаря своей большой емкости и высокой надежности. Литий - полимерный (LiPo) аккумуляторные батареи имеют значительные преимущества для аэрокосмических применений, такие как значительная плотность электроэнергии и возможность предельно быстрой разрядки. Основные параметры данной аккумуляторной батареи:

1. Запасаемая электрическая емкость: 22000 mAh, данное значение емкости позволяет БПЛА, находиться длительное время в режиме полета, для совершения разных миссий.

2. $U = 22.2V$ это значение напряжение обеспечивает эффективное функционирование винтомоторной группы.

3. $I_{\text{заряда}} = 25C$, данный параметр указывает на способность аккумулятора выдавать ток, который в 25 раз больше его емкости, что очень важно для обеспечения высокой мощности при вертикальных взлетах и маневрах.



Рисунок 2.6–АКБ TATTU Plus 22000mAh

Технические особенности:

1. Конструкция 6S1P. Данная сборка подразумевает 6 последовательно подключенных аккумуляторов, что повышает общее напряжение аккумуляторной батареи до необходимых 22.2 В и его производительность, одновременно обеспечивая стабильность и безопасность. Такая конструкция

также способствует более равномерному распределению нагрузки между ячейками, что увеличивает срок службы аккумулятора.

2. Большая энергетическая плотность. Литий-полимерные аккумуляторы славятся своей способностью сохранять значительное количество энергии при сравнительно малом весе, что делает их идеальными для авиационных применений, где вес и баланс играют решающую роль. Высокая плотность энергии позволяет увеличить дальность и продолжительность полета БПЛА, что особенно важно для миссий, требующих длительного времени в воздухе.

3. Встроенная система управления батареей (BMS). В аккумуляторной батарее есть встроенная система управления батареями (BMS), которая играет ключевую роль в поддержании его долголетия и обеспечивает безопасность. BMS активно следит за состоянием каждой ячейки, обеспечивая оптимальную работу аккумулятора и предотвращая возможные неисправности.

4. При недостаточных или наоборот слишком высоких значениях напряжения может возникнуть повреждение. Именно по этой причине в данной модели предусмотрена защита от полного разряда и перезарядки, контролирующая напряжение на каждой ячейке. Это значительно снижает риск выхода из строя аккумулятора и увеличивает его надежность.

5. Контроль температуры. Управляющая система мониторит температуру ячеек во время процесса разрядки и зарядки, не допуская перегрева, который может вызвать внутренние повреждения или даже привести к пожару. Это особенно важно для поддержания безопасности при интенсивной эксплуатации в различных климатических условиях.

Таким образом, применение аккумулятора модели Gens Ace TATTU Plus 22000mAh 22.2V 25C 6S1P Lipo Battery Pack в беспилотных летательных аппаратах гарантирует надежность, энергоэффективность и продолжительное время непрерывного полета. В следствии встроенной системы безопасности и грамотному обслуживанию, этот аккумулятор становится идеальным выбором для длительных миссий. Он обеспечивает необходимую мощность и стабильность, что позволяет успешно выполнять задачи даже в самых сложных условиях.

2.7 Управление энергоснабжением

Рациональное управление энергопотреблением в беспилотных летательных аппаратах предполагает использование новейших технических решений для оптимизации расхода емкости аккумуляторных батарей. Самой главной целью является увеличение времени полета и повышении надежности БПЛА при выполнении различных миссий. Для обеспечения рационального управления энергопотреблением, беспилотный летательный аппарат оборудован системой мониторинга, которая включает множество функций для

оптимального использования заряда аккумулятора и повышения общей надежности аппарата.

Система мониторинга непрерывно измеряет напряжение и ток аккумулятора с помощью встроенных датчиков, что позволяет оператору отслеживать текущий уровень заряда и точное энергопотребление в реальном времени. Эти данные используются для автоматического вычисления скорости разряда. Такой расчет помогает оператору принимать информированные решения о продолжительности миссии и необходимости возвращения беспилотного аппарата на базу для подзарядки.

Программное обеспечение для оптимизации энергопотребления играет важную роль в управлении энергоснабжением. Оно использует аналитические алгоритмы, которые анализируют данные о потреблении энергии из предыдущих полетов и оптимизируют параметры текущего. Это может включать настройку высоты или скорости полета для уменьшения энергопотребления. При низком уровне заряда аккумулятора беспилотник может автоматически переходить в режимы энергосбережения, уменьшая мощность двигателей или отключая несущественные системы для увеличения времени полета.

Эффективное управление аккумуляторами также включает разнообразные методы зарядки и обслуживания, такие как балансировка ячеек. Это помогает поддерживать оптимальное состояние аккумуляторов, предотвращая перезарядку и глубокий разряд, а также продлевает срок их службы.

Контроль температуры играет ключевую роль, так как поддержание оптимального температурного режима аккумуляторов предотвращает перегрев и сохраняет их производительность. Теплоотдача регулируется специальной системой управления которая поддерживает нужную температуру аккумуляторов с помощью активного нагрева и охлаждения, обеспечивая стабильную работу в различных условиях.

Все вышеперечисленное представляет собой целостный метод для оптимизации энергопотребления в беспилотных летательных аппаратах. Применение современных датчиков, программного обеспечения и методов управления аккумуляторами не только продлевает время полета, но и значительно повышает надежность и безопасность при выполнении различных миссий.

2.8 Расчёт аккумулятора

Выбор аккумулятора является важным аспектом при проектировании самолетного типа БПЛА, так как он влияет на продолжительность полета, тяговооруженность (г/вт) и общую эффективность устройства. В этом разделе рассматриваются ключевые параметры, которые необходимо учитывать при выборе аккумуляторной батареи, и приводятся практические вычисления для

определения нужного количества ячеек аккумуляторов для нашего VTOL БПЛА.

Ключевые характеристики аккумулятора:

1.Емкость (C): Емкость показывает, какое количество энергии может быть запасено аккумулятор. Чем больше емкость, тем дольше может работать БПЛА, но это также может увеличить вес аккумулятора.

2.Напряжение (U): Напряжение определяет мощность, которую аккумулятор может предоставить двигателям. Высокое напряжение позволяет двигателям работать более эффективно и развивать большую тягу.

3.Разрядный ток (I): Это максимальный ток, который аккумулятор может отдавать без повреждений. Он должен быть достаточным, чтобы удовлетворять потребности двигателей, особенно при максимальных нагрузках.

4.Вес (г): Масса аккумулятора влияет на общую грузоподъемность БПЛА. Легкие аккумуляторы предпочтительны, так как они не уменьшают полезную нагрузку и улучшают летные характеристики.

Таблица 2. Параметры аккумулятора TATTU Plus 22000mAh

| Наименование параметра | Значение |
|------------------------|-------------|
| Энергоемкость | 22000 мАч |
| Номинальное напряжение | 22.2 В (6s) |
| Масса | 2.5 кг |
| Размеры | 20x9x6.5 см |
| Разъемы | AS150+XT150 |

Расчет характеристик аккумулятора

Максимальный ток, вычисляется по формуле:

$$I_{\max} = C \times T_{\text{токоотдача}} \quad (2.5)$$

где C - энергоемкость аккумулятора в А/ч, а токоотдача - множитель тока (30 C).

$$I_{\max} = 22 \times 30 = 660\text{А}$$

Мощность аккумулятора рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\max} = V \times I_{\max} \quad (2.6)$$

$$P_{\max} = 22.2 \times 660 = 14652\text{Вт}$$

При расчетной средней потребляемой мощности 244.2 Вт. Время полета рассчитывается следующим образом. Для начал определим ток аккумулятора

необходимый для питания VTOL БПЛА с общей потребляемой мощностью P_{total} :

$$I_{Акк} = \frac{P_{total}}{V} \quad (2.7)$$

$$I_{Акк} = \frac{244.2}{22.2} \approx 11A$$

Продолжительность работы аккумулятора, или же время разряда:

$$t = \frac{C}{I} \quad (2.8)$$

где C — емкость аккумулятора в ампер-часах, а I — ток, необходимый для питания системы.

$$t = \frac{22}{11} = 2 \text{ часа}$$

Подводя итог следует сказать, что аккумулятор TATTU Plus 22000mAh выдает потребляемую мощность численно равную 244.2 Вт, что позволяет нашему БПЛА находится в режиме полета 2 часов, что соответствует заданным значениям и подтверждает правильность выбора данного аккумулятора для.

2.9 Системы управления и навигации

Системы навигационного управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) являются критически важными элементами, обеспечивающими безопасность, автономность полетов и правильность работы. Основным компонентом управления является CubePilot PX4, мощный полетный контроллер, выполняющий роль центра принятия решений БПЛА, координируя все основные функции и системы. Этот контроллер интегрирует датчики, двигатели, системы навигации и связи.

Управление и координация полетных операций и безопасности: CubePilot PX4 отвечает за выполнение всех полетных маневров, поддерживая стабильность и безопасность на протяжении всего полета. Для обеспечения стабильности и управляемости полета система объединяет данные от различных сенсоров, таких как GPS, гироскопы, акселерометры и барометры. Контроллер поддерживает множество дополнительных модулей и коммуникационных протоколов, что позволяет расширять функциональность системы и адаптировать её под специфические задачи.

Автономность полетов - CubePilot PX4 позволяет осуществлять автономные полеты по заранее запрограммированным маршрутам, используя

алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для адаптации к изменяющимся условиям.

Также система обеспечивает постоянный мониторинг состояния БПЛА и передает данные о его состоянии оператору, что позволяет своевременно реагировать на любые отклонения или неисправности. Система управления легко адаптируется к различным типам БПЛА, от небольших дронов до крупных грузовых аппаратов, благодаря своей модульной архитектуре.

Используя передовые алгоритмы и сенсоры, CubePilot PX4 обеспечивает точную навигацию даже в условиях низкой видимости или отсутствия GPS-сигнала, что особенно важно для выполнения миссий в зонах бедствий.

Все эти аспекты делают CubePilot PX4 ключевым элементом для обеспечения надежной и эффективной работы БПЛА в самых различных условиях.

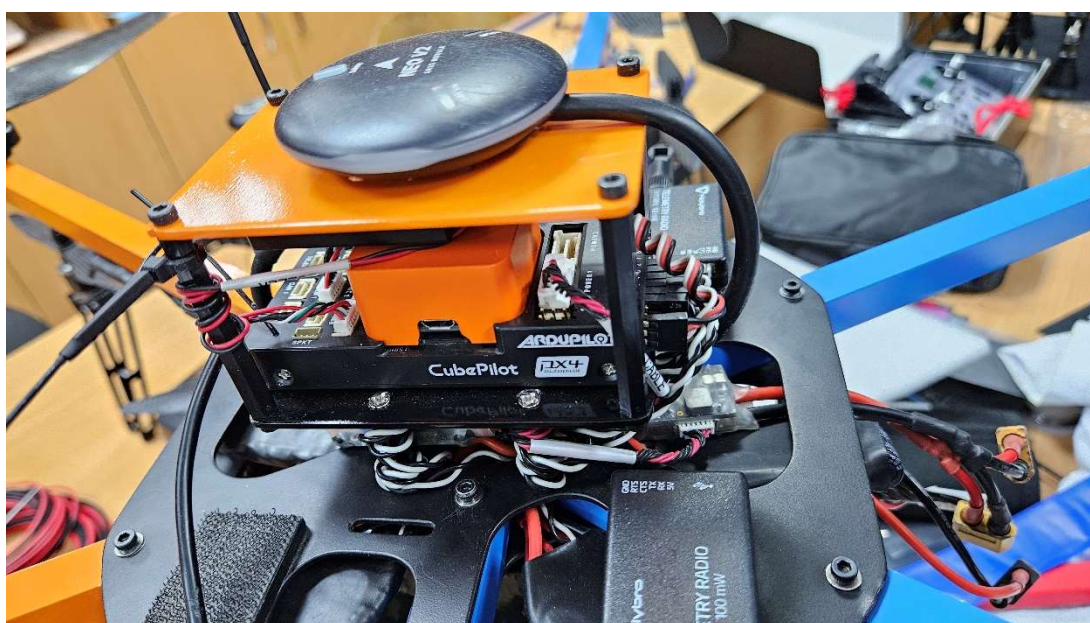


Рисунок 2.7–Иллюстрация системы управления CubePilot PX4, демонстрирующая её компоновку и основные подключения.

Навигационная система Neo V2 GNSS — это модуль GPS, который предоставляет высокоточную информацию о геопозиционировании беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Этот компонент играет критически важную роль в обеспечении точной навигации, особенно в сложных миссиях и условиях.

Базовые функции системы:

1. Высокоточное определение местоположения в реальном времени: Neo V2 GNSS обеспечивает надежные и точные данные о местоположении, что является ключевым для выполнения миссий с высокой степенью точности.

2. Поддержка сложных миссий: Система позволяет выполнять сложные маршрутизации и геопозиционирование, что необходимо для успешного

завершения миссий в различных условиях, включая плотную застройку и труднодоступные районы.

3. Взаимодействие с системой управления полетом: Neo V2 GNSS интегрируется с системой управления полетом, что позволяет синхронизировать данные о местоположении и эффективно планировать и выполнять навигационные задачи.

4. Устойчивость к помехам: Система обладает высоким уровнем устойчивости к различным видам помех, что позволяет поддерживать стабильное и точное определение местоположения даже в условиях сильного радиочастотного загрязнения.

5. Быстрое время захвата сигнала: Neo V2 GNSS отличается быстрым временем захвата спутникового сигнала, что обеспечивает оперативное начало работы и сокращает время подготовки к полету.



Рисунок 2.8—Фотография Neo V2 GNSS, показывающая его монтажное расположение на БПЛА.

HolyBro Telemetry Radio 915 MHz 100Mw - это высокопроизводительный телеметрический модуль, предназначенный для передачи полетных данных в реальном времени между беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) и наземной станцией управления. Используя частоту 915 МГц, этот модуль обеспечивает устойчивое и дальнобойное радиосоединение. HolyBro Telemetry Radio передает основные параметры, такие как высота, скорость, направление и статус систем БПЛА, что позволяет оператору эффективно контролировать его состояние на протяжении всего полета. Модуль оснащен функцией отправки предупреждений о низком заряде батареи и других критически важных аспектах, что способствует повышению уровня безопасности полетов. Система обеспечивает возможность немедленного реагирования на изменения в

условиях полета, позволяя оператору быстро корректировать маршрут или параметры полета для обеспечения оптимальной работы БПЛА.



Рисунок 2.9–Схематическое изображение телеметрической системы HolyBro,

Radiomaster Boxer - это современный пульт управления, обеспечивающий высокую точность и гибкость при управлении беспилотным летательным аппаратом (БПЛА). Этот пульт поддерживает протокол TBS CrossFire, известный своей дальностью и надежностью, что делает его идеальным для промышленных и исследовательских применений.

Настраиваемые элементы управления и интерфейс позволяет пользователю максимально удобно настроить управление под свои нужды. Поддержка множества протоколов связи обеспечивает улучшенную совместимость и гибкость в работе с различными системами. Высокая надежность и точность управления идеально подходит для выполнения сложных маневров и операций



Рисунок 2.10—Пульт Radiomaster Boxer

Беспилотные летательные аппараты могут оснащаться дополнительными системами для выполнения специализированных задач, таких как геодезические исследования, экологический мониторинг или доставка грузов. Это возможно благодаря гибкости системы управления и наличию интерфейсов для подключения различных внешних устройств и сенсоров. БПЛА оснащены интерфейсами, которые позволяют легко интегрировать различные сенсоры и устройства, такие как камеры высокой разрешающей способности, лидары, метеорологические датчики и другие инструменты, необходимые для конкретных задач. Системы управления БПЛА спроектированы таким образом, чтобы поддерживать модульное расширение, что позволяет быстро адаптировать аппараты для выполнения различных миссий без значительных изменений в конструкции. Благодаря продвинутым алгоритмам и системам навигации, БПЛА могут выполнять сложные задачи с высокой степенью автономии, минимизируя необходимость вмешательства оператора.

Интегрированные системы позволяют собирать, обрабатывать и передавать данные в реальном времени, обеспечивая оперативное принятие решений и высокую точность выполнения задач. Современные системы управления и навигации обеспечивают высокую надежность и безопасность полетов, что особенно важно при выполнении критически важных задач в сложных условиях. Эти возможности делают БПЛА чрезвычайно эффективными инструментами, способными выполнять широкий спектр задач с высокой степенью точности и автономии. Интеграция дополнительных систем расширяет функциональные возможности БПЛА, делая их незаменимыми в различных отраслях, от промышленности и науки до логистики и экологии.

3 Аэродинамический анализ

3.1 Теоретический анализ

Аэродинамический анализ играет ключевую роль в разработке любого летательного аппарата, особенно в случае беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Каждый конструктивный элемент таких аппаратов может существенно повлиять на их производительность, эффективность полета и потребление энергии. Опираясь на фундаментальные принципы аэродинамики, инженеры стремятся максимизировать подъемную силу при минимизации сопротивления воздуха. Это требует тщательного изучения и оптимизации формы, размеров и расположения всех элементов БПЛА.

В процессе аэродинамического анализа учитываются различные факторы, такие как:

1. Профиль крыла: Выбор профиля крыла напрямую влияет на аэродинамическую эффективность БПЛА. Разные профили могут обеспечивать различные уровни подъемной силы и сопротивления в зависимости от условий полета.

2. Углы атаки и обтекания: Правильное определение углов атаки и обтекания позволяет оптимизировать аэродинамические характеристики и повысить устойчивость аппарата.

3. Аэродинамическая форма корпуса: Гладкий и обтекаемый корпус способствует уменьшению лобового сопротивления и улучшению общих аэродинамических характеристик.

4. Использование аэродинамических труб: Экспериментальные исследования в аэродинамических трубах позволяют получить точные данные о поведении БПЛА в различных режимах полета и условиях окружающей среды.

Эти аспекты помогают инженерам создавать более эффективные и надежные БПЛА, способные выполнять свои задачи с максимальной производительностью и минимальными затратами энергии.

3.2 Результаты моделирования

Использование компьютерного моделирования в аэродинамическом анализе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) играет решающую роль на начальных этапах их разработки. Применение программного обеспечения для вычислительной гидродинамики (CFD) позволяет инженерам заранее предсказать и улучшить множество аспектов полетных характеристик БПЛА. CFD-моделирование дает возможность визуализировать потоки воздуха вокруг модели аппарата и исследовать различные конфигурации для достижения оптимальной аэродинамики.

Компьютерное моделирование позволяет экономить время и затраты, так как позволяет провести многочисленные тесты и оптимизации без

необходимости создания дорогостоящих физических прототипов. CFD-системы предоставляют высокоточные данные о поведении воздушных потоков, давлениях и силах, действующих на различные части БПЛА, что способствует более глубокому пониманию аэродинамических процессов. С помощью моделирования можно исследовать поведение БПЛА в разных условиях, таких как изменения скорости, высоты и угла атаки, что помогает разработать более универсальные и устойчивые аппараты. CFD также позволяет тестировать и улучшать различные конструктивные элементы, включая крылья, фюзеляж и хвостовое оперение, для минимизации сопротивления и максимизации подъемной силы. Моделирование способствует итеративному подходу, где инженеры могут быстро вносить изменения в конструкцию и немедленно оценивать их влияние на аэродинамические характеристики. CFD-модели могут быть интегрированы с другими типами анализа, такими как структурная и тепловая, что позволяет получить комплексное понимание взаимодействия различных факторов и их влияния на общую производительность БПЛА.

Эти преимущества делают компьютерное моделирование неотъемлемой частью современного процесса разработки БПЛА, обеспечивая высокую эффективность и точность в создании аэродинамически оптимизированных аппаратов.

Компьютерное моделирование, особенно с использованием программного обеспечения для вычислительной гидродинамики (CFD), является неотъемлемым и критически важным инструментом в аэродинамическом анализе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Оно позволяет существенно сэкономить время и затраты, обеспечивает высокую точность и детализацию, и способствует комплексной оптимизации конструкции. Благодаря возможности проведения многочисленных тестов и исследований различных условий полета, CFD-моделирование помогает создавать более эффективные, устойчивые и аэродинамически оптимизированные БПЛА, что значительно повышает их производительность и надежность.

3.3 Аэродинамический анализ

Рассмотрим пример аэродинамического расчета для VTOL БПЛА с использованием CFD.

1.Создание 3D-модели: Модель создается в САД-программе, такой как SolidWorks или AutoCAD. Модель должна точно отражать форму и размеры аппарата.

2.Настройка параметров: В программе CFD устанавливаются параметры потока, такие как скорость воздуха, плотность, вязкость и угол атаки. Например: скорость воздуха: 15 м/с, плотность воздуха: 1.2 кг/м³, вязкость воздуха: 1.81 x 10⁻⁵ Па·с, угол атаки: 7°

3. Расчет: Программа CFD выполняет расчет, создавая сетку вокруг модели и решая уравнения Навье-Стокса для определения распределения давления и скорости потока.

4. Определение коэффициентов: Результаты расчета используются для определения аэродинамических коэффициентов. Например: коэффициент подъемной силы (CL) = 0.8, коэффициент лобового сопротивления (CD) = 0.03

Коэффициенты подъемной силы и сопротивления рассчитываются по следующим формулам:

$$CL = \frac{L}{0.5 \times \rho \times V^2 \times S} \quad (3.1)$$

$$CD = \frac{D}{0.5 \times \rho \times V^2 \times S} \quad (3.2)$$

Где L - подъемная сила,
 D - лобовое сопротивление,
 ρ - плотность воздуха,
 V - скорость полета,
 S - площадь крыла.

Рассчитаем подъемную силу и лобовое сопротивление для VTOL БПЛА при следующих параметрах:

1. Площадь крыла: 0.5 м²
 2. Скорость полета: 15 м/с
 3. Плотность воздуха: 1.2 кг/м³
- Подъемная сила:

$$CL = 0.8$$

$$L = 0.5 \times 1.2 \times 15^2 \times 0.5 \times 0.8 = 81 \text{ Н}$$

Лобовое сопротивление:

$$CD = 0.03$$

$$D = 0.5 \times 1.2 \times 15^2 \times 0.5 \times 0.03 = 2.025 \text{ Н}$$

4 Применение и перспективы развития

4.1 Коммерческое применение

VTOL (Vertical Take-Off and Landing) БПЛА открывают широкий спектр коммерческих возможностей благодаря своей уникальной способности вертикально взлетать и садиться, а также эффективно перемещаться в горизонтальном полете. Это делает их незаменимыми в ряде отраслей, где традиционные самолеты и вертолеты могут быть менее эффективны или вовсе неприменимы.

Одной из наиболее перспективных областей применения VTOL БПЛА является логистика и доставка грузов. Они могут использоваться для быстрой и безопасной транспортировки товаров в труднодоступные или удаленные районы, где отсутствует необходимая инфраструктура. VTOL БПЛА могут доставлять медицинские препараты, срочные посылки и другие критически важные грузы, снижая время доставки и затраты на транспортировку.

В сельском хозяйстве VTOL БПЛА используются для мониторинга посевов, внесения удобрений и средств защиты растений. Благодаря высокой маневренности и способности зависать на месте, они могут эффективно обследовать большие площади, собирать данные о состоянии посевов и выявлять проблемные участки. Это позволяет фермерам оперативно реагировать на изменения и оптимизировать процессы выращивания сельскохозяйственных культур.

VTOL БПЛА широко применяются в строительстве и управлении инфраструктурными проектами. Они могут использоваться для аэрофотосъемки, мониторинга строительства и инспекции сложных объектов, таких как мосты и высотные здания. Использование БПЛА позволяет получать точные данные о состоянии объектов, что способствует повышению безопасности и эффективности строительных работ.

VTOL БПЛА играют важную роль в обеспечении охраны и безопасности. Они используются для патрулирования границ, мониторинга общественных мероприятий, а также для поиска и спасательных операций. Оснащенные камерами высокого разрешения и тепловизорами, БПЛА могут обеспечивать круглосуточное наблюдение и оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации.

В области охраны окружающей среды VTOL БПЛА применяются для мониторинга экологической обстановки, включая отслеживание лесных пожаров, загрязнения водоемов и состояния дикой природы. Они позволяют собирать данные в реальном времени, что важно для принятия своевременных мер по защите окружающей среды и предотвращению экологических катастроф.

В индустрии медиа и развлечений VTOL БПЛА используются для съемки фильмов, спортивных событий и других массовых мероприятий. Благодаря своей маневренности и способности зависать в воздухе, они позволяют

получать уникальные ракурсы и динамичные кадры, которые невозможно снять с помощью традиционных методов.

VTOL БПЛА играют ключевую роль в геодезии и картографии. Они могут использоваться для создания высокоточных карт и 3D моделей местности, что особенно полезно при проведении геодезических изысканий, планировании строительства и управлении земельными ресурсами. Благодаря возможности быстро и точно собирать данные с больших площадей, VTOL БПЛА значительно ускоряют и упрощают эти процессы.

В энергетическом секторе VTOL БПЛА применяются для инспекции линий электропередач, ветряных и солнечных электростанций. Они позволяют быстро выявлять и устранять неисправности, проводить профилактическое обслуживание и мониторинг состояния оборудования, что способствует повышению надежности и эффективности энергетических систем.

Коммерческое применение VTOL БПЛА охватывает широкий спектр отраслей, предлагая эффективные решения для задач, которые требуют высокой маневренности, скорости и точности. Их использование позволяет сократить затраты, повысить безопасность и оперативность выполнения различных операций, делая их незаменимым инструментом в современном мире.

4.2 Возможности дальнейших исследований

Возможности дальнейших исследований в области VTOL БПЛА представляют собой широкое поле для инноваций и улучшений. Одним из ключевых направлений является развитие и оптимизация систем управления и навигации. Это включает в себя интеграцию искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения автономности и адаптивности аппаратов, что позволит им лучше реагировать на изменяющиеся условия и задачи.

Другим важным аспектом является улучшение энергетических систем, включая разработку более эффективных и легких аккумуляторов, а также альтернативных источников энергии, таких как солнечные панели или топливные элементы. Это позволит значительно увеличить время полета и грузоподъемность, а также снизить зависимость от традиционных аккумуляторов.

Исследования в области аэродинамики могут привести к созданию более эффективных и устойчивых конструкций. Это включает в себя изучение новых материалов и методов их применения, а также оптимизацию формы и конфигурации крыльев и фюзеляжа для снижения аэродинамического сопротивления и улучшения летных характеристик.

Еще одним перспективным направлением является развитие систем взаимодействия с окружающей средой. Это включает в себя улучшение сенсорных систем для более точного и надежного восприятия окружающей среды, а также разработку новых методов связи и передачи данных для

повышения координации и взаимодействия между несколькими БПЛА и наземными станциями.

Безопасность и надежность остаются важными областями для дальнейших исследований. Разработка новых систем аварийного реагирования, резервных механизмов и улучшение устойчивости к внешним воздействиям помогут повысить общую безопасность эксплуатации БПЛА в различных условиях.

Наконец, интеграция VTOL БПЛА в существующие инфраструктуры и процессы требует значительных исследований. Это включает в себя разработку стандартов и протоколов для взаимодействия с другими воздушными и наземными средствами, а также изучение социальных и правовых аспектов использования БПЛА в различных сферах.

Возможности дальнейших исследований в области VTOL БПЛА обширны и разнообразны, и их реализация может привести к значительным прорывам в технологиях, открывая новые горизонты для применения этих устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершение дипломной работы по проекту разработки вертикально взлетающего и посадочного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с высокой грузоподъемностью подчеркивает значимость данного направления в авиационной технике и беспилотных технологиях. В процессе работы были тщательно проанализированы и разработаны основные аспекты, касающиеся конструкции, аэродинамики, систем управления и навигации, а также телеметрии и связи.

Этот проект демонстрирует широкий спектр возможностей современных БПЛА в различных областях, начиная от коммерческого использования и заканчивая выполнением специализированных задач, таких как экологический мониторинг, поисково-спасательные операции и доставка грузов в отдаленные и труднодоступные регионы. Одним из ключевых аспектов проекта стало внедрение передовых аэродинамических решений, которые значительно повышают эффективность полета и улучшают управляемость аппарата. Инновационные конструктивные элементы, такие как изогнутые края крыльев и оптимизированное размещение вертикальных двигателей, обеспечивают БПЛА улучшенные летные характеристики и высокую энергоэффективность.

Процесс разработки и тестирования БПЛА также акцентирует внимание на важности продолжительных исследований в области совершенствования материалов, технологий производства и систем безопасности. Эти элементы являются критически важными для дальнейшего расширения использования БПЛА как в коммерческих, так и в частных целях, обеспечивая их надежность и соответствие строгим нормативным требованиям.

Перспективы будущих исследований Проект открывает широкие перспективы для дальнейших исследований, особенно в области интеграции искусственного интеллекта для обеспечения автономных полетов, разработки систем управления на основе машинного обучения и создания более совершенных телеметрических систем для мониторинга и управления полетами в реальном времени. Важным направлением является также усовершенствование правовой базы для регулирования использования БПЛА, что будет способствовать их безопасной и эффективной эксплуатации.

Вывод заключается в том, что дипломный проект подтверждает огромный потенциал БПЛА в современном технологическом мире, акцентируя важность междисциплинарного подхода к их разработке и применению. Продолжение работы в этом направлении обещает не только технические улучшения и инновации, но и решение широкого спектра задач, имеющих важное значение для общества и бизнеса. Проект также подчеркивает важность сотрудничества между различными областями знаний, что способствует созданию более эффективных и надежных БПЛА для разнообразных применений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов М.А., "Основы аэродинамики и динамики полета БПЛА", Москва, Издательство МГТУ им. Баумана, 2018.
2. Воронцов А.Л., "Малые беспилотные летательные аппараты: проектирование и применение", Санкт-Петербург, Издательство "Наука и Техника", 2020.
3. Горбунов-Посадов И.М., "Электронные системы навигации и управления полетами", Москва, Издательство "Радио и связь", 2019.
4. Ефимов Д.В. и Солонин К.Ю., "Проектирование авиационных и ракетных двигателей", Москва, Машиностроение, 2017.
5. Кудрявцев В.Н., "Теория полета БПЛА", Москва, Издательство МГТУ им. Баумана, 2016.
6. <https://www.rbc.ru/business/17/01/2017/584eafe69a7947118dc9e7de>

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Суворов Егор Сергеевич

Специальность 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

«Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов
в зоны ЧС»

ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

В работе студента Суворов Егор Сергеевич, описываются различные типы БПЛА, применяемы для мониторинга различных видов объектов.

Первая глава включает в себя Теоретический обзор, историю развития БПЛА, современные технологии.

Целью данной дипломной работы является создание прототипа VTOL БПЛА, который сможет нести значительную полезную нагрузку и будет оптимизирован для работы в разнообразных условиях.

Во второй главе приводится Техническое описание БПЛА типа VTOL, конструкция и компоновка и системы управления и навигации.

В третьей главе приводится: Аэродинамический анализ БПЛА типа VTOL, теоретический анализ и результаты моделирования

В четвертой главе рассматриваются вопросы Применения и перспективы развития БПЛА типа VTOL. И возможности дальнейших исследований БПЛА типа VTOL.

В ходе данной работы были тщательно исследованы и разработаны ключевые аспекты, связанные с конструкцией, аэродинамикой, системами управления и навигации, а также телеметрией и связью.

В Заключение приводится подведение итогов реализации проекта.

Оценка работы

Студент отлично ориентируется в теоретическом материале, работа выполнена согласно техническому заданию к дипломной работе, соблюдены все стандарты университета по написанию дипломных работ.

Считаю, что дипломная работа выполнена на отлично (А, 90%), а дипломант, Суворов Егор Сергеевич, заслуживает присвоения академической степени бакалавра Специальность 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Рецензент

КТН, ассоц.проф.,

Казахский национальный аграрный исследовательский университет

ЗЕРТТУ «УНИВЕРСИТЕТІ» ҚЕАҚ

Токмолдаев А. Б.

«ИНЖЕНЕРЛІК-ТЕХНИКАЛЫҚ»

ФАКУЛЬТЕТІ

« — » 2024 г.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Суворов Егор Сергеевич

Специальность 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

«Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов
в зоны ЧС»

Дипломная работа построена следующим образом: введение, анализ современных БПЛА. Гибридные БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой VTOL. Техническое описание БПЛА типа VTOL. Системы управления и навигации таких БПЛА, а также конструкция и компоновка, выводы, список литературы.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), и особенно вертикально взлетающие и посадочные аппараты (VTOL), в последнее десятилетие стали одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений в авиационной и аэрокосмической отраслях. Основное преимущество VTOL БПЛА заключается в их способности осуществлять взлёт и посадку в условиях ограниченного пространства, что делает их идеально подходящими для задач в густонаселённых городских условиях или на малодоступных территориях.

В рамках дипломной работы, создание прототипа VTOL БПЛА, который сможет нести значительную полезную нагрузку и будет оптимизирован для работы в разнообразных условиях. Основные выводы содержатся в заключении.

Дипломная работа Суворов Егор Сергеевич, может быть рекомендована к защите с присвоением ему академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering и оценивается на оценку 90 (отлично).

Научный руководитель:
ассоц-профессор, к.т.н



Дараев А.М.

«25» мая

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Суворов Егор Сергеевич

Тақырыбы: Проектирование гибридного БПЛА VTOL для доставки грузов в зоны ЧС

Жетекшісі: Абдумажит Дараев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 11.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.2

Дәйексөз (35): 0.6

Әріптерді ауыстыру: 9

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2024-06-03

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Суворов Егор Сергеевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование гибридного БПЛА VTOL для доставки грузов в зоны ЧС

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 11.2

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-06-03

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Суворов Егор Сергеевич

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование гибридного БПЛА VTOL для доставки грузов в зоны ЧС

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 11.2

Коэффициент Подобия 2: 4.2

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 9

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-06-03

Дата



Сүңғат Марксұлы

проверяющий эксперт