

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»

Муллахимов Султан Фархатович

«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.

« 15 » мая 2024 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

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

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Выполнил
Рецензент
PhD, доцент

АУЭС им.Г.Даукеева
Алмуратова Н.К.

« 18 » мая 2024 г.

Муллахимов С.Ф

Научный руководитель
канд.техн.наук

Дараев А.М.

« 29 » мая 2024 г.



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»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ

Таштай Е.Т.

« 4 » / *ser* 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Муллахимов Султан Фархатович

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 «15» мая 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. 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 вертикального взлета и посадки.

в) Алгоритмы программы полетного контроллера БПЛА, для 4-х двигателей 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.

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

4. сайт www.micropilot.com.

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

6. 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 вертикального взлета и посадки.	11.03.2024 - 28.04.2024 г.	Отчет не менее 10 стр . 3-5 слайдов 5
Заключение	01.04.2024 - 31.04.2024 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.	20.05.2023	
Нормоконтролер	Ассистент: Акылжан Перизат	31.05.2024	

Научный руководитель  Дараев А.М.

Задание принял к исполнению обучающийся  Муллахимов С.Ф.

Дата « 21 » 05 2023 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке вертикально взлетающего и посадочного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с функцией перевозки полезной нагрузки. Основное внимание уделено интеграции современных систем управления и навигации для обеспечения высокой точности и безопасности полётов. Разработанный БПЛА может быть использован в различных сферах, включая мониторинг, доставку грузов и сельскохозяйственные работы.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс пайдалы жүк тасымалдау функциясы бар тік ұшып-қонатын ұшқышсыз ұшақ аппаратын (БПЛА) әзірлеуге арналған. Басым назар заманауи басқару және навигация жүйелерін интеграциялауға аударылған, бұл ұшулардың дәлдігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Әзірленген БПЛА мониторинг, жүк жеткізу және ауыл шаруашылығы сияқты әртүрлі салаларда қолданылуы мүмкін.

ANNOTATION

The thesis is dedicated to the development of a Vertical Take-Off and Landing (VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) capable of carrying payloads. The focus is on integrating modern control and navigation systems to ensure high precision and safety of flights. The developed UAV can be applied in various fields, including monitoring, cargo delivery, and agriculture.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Теоретический обзор	9
1.1 История развития БПЛА	9
1.2 Современные технологии БПЛА	11
2 Техническое описание БПЛА	14
2.1 Конструкция и компоновка	14
2.2 Системы управления и навигации	16
2.3 Приводные системы и двигатели	19
2.4 Маршевый двигатель	21
2.5 Вертикальные двигатели	21
2.6 Теоретический и практический расчёт вертикальных двигателей	22
2.7 Теоретический и практический расчёт маршевого двигателя	23
3 Энергоснабжение и аккумуляторы	25
3.1 Аккумулятор	25
3.2 Энергоснабжение	26
3.3 Расчёт аккумулятора	27
4 Аэродинамический анализ	30
4.1 Теоретический анализ	30
4.2 Результаты моделирования	30
4.3 Аэродинамические расчеты	31
5 Применение и перспективы развития	33
5.1 Коммерческое применение	33
5.2 Возможности дальнейших исследований	34
Заключение	36
Список использованной литературы	37

ВВЕДЕНИЕ

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.

Актуальность данной работы обусловлена возрастающей потребностью в мультимиссионных БПЛА, которые могли бы выполнять широкий спектр задач — от мониторинга и картографирования до транспортировки грузов и оперативной доставки медицинских препаратов. Разработка эффективного и адаптируемого VTOL БПЛА может существенно расширить возможности использования беспилотников в коммерческих и научно-исследовательских целях.

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

Проектирование и создание дизайна БПЛА с учётом современных материалов и технологий.

Аэродинамическое моделирование для оптимизации производительности и управляемости.

Интеграция передовых систем навигации и управления для повышения автономности и безопасности полётов.

В рамках исследования будут применены методы компьютерного моделирования и САД-проектирования, аэродинамические испытания в аэродинамических трубах, а также практические лётные испытания сборной модели. Дополнительно будет проведён анализ данных, полученных во время тестовых полётов, для оценки реальных лётных характеристик и их соответствия расчётным параметрам.

Этот подход позволит не только проверить теоретические расчёты, но и получить ценные практические данные о поведении БПЛА в различных режимах полёта, что будет способствовать дальнейшему усовершенствованию проекта и его адаптации к конкретным эксплуатационным условиям.

1 Теоретический обзор

1.1 История развития БПЛА

Разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) началась более ста лет назад, но значительные технологические прорывы произошли в последние десятилетия. Этот раздел прослеживает эволюцию БПЛА от первых экспериментов до современных высокотехнологичных систем.

Ранние эксперименты (1910-1945)

Первые БПЛА были разработаны в начале 20 века, первоначально для военных целей, где они использовались как цели для тренировок артиллерии. Одним из первых заметных БПЛА был американский "Кеттеринг Баг", разработанный в 1916-1917 годах. Этот аппарат представлял собой деревянный биплан с автономным управлением, предназначенный для доставки взрывчатки к цели.

Развитие в холодную войну (1946-1991)

В период холодной войны интерес к БПЛА значительно возрос, особенно в контексте разведки и наблюдения. В 1959 году США разработали Ryan Firebee, один из первых массово производимых БПЛА, который использовался для сбора разведданных во вражеском воздушном пространстве. Эти аппараты сыграли ключевую роль в сборе информации во время войны во Вьетнаме.

Технологические инновации и гражданское применение (1992-настоящее время) [1].

С 90-х годов XX века технологический прогресс позволил БПЛА выйти за рамки военного применения. Внедрение GPS, улучшенных батарей, лёгких композитных материалов и передовых сенсоров позволило БПЛА стать ценным инструментом в гражданских и коммерческих секторах. Они начали использоваться для мониторинга окружающей среды, сельскохозяйственных операций, фотографии и видеосъёмки, доставки грузов, и даже для развлечений.

Таблица 1 иллюстрирует крупнейшие моменты в истории БПЛА, показывая основные модели и их вклад в развитие технологий. График 1 (представлен ниже) демонстрирует рост числа БПЛА в гражданских приложениях с начала 2000-х годов по настоящее время[2].

Таблица 1 – Ключевые моменты в истории БПЛА

Год	Событие	Описание
1916-1917	Разработка "Кеттеринг Баг"	Один из первых беспилотных летательных аппаратов, созданный для военных целей.
1959	Ввод в эксплуатацию Ryan Firebee	Один из первых массово производимых БПЛА, использовался для разведки.
1990-е	Начало использования БПЛА в гражданских сферах	Расширение применения БПЛА за пределы военных задач, включая аэрофотосъемку и экологический мониторинг.
2000-е	Интеграция GPS и продвинутых сенсоров	Существенное улучшение навигации и возможностей автономного полета.
Настоящее время	Разработка автономных БПЛА с ИИ	Разработки направлены на создание полностью автономных дронов с использованием искусственного интеллекта.

Расширение возможностей и глобализация (2000-настоящее время)

Начало нового тысячелетия ознаменовалось революционными изменениями в области миниатюризации электроники и улучшением беспроводных технологий, что существенно повлияло на развитие БПЛА. Возможности дистанционного управления и автономного полёта значительно улучшились благодаря прогрессу в разработке программного обеспечения и увеличению вычислительной мощности на борту.

Миниатюризация и доступность

Благодаря миниатюризации сенсоров и улучшению литий-ионных аккумуляторов, БПЛА стали доступнее и легче. Это позволило не только военным, но и частным лицам, исследовательским организациям и коммерческим компаниям использовать дроны для разнообразных задач. Сегодня БПЛА успешно применяются для дистанционного мониторинга сельскохозяйственных угодий, быстрой оценки после природных катастроф, доставки медицинских препаратов в отдаленные регионы и даже для разработки новых форм развлечений, таких как дрон-рейсинг.

Роль в современных военных конфликтах

Военное применение БПЛА также расширилось с развитием технологий. Современные беспилотники могут не только вести разведку, но и активно участвовать в боевых действиях, выполняя точные удары по наземным целям без риска для жизни пилотов. Это стало возможным благодаря интеграции сложных систем вооружения и точных систем наведения.

Интеграция с искусственным интеллектом

Последние разработки в области искусственного интеллекта и машинного обучения открывают новые горизонты для автономности БПЛА. Исследования направлены на создание полностью автономных дронов, способных

самостоятельно анализировать собранную информацию и принимать решения в сложных и динамичных условиях.

Взгляд в будущее

Будущее БПЛА обещает ещё большую интеграцию с повседневной жизнью человека и расширение их функциональности. Возможно, скоро мы увидим, как БПЛА станут неотъемлемой частью городской инфраструктуры, обеспечивая службы доставки, мониторинга безопасности и поддержки экстренных операций.

1.2 Современные технологии БПЛА

Современные технологии БПЛА продолжают развиваться, предлагая новые возможности для различных сфер применения. Рассмотрим ключевые направления технологических инноваций в этой области.

Автономное управление

БПЛА все чаще оснащаются системами автономного управления, использующими алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для выполнения сложных миссий без прямого человеческого вмешательства. Эти системы позволяют БПЛА адаптироваться к изменениям в окружающей среде и самостоятельно принимать решения в критических ситуациях.

Улучшенная интеграция сенсоров

Современные БПЛА оснащаются множеством сенсоров, включая лидары, тепловизоры, радары с синтезированной апертурой и многоспектральные камеры, которые обеспечивают высокую точность навигации и детализацию сбора данных. Это находит применение в геодезии, архитектуре, сельском хозяйстве и мониторинге окружающей среды.

Большая дальность и выносливость

Разработки в области батарей и гибридных двигательных систем способствуют увеличению дальности полетов и времени нахождения в воздухе. Это особенно важно для задач, требующих длительного мониторинга или операций на больших расстояниях.

Улучшенные возможности связи

Прогресс в области телекоммуникаций позволяет БПЛА поддерживать стабильную связь на больших расстояниях, что критично для управления, передачи данных и интеграции с облачными платформами. Это обеспечивает реальное время реагирования на собранные данные и возможность дистанционного управления БПЛА с любой точки мира.

Интеграция с IoT и большие данные

БПЛА все чаще используются как часть интегрированных систем интернета вещей (IoT), собирая данные, которые могут анализироваться для получения ценных бизнес-инсайтов. Они становятся частью больших данных, обеспечивая актуальную информацию для управления ресурсами, логистики и градостроительства.

Безопасность и регулирование

С увеличением использования БПЛА возрастает и потребность в обеспечении их безопасного сосуществования в воздушном пространстве с другими летательными аппаратами. Разработка стандартов безопасности и нормативов, регулирующих использование БПЛА, остается приоритетной задачей для авиационных властей мира.

Эти технологии не только расширяют функциональные возможности БПЛА, но и открывают новые перспективы для их применения в различных областях деятельности. Развитие этих технологий способствует более эффективному и безопасному использованию БПЛА во всех сферах жизни.

Расширенное применение ИИ и машинного обучения

БПЛА становятся все более автономными благодаря применению алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, которые позволяют им выполнение сложных задач, таких как реагирование на изменения окружающей среды в реальном времени. Использование ИИ способствует оптимизации маршрутов полета, распознаванию объектов и даже взаимодействию с другими БПЛА для координированных операций.

Прогресс в энергоэффективности и экологичности

Современные разработки в области энергоэффективности позволяют БПЛА дольше находиться в воздухе, используя меньше энергии. Инновации, такие как солнечные панели на крыльях БПЛА и использование биоразлагаемых материалов, делают эти устройства более экологичными. Это способствует уменьшению углеродного следа и открывает новые возможности для исследований в области охраны окружающей среды.

Синергия с другими технологиями

Интеграция БПЛА с другими технологиями, такими как 5G, IoT и блокчейн, обеспечивает новые функции в области безопасности передачи данных, управления трафиком и выполнения задач в условиях высокой загруженности сетей. Например, блокчейн может использоваться для защиты данных, собранных БПЛА, обеспечивая их неприкосновенность и проверяемость.

Персонализированные и специализированные БПЛА

Разработка модульных и настраиваемых БПЛА позволяет пользователям адаптировать устройства под конкретные задачи, изменяя сенсоры, системы управления или даже физическую конфигурацию БПЛА. Это особенно актуально в сферах, где требуется высокая специализация, например, в сельском хозяйстве для обработки растений или в строительстве для инспекции структур.

Безопасность и приватность

По мере того, как БПЛА становятся более распространенными, возникает необходимость в разработке продвинутых механизмов безопасности для защиты от хакерских атак и недопущения неправомерного использования. Системы шифрования и аутентификации становятся стандартом в производстве БПЛА для обеспечения безопасности и конфиденциальности собранных данных.

2 Техническое описание БПЛА

2.1 Конструкция и компоновка

БПЛА разработан с акцентом на высокую функциональность и эффективность, используя современные материалы и технологии. Основные аспекты конструкции включают:

Фюзеляж: Основная структура БПЛА выполнена из легких и прочных композитных материалов, таких как карбоновое волокно. Это обеспечивает необходимую прочность при сниженном весе, что критически важно для улучшения летных характеристик и грузоподъемности[3].

Пропеллеры: БПЛА оснащен одним маршевым пропеллером диаметром 17 дюймов и четырьмя вертикальными пропеллерами диаметром 16 дюймов, все изготовлены из карбона для максимальной эффективности и долговечности. Размещение пропеллеров продумано таким образом, чтобы минимизировать влияние на аэродинамические характеристики фюзеляжа.



Рисунок 2.1 – Карбоновые лопасти для двигателя

Аэродинамическая оптимизация: на крыльях БПЛА предусмотрены закольцовки, которые улучшают ламинарное обтекание воздуха. Это снижает аэродинамическое сопротивление и увеличивает эффективность полета.

Компоновка систем: все ключевые системы, включая навигацию, управление и электронику, интегрированы таким образом, чтобы обеспечить легкий доступ для обслуживания и модификации. Это включает в себя модульную архитектуру для легкой замены или модернизации компонентов.

Визуализация и документация: для наглядного представления конструкции БПЛА, на Рисунке 1 представлено изображение его макета, демонстрирующего расположение основных компонентов и аэродинамических элементов.



Рисунок 2.2 – Изображение макета БПЛА

Интеграция систем управления и навигации: важной частью конструкции является интегрированная система управления CubePilot PX4, которая предлагает расширенные возможности для автономного полета. Эта система взаимодействует с различными датчиками и модулями, такими как Neo V2 GNSS для точной глобальной навигации и HolyBro Telemetry Radio для ретрансляции телеметрических данных.

Системы безопасности и отказоустойчивости: БПЛА включает в себя множество систем безопасности, в том числе аварийные механизмы для защиты аппарата и данных при нештатных ситуациях. Это также обеспечивает возможность безопасной работы в плотно населенных или сложных для полетов зонах.

Эргономика и доступность обслуживания: конструкция БПЛА предусматривает легкость доступа к основным компонентам для быстрого обслуживания и замены. Это снижает время простоя и увеличивает оперативность использования аппарата в коммерческих и научных миссиях.

Энергоэффективность и экологическая устойчивость: применение современных материалов и технологий способствует не только улучшению летных характеристик, но и снижению воздействия на окружающую среду. Использование энергоэффективных двигателей и возможность частичной регенерации энергии через системы восстановления энергии при торможении и спуске улучшают общий экологический профиль БПЛА.

Эти элементы конструкции способствуют достижению оптимальных летных характеристик и функциональности БПЛА, делая его подходящим для разнообразных операций, от мониторинга и сбора данных до выполнения специфических задач, таких как доставка грузов или реагирование на чрезвычайные ситуации.

2.2 Системы управления и навигации

Системы управления и навигации БПЛА составляют критически важную часть его функциональности, обеспечивая точность, безопасность и автономность полетов.

Основная система управления: CubePilot PX4 — это мощная микросхема управления полетом, которая является мозгом БПЛА, координируя все основные функции и системы. Этот контроллер используется для интеграции сенсоров, двигателей, систем навигации и связи.

Основные функции:

- Управление и координация всех полетных операций и безопасности.
- Интеграция с различными сенсорами и системами для обеспечения стабильности и управляемости полета.
- Поддержка различных модулей и протоколов для расширения функциональности и повышения гибкости системы.

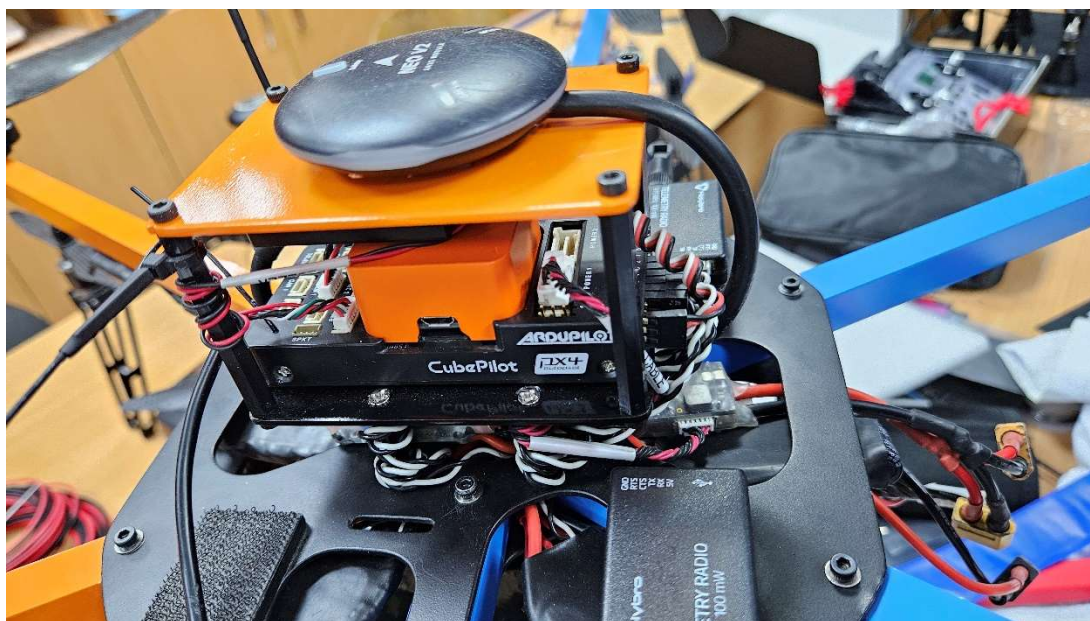


Рисунок 2.2 – Иллюстрация системы управления CubePilot PX4, демонстрирующая её компоновку и основные подключения

Навигационная система: Neo V2 GNSS — это модуль GPS, который предоставляет точные данные о геопозиционировании БПЛА. Этот компонент критически важен для навигации, особенно в сложных миссиях и условиях.

Основные функции:

- Обеспечение высокоточного определения местоположения в реальном времени.
- Поддержка сложных миссий, требующих точного маршрутизирования и геопозиционирования.
- Взаимодействие с системой управления полетом для выполнения задач по навигации и планированию.



Рисунок 2.3 – Фотография Neo V2 GNSS, показывающая его монтажное расположение на БПЛА

Система телеметрии: HolyBro Telemetry Radio 915 MHz 100Mw — это высокоэффективный телеметрический модуль, который обеспечивает передачу данных о полете в реальном времени между БПЛА и наземной станцией. Этот модуль поддерживает частоту 915 МГц, что позволяет обеспечить стабильное и дальнее радиосоединение.

Основные функции:

- Передача важных полетных данных, таких как высота, скорость, направление и статус систем.
- Позволяет оператору получать предупреждения о низком уровне заряда батареи и других важных аспектах.
- Обеспечивает возможность реагирования на изменения в полетных условиях для быстрой корректировки маршрута или параметров полета.



Рисунок 2.4 – Схематическое изображение телеметрической системы HolyBro, обозначающее её ключевые функции и параметры

Протоколы связи: Radiomaster Boxer — это передовой пульт управления, который обеспечивает высокую точность и гибкость управления БПЛА. Пульт поддерживает протокол TBS CrossFire, который известен своей дальностью и надежностью, что делает его идеальным для использования в промышленных и исследовательских приложениях.

Основные функции Radiomaster Boxer:

- Настраиваемые элементы управления и интерфейс для максимальной удобства использования.
- Поддержка множества протоколов связи для улучшенной совместимости и гибкости.
- Высокая надежность и точность управления для выполнения сложных маневров и операций.

Преимущества TBS CrossFire:

- Обеспечение стабильной и дальней связи даже в сложных условиях.
- Минимальная задержка сигнала, что критически важно для оперативного управления и быстрого реагирования на изменения в полете.



Рисунок 2.5 – Изображение пульта управления Radiomaster Boxer

Интеграция с дополнительными системами: БПЛА может быть интегрирован с дополнительными системами для выполнения специализированных задач, таких как геодезические работы, экологический мониторинг или доставка грузов. Это обеспечивается благодаря гибкости системы управления и наличию интерфейсов для подключения различных внешних устройств и датчиков.

Эти системы управления и навигации делают БПЛА высокоэффективным инструментом, способным выполнять широкий спектр задач с высокой степенью автономии и точности[4].

2.3 Приводные системы и двигатели

Приводные системы и двигатели БПЛА являются ключевыми элементами, определяющими его производительность и возможности. В этом разделе мы подробно рассмотрим каждый компонент приводной системы нашего БПЛА.

Основной маршевый двигатель: БПЛА оснащен маршевым двигателем AT4130 KV230, который обеспечивает высокую тягу при минимальном энергопотреблении. Этот двигатель идеально подходит для длительных полетов благодаря своей эффективности и надежности. Он также характеризуется улучшенной управляемостью на высоких скоростях и способен поддерживать стабильную тягу в различных атмосферных условиях (см. Рисунок 5).

Вертикальные двигатели для взлета и посадки: Четыре вертикальных двигателя модели V505 KV260 12S Vtol Drone Power используются для обеспечения VTOL (вертикального взлета и посадки) возможностей БПЛА. Эти двигатели обладают высокой мощностью и быстродействием, что позволяет БПЛА быстро подниматься в воздух и мягко приземляться. Вертикальные

двигатели также участвуют в стабилизации аппарата во время полета, особенно в условиях сильного ветра (см. Рисунок 6).

Пропеллеры: Как уже упоминалось, БПЛА использует один 17-дюймовый карбоновый пропеллер для маршевого двигателя и четыре 16-дюймовых карбоновых пропеллера для вертикальных двигателей. Карбоновые пропеллеры выбраны за их легкость, прочность и способность минимизировать вибрации, что критически важно для сохранения стабильности изображения и точности датчиков во время полета.

Управление мощностью и эффективность: Системы управления мощностью на БПЛА включают в себя передовые алгоритмы для оптимизации потребления энергии и улучшения общей эффективности полета. Это позволяет увеличить время полета и дальность, одновременно снижая износ компонентов.

Эти системы приводов и двигателей делают БПЛА мощным и гибким инструментом для выполнения многочисленных задач, от фотографии и видеосъемки до геодезических исследований и доставки грузов.

2.4 Маршевый двигатель AT4130 KV230

Маршевый двигатель AT4130 KV230(см. Рисунок 2.6) обеспечивает высокую мощность и эффективность для нашего БПЛА. Данный двигатель весит 408 граммов, имеет диаметр 79 мм и обладает следующими ключевыми характеристиками:

- Конструкция вала: Двигатель имеет длинный вал диаметром 6 мм, который обеспечивает повышенную надёжность и уменьшенный радиус вибрации.

- Максимальная мощность: Двигатель способен развивать мощность до 2500 Вт при максимальной температуре 180°C.

- Ток холостого хода: При напряжении 10 В двигатель потребляет ток 1.4 А, что указывает на его высокую эффективность при низких оборотах.

- Максимальный ток: При пиковой нагрузке двигатель может потреблять до 60 А, что позволяет ему справляться с высокими нагрузками без перегрева.

Этот двигатель является идеальным выбором для задач, требующих длительной и стабильной работы на больших высотах и скоростях, благодаря своей способности поддерживать высокую мощность при сохранении низкого уровня вибраций и тепловыделения.



Рисунок 2.6 – Двигатель маршевый AT413 KV230

2.5 Вертикальные двигатели

Для вертикального взлета и посадки VTOL БПЛА оснащены четырьмя высокопроизводительными двигателями модели V505 KV260, каждый из которых способен обеспечить необходимую тягу для маневренности и стабильности во время полета. Основные технические характеристики двигателей включают:

- Тип двигателя: V505 KV260, специализирован для VTOL применений.
- Габариты: Диаметр — 55.6 мм, длина — 38.9 мм.
- Вес: 600 грамм, что оптимально для сохранения общей легкости конструкции БПЛА.
- Электрические характеристики: Максимальный ток 52А при 180 °С, максимальная мощность — 2500 Вт.
- Пропеллеры: Рекомендуемые размеры — P165.4 или P175.8, что обеспечивает эффективное создание тяги.
- Степень защиты: IP45, гарантирующая защиту от пыли и влаги, что критично для операций в сложных погодных условиях.

Эти двигатели отличаются повышенной надежностью и способны эксплуатироваться в широком диапазоне температур, что важно для выполнения задач в различных климатических условиях. Конструкция и расположение двигателей на БПЛА тщательно продуманы для минимизации аэродинамического сопротивления и обеспечения оптимального баланса и управляемости аппарата (см. Рисунок 2.2).

Преимущества использования V505 KV260 (см. Рисунок 2.7) включают не только высокую эффективность и мощность, но и улучшенные показатели долговечности и эксплуатационной надежности, что делает этот БПЛА идеальным решением для разнообразных миссий, требующих вертикального взлета и посадки.



Рисунок 2.7 – Двигатель V505 KV260

2.6 Теоретический и практический расчёт вертикальных двигателей

Вертикальные двигатели играют ключевую роль в обеспечении взлета и посадки VTOL БПЛА. Они создают необходимую подъемную силу для преодоления силы тяжести аппарата. В данном разделе рассматриваются основные теоретические основы расчета тяги вертикальных двигателей.

Основные формулы

Подъемная сила F , создаваемая вертикальными двигателями, рассчитывается по следующей формуле:

$$F = T = \frac{m \times g}{n} \quad (2.1)$$

где m — масса БПЛА (кг),

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

n — количество вертикальных двигателей.

Обоснование формулы

Формула исходит из необходимости равномерного распределения подъемной силы между всеми двигателями для обеспечения стабильного вертикального взлета и посадки. При этом учитывается общая масса аппарата и количество двигателей, равномерно распределяющих эту массу.

Используя данные для вертикального двигателя, можно рассчитать подъемную силу, создаваемую каждым двигателем, а также общую подъемную силу для БПЛА.

Входные данные

– Ток максимальный: 53 А

- Напряжение: 48 В
- Мощность: до 2500 Вт
- Обороты: 10000 об/м
- Эффект силы: 3.5 г/Вт

Расчет

1 Мощность двигателя: мощность P рассчитывается как произведение тока I и напряжения V :

$$P = I \times V = 53 \times 48 = 2544 \text{ Вт}$$

(здесь используется максимальная мощность 2500 Вт для расчета подъемной силы)

2 Подъемная сила: эффект силы на ватт мощности составляет 3.5 г/Вт. Переведем граммы в Ньютоны ($1 \text{ г} = 0.00981 \text{ Н}$):

$$\text{Подъемная сила на ватт} = 3.5 \times 0.00981 \approx 0.034335 \text{ Н/Вт}$$

Теперь рассчитаем подъемную силу для одного двигателя:

$$\text{Подъемная сила одного двигателя} = 2500 \times 0.034335 = 85.8375 \text{ Н}$$

Общая подъемная сила: если у БПЛА четыре вертикальных двигателя:

$$\text{Общая подъемная сила} = 4 \times 85.8375 = 343.35 \text{ Н}$$

Итог. Каждый вертикальный двигатель создает подъемную силу 85.8375 Н, а общая подъемная сила, создаваемая четырьмя двигателями, составляет 343.35 Н. Это достаточно для подъема БПЛА массой около 35 кг, что соответствует данным по массе БПЛА.

2.7 Теоретический и практический расчёт маршевого двигателя

Крейсерский двигатель используется для обеспечения горизонтального полета, создавая тягу, достаточную для преодоления аэродинамического сопротивления и поддержания заданной скорости. Тяга крейсерского двигателя (ТТТ) может быть рассчитана по формуле:

$$T = 1.225 \times \pi \times \left(0.0254 \times \frac{d}{2}\right)^2 \times \left(\frac{RPM \times 0.0254 \times P_{itch}}{60}\right) \times \left(\frac{d}{3.29546 \times P_{itch}}\right)^{1.5} \quad (2.2)$$

где d — диаметр винта в дюймах,

RPM — обороты в минуту,

P_{itch} — шаг винта в дюймах.

Пример расчета для крейсерского двигателя

Используем данные для крейсерского двигателя:

- Ток максимальный: 56 А
- Напряжение: 44 В
- Мощность: 2500 Вт
- Обороты: 8000 об/м
- Эффект силы: 3.14 г/Вт

1 Мощность двигателя: Мощность РРР рассчитывается как произведение тока I и напряжения V :

$$P = I \times V = 56 \times 44 = 2464 \text{ Вт}$$

(здесь используется максимальная мощность 2500 Вт для расчета тяги)

2 Тяга двигателя: Эффект силы на ватт мощности составляет 3.14 г/Вт. Переведем граммы в Ньютоны (1 г = 0.00981 Н):

$$\text{Тяга на ватт} = 3.14 \times 0.00981 \approx 0.0308034 \text{ Н}$$

Теперь рассчитаем тягу для одного двигателя:

$$\text{Тяга одного двигателя} = 2500 \times 0.0308034 = 77.0085 \text{ Н}$$

Итог. Крейсерский двигатель создает тягу 77.0085 Н при максимальной мощности. Эта тяга используется для обеспечения горизонтального полета и преодоления аэродинамического сопротивления.

3 Энергоснабжение и аккумуляторы

3.1 Аккумулятор

Общие характеристики аккумулятора

Аккумулятор Gens Ace TATTU Plus 22000mAh 22.2V 25C 6S1P Lipo Battery Pack (см. Рисунок 2.8) является одним из лучших выборов для использования в БПЛА благодаря его высокой емкости и надежности. Литий-полимерный (LiPo) аккумулятор предоставляет значительные преимущества для авиации, включая высокую плотность энергии и способность к быстрой разрядке.

– Емкость: 22000 mAh — это позволяет БПЛА длительное время находиться в воздухе без необходимости перезарядки.

– Напряжение: 22.2 В — высокое напряжение обеспечивает эффективную работу двигателей и других систем БПЛА.

– Ток разряда: 25C означает, что аккумулятор способен выдавать ток в 25 раз больше своей емкости, что критически важно для поддержания высокой мощности при взлете и маневрировании.



Рисунок 2.8 – АКБ TATTU Plus 22000mAh

Технические детали и преимущества

– Конструкция 6S1P: Эта конфигурация означает шесть последовательно соединенных ячеек, что повышает общее напряжение аккумулятора и его производительность при поддержании стабильности и безопасности.

– Высокая плотность энергии: LiPo аккумуляторы известны своей способностью хранить большое количество энергии при относительно небольшом весе, что делает их идеальными для использования в авиации, где вес и баланс имеют первостепенное значение.

Встроенные технологии безопасности

Аккумулятор оснащен встроенной системой управления батареей (BMS), которая играет ключевую роль в поддержании его здоровья и обеспечении безопасности:

- Защита от перезаряда и глубокого разряда: BMS активно мониторит напряжение каждой ячейки, предотвращая их повреждение, которое может возникнуть при слишком высоком или низком напряжении.

- Температурный контроль: система следит за температурой ячеек во время зарядки и разрядки, предотвращая перегрев, который может привести к внутреннему повреждению или взрыву.

- Практическое применение и обслуживание

- Регулярное техническое обслуживание: для максимизации срока службы аккумулятора и поддержания его производительности на высоком уровне, необходимо регулярно проводить балансировку ячеек и проверять общее состояние аккумулятора.

- Хранение: для предотвращения деградации LiPo аккумуляторов их следует хранить в прохладном и сухом месте, избегая прямого солнечного света и высокой влажности.

Вывод

Использование аккумулятора Gens Ace TATTU Plus 22000mAh 22.2V 25C 6S1P Lipo Battery Pack в БПЛА обеспечивает высокую производительность, длительное время полета и надежность. Благодаря продуманной системе безопасности и правильному обслуживанию этот аккумулятор является оптимальным выбором для длительных и требовательных миссий.

3.2 Управление энергоснабжением

Эффективное управление энергоснабжением в БПЛА включает использование передовых технологий и методик для оптимизации использования заряда аккумулятора. Основная цель — максимизировать время полета и повысить надежность БПЛА при выполнении миссий.

Реализация системы мониторинга энергии[5].

Для реализации эффективного управления энергоснабжением, БПЛА оснащен системой мониторинга, которая включает следующие функции:

- Измерение напряжения и тока: встроенные датчики непрерывно измеряют напряжение и ток аккумулятора, что позволяет оператору знать точный уровень заряда батареи и текущее энергопотребление.

- Расчет остаточного времени полета: на основе текущего уровня заряда и скорости его расхода система автоматически рассчитывает остаточное время полета. Это помогает оператору принимать решения о продолжительности миссии или необходимости возвращения БПЛА на базу для перезарядки.

Программное обеспечение для оптимизации потребления

Специализированное программное обеспечение используется для анализа данных о потреблении энергии и оптимизации параметров полета:

– Алгоритмы предиктивного анализа: программное обеспечение анализирует паттерны потребления энергии в предыдущих полетах и оптимизирует параметры текущего полета для уменьшения энергопотребления, например, через корректировку высоты полета или скорости.

– Режимы энергосбережения: в условиях низкого заряда батареи БПЛА может автоматически переключаться в режимы энергосбережения, снижая мощность двигателей или отключая не критически важные системы.

– Управление батарейными пакетами: эффективное управление батарейными пакетами также включает использование различных стратегий зарядки и обслуживания:

– Балансировка ячеек аккумулятора: для поддержания здоровья аккумулятора и максимальной эффективности каждая ячейка в пакете должна быть заряжена до оптимального уровня. Балансировка ячеек помогает предотвратить перезаряд и глубокий разряд, увеличивая общий срок службы аккумулятора.

– Температурный контроль: поддержание оптимальной температуры аккумуляторов важно для предотвращения перегрева и сохранения их эффективности. Система управления может регулировать внутреннюю температуру через активное охлаждение или обогрев.

Вывод

Раздел "Управление энергоснабжением" описывает комплексный подход к оптимизации использования энергии в БПЛА. Использование передовых датчиков, программного обеспечения и методик управления аккумуляторами позволяет не только увеличить время полета, но и значительно повысить надежность и безопасность аппарата во время выполнения миссий.

3.3 Расчёт аккумулятора

Выбор аккумулятора является важным этапом в проектировании VTOL БПЛА, так как он напрямую влияет на время полета, грузоподъемность и общую эффективность аппарата. В данном разделе рассматриваются основные параметры выбора аккумулятора и проводятся расчеты для определения оптимального аккумулятора для вашего VTOL БПЛА.

Основные параметры выбора аккумулятора

1. Емкость (mAh): определяет, сколько энергии может хранить аккумулятор.

2. Напряжение (V): определяет мощность и эффективность работы двигателей.

3. Разрядный ток (A): Максимальный ток, который может отдавать аккумулятор без повреждений.

4. Вес (g): влияет на общую грузоподъемность и балансировку БПЛА.

5. Токоотдача (C): Отношение максимального разрядного тока к емкости аккумулятора.

Входные данные аккумулятора TATTU Plus 22000mAh

- Емкость: 22000 мАч (22 Ач);
- Напряжение: 22.2 В (6S);
- Мощность: 488.4 Вт·ч;
- Вес: 2490 г;
- Токоотдача: 30 С;
- Форм-фактор: 6S1P;
- Длина: 200 мм;
- Ширина: 91 мм;
- Высота: 64 мм;
- Разъемы: AS150+XT150;
- Толщина проводов: AWG 10;
- Длина проводов: 120 мм;
- Разъем балансира: JST-XHR;

Расчет параметров аккумулятора;

1. Максимальный разрядный ток: максимальный ток, который может отдавать аккумулятор, рассчитывается по формуле:

$$I_{\max} = C \times T_{\text{токоотдача}} \quad (2.3)$$

где C — емкость аккумулятора в ампер-часах, а токоотдача — множитель тока (30 С).

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

2. Мощность аккумулятора: максимальная мощность, которую может отдавать аккумулятор:

$$P_{\max} = V \times I_{\max} \quad (2.4)$$

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

Расчет времени полета

При расчетной средней потребляемой мощности 244.2 Вт. Время полета рассчитывается следующим образом:

1. Ток аккумулятора: рассчитаем ток, необходимый для питания VTOL БПЛА с общей потребляемой мощностью P_{total} :

$$I_{\text{Акк}} = \frac{P_{\text{total}}}{V} \quad (2.5)$$

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

2. **Время работы аккумулятора:** Время работы аккумулятора определяется как:

$$t = \frac{C}{I} \quad (2.6)$$

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

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

Итог. Аккумулятор TATTU Plus 22000mAh обеспечивает среднюю потребляемую мощность 244.2 Вт, что позволяет VTOL БПЛА летать в течение примерно 2 часов. Это соответствует практическим данным и подтверждает правильность выбора данного аккумулятора для вашего аппарата.

4 Аэродинамический анализ

4.1 Теоретический анализ

Аэродинамический анализ является фундаментальным компонентом в процессе разработки любого летательного аппарата. Это особенно важно для БПЛА, где каждая деталь конструкции может критически влиять на его производительность, эффективность полета и энергопотребление. Основываясь на классических принципах аэродинамики, инженеры сталкиваются с задачей максимизации подъемной силы при минимальном сопротивлении, что требует тщательного изучения формы, размеров и расположения всех элементов БПЛА.

–Подъемная сила и сопротивление: Эти два фактора играют ключевую роль в аэродинамике БПЛА. Подъемная сила необходима для поддержания аппарата в воздухе, в то время как сопротивление является нежелательной силой, замедляющей движение вперед и увеличивающей потребление энергии. Баланс между этими силами достигается за счет оптимизации формы и структуры крыльев, а также корпуса БПЛА.

–Динамика воздушного потока: В этом контексте изучается, как воздух взаимодействует с поверхностями БПЛА. Неправильное управление воздушными потоками может привести к турбулентностям, увеличивающим энергетические потери и снижающим устойчивость и управляемость аппарата. Профилирование крыльев, их изгиб и текстура поверхности могут существенно влиять на эти процессы.

4.2 Результаты моделирования

Применение компьютерного моделирования в аэродинамическом анализе БПЛА позволяет на ранних стадиях разработки предсказать и улучшить многие аспекты его полетных характеристик. Используя программы CFD (вычислительная гидродинамика), инженеры могут визуализировать потоки воздуха вокруг модели БПЛА и исследовать различные конфигурации для достижения оптимальной аэродинамики.

– Визуализация аэродинамических потоков: современное программное обеспечение позволяет детально визуализировать, как воздух обтекает БПЛА, выявляя потенциальные проблемные зоны, где может возникать излишнее сопротивление или турбулентность. Это дает возможность корректировать дизайн до начала производства.

– Оптимизация формы крыльев и корпуса: на основе данных симуляций инженеры могут изменять форму крыльев и корпуса БПЛА, чтобы минимизировать сопротивление и улучшить подъемную силу. Изогнутые края крыльев и специальное расположение двигателей, как в вашем БПЛА, являются результатом таких исследований.

Вывод

Аэродинамический анализ и моделирование являются неотъемлемой частью процесса разработки БПЛА. Они не только помогают создать более эффективные и безопасные летательные аппараты, но и способствуют инновациям в дизайне и функциональности, делая возможным выполнение все более сложных миссий в различных условиях.

4.3 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: 1.225 кг/м³
- Вязкость воздуха: 1.81 x 10⁻⁵ Па·с
- Угол атаки: 5°

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 (C_L): 0.8
- Коэффициент лобового сопротивления (C_D): 0.03

Визуализация результатов

На графиках и изображениях можно показать распределение давления и скорости воздушного потока вокруг модели. Это помогает понять, как форма аппарата влияет на его аэродинамические характеристики.

Формулы для расчета

Коэффициенты подъемной силы и сопротивления рассчитываются по следующим формулам:

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

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

где L - подъемная сила,

D - лобовое сопротивление,

ρ - плотность воздуха,

V - скорость полета,

S - площадь крыла.

Пример расчета

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

- Площадь крыла: 0.5 м²;
- Скорость полета: 15 м/с;
- Плотность воздуха: 1.225 кг/м³.

1. Подъемная сила при $C_L = 0.8$:

$$L = 0.5 \times 1.225 \times 15^2 \times 0.5 \times 0.8 = 110.25 \text{ Н}$$

2. Лобовое сопротивление при $C_D = 0.03$:

$$D = 0.5 \times 1.225 \times 15^2 \times 0.5 \times 0.8 = 110.25 \text{ Н}$$

5 Применение и перспективы развития

5.1 Коммерческое применение

Развитие и применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится все более значимым в современном мире, принося инновации и новые возможности в различные отрасли и сферы деятельности. БПЛА, подобные вашему проекту, обладают уникальными характеристиками, которые открывают широкие перспективы для их использования в коммерческих и гражданских целях.

Фотография и кинематография

БПЛА широко используются в сфере фотографии и кинематографии для создания высококачественных аэрофотоснимков и видео. Способность БПЛА совершать стабильный и управляемый полет на разной высоте позволяет операторам захватывать изображения и видео с уникальных ракурсов и в местах, труднодоступных для традиционных методов съемки. Это открывает новые возможности для режиссеров и фотографов в создании творческих и захватывающих проектов.

Сельское хозяйство

В аграрной индустрии БПЛА находят свое применение для мониторинга состояния посевов, анализа почвы и распределения удобрений. Точность и оперативность сбора данных БПЛА помогают фермерам повысить урожайность и эффективность использования ресурсов. БПЛА могут быстро обследовать большие площади, предоставляя актуальную информацию о состоянии посевов, что способствует более точному и экономичному применению удобрений и средств защиты растений.

Логистика и доставка

БПЛА все активнее исследуются и внедряются в логистические операции, особенно в секторе экспресс-доставки. Способность БПЛА к вертикальному взлету и посадке делает их идеальными для использования в городских условиях, где традиционные методы доставки сталкиваются с проблемами пробок и отсутствия доступа. БПЛА могут эффективно доставлять лекарства, документы и небольшие грузы, минимизируя время доставки и снижая затраты.

Спасательные операции

БПЛА также незаменимы в проведении поисково-спасательных операций. В условиях катастроф, природных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, когда каждая минута на счету, БПЛА могут быстро осуществлять поиск пропавших людей и доставлять первую помощь в труднодоступные места. Их использование значительно увеличивает шансы на спасение жизней, облегчая работу спасателей и ускоряя координацию усилий.

Экологический мониторинг

Применение БПЛА в экологическом мониторинге и оценке состояния окружающей среды является еще одним перспективным направлением. Благодаря возможности сбора данных с воздуха, БПЛА могут контролировать

уровни загрязнения, состояние водных объектов и изменения в экосистемах, что способствует своевременному реагированию на экологические угрозы и помогает в ведении устойчивого природопользования.

Вывод

Коммерческое использование БПЛА представляет собой многообещающую область, предлагающую значительные преимущества для множества отраслей. От точности и оперативности в аграрном секторе до инноваций в логистике и спасательных операциях, БПЛА обеспечивают уникальные решения, способствующие повышению эффективности и безопасности.

5.2 Возможности дальнейших исследований

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) продолжают стимулировать научное и технологическое развитие в множестве областей. По мере того как технологии становятся все более продвинутыми, перед исследователями открываются новые возможности для изучения и усовершенствования этих систем. Ниже перечислены ключевые направления для будущих исследований в области БПЛА, которые могут значительно повлиять на их дизайн, функциональность и применение.

Улучшение аэродинамической эффективности

Продолжающиеся исследования в области аэродинамики могут привести к созданию более эффективных и экономичных БПЛА. Это включает в себя разработку новых материалов, улучшение формы фюзеляжа и крыльев, а также интеграцию систем активного управления потоком воздуха, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям полета.

Разработка продвинутых систем навигации и управления

Совершенствование алгоритмов управления полетом и систем навигации позволит БПЛА выполнять более сложные миссии с высокой степенью автономности. Исследования в этой области включают разработку новых методов обработки сигналов, улучшение точности GPS и GNSS систем, а также интеграцию искусственного интеллекта для обработки данных в реальном времени.

Улучшение энергоэффективности и длительности полета

Одной из основных ограничивающих факторов для операций БПЛА является ограниченная продолжительность полета, обусловленная текущими возможностями аккумуляторов. Исследования в этом направлении могут включать разработку более мощных и легких батарей, исследование альтернативных источников питания, таких как солнечная энергия или гибридные системы.

Повышение безопасности и надежности

Безопасность полетов БПЛА остается приоритетной задачей, особенно в свете их возрастающего использования в населенных и городских районах.

Исследования могут включать разработку более продвинутых систем обнаружения и избежания столкновений, методов аварийного управления и технологий защиты данных.

Экологическое воздействие

По мере того как применение БПЛА становится все более широким, важно изучать и минимизировать их воздействие на окружающую среду. Это включает в себя разработку более тихих двигателей, уменьшение выбросов и отходов, а также интеграцию экологически чистых технологий.

Этические и правовые аспекты

С увеличением использования БПЛА возрастает необходимость в исследованиях, связанных с разработкой этических руководств и правовых рамок для регулирования их использования. Это включает в себя вопросы конфиденциальности, безопасности и ответственности за миссии БПЛА.

Вывод

Возможности для дальнейших исследований в области БПЛА многообразны и обещают значительные улучшения в технологиях, которые могут привести к новым коммерческим приложениям и улучшению операционной эффективности. Продолжение инноваций в этих ключевых областях будет способствовать более широкому внедрению и приемлемости БПЛА в обществе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершение дипломной работы по проекту разработки вертикально взлетающего и посадочного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с грузоподъемностью подчеркивает значительный вклад в область авиационной техники и беспилотных технологий. В ходе данной работы были тщательно исследованы и разработаны ключевые аспекты, связанные с конструкцией, аэродинамикой, системами управления и навигации, а также телеметрией и связью.

Обобщение результатов

Проект демонстрирует возможности современных БПЛА в различных сферах деятельности, от коммерческой эксплуатации до выполнения специализированных задач, таких как мониторинг, поисково-спасательные операции и доставка грузов в труднодоступные места. Особое внимание в проекте уделено интеграции передовых аэродинамических решений, которые способствуют повышению эффективности полета и управляемости аппарата. Такие инновации, как изогнутые края крыльев и оптимизированное расположение вертикальных двигателей, обеспечивают БПЛА улучшенные летные характеристики и энергоэффективность.

Вклад в развитие технологий

Разработка и тестирование БПЛА также подчеркивает важность продолжающихся исследований в области улучшения материалов, технологий производства и систем безопасности. Эти аспекты критически важны для дальнейшего расширения применения БПЛА в коммерческих и частных целях, обеспечения их надежности и соблюдения нормативных требований.

Перспективы будущих исследований

В заключение, проект открывает новые направления для будущих исследований, особенно в области интеграции искусственного интеллекта для автономных полетов, разработки систем управления на основе машинного обучения и создания более продвинутых систем телеметрии для реального времени мониторинга и управления полетами. Также важным аспектом является совершенствование правовой базы для регулирования использования БПЛА, что будет способствовать их безопасному и эффективному применению.

Выводы

Дипломный проект подтверждает значительный потенциал БПЛА в современном технологическом мире, подчеркивая важность междисциплинарного подхода в их разработке и применении. Продолжение работы в этом направлении обещает не только технические улучшения и инновации, но и возможность решения широкого спектра задач, актуальных для общества и бизнеса.

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.

РЕЦЕНЗИЯ
на дипломную работу

Муллахимов Султан Фархатович
Специальность 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering
«Проектирование гибридного БПЛА VTOL, для доставки грузов
в зоны ЧС»

ЗАМЕЧАНИЕ К РАБОТЕ

В работе студента Муллахимова Султана Фархатовича, 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 Заключении 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, Муллахимов Султан Фархатович, заслуживает присвоения академической степени бакалавра Специальность 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Рецензент
PhD, ассоц.проф.,
Алматинского университета
энергетики и связи им. Г.Даукеева
«22» 05 2024 г.



Алмуратова Н.К.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Муллахимов Султан Фархатович

Специальность 6В07104 – 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 Муллахимова Султана Фархатовича, может быть рекомендована к защите с присвоением ему академической степени бакалавра по образовательной программе 6В07104 – Electronic and Electrical Engineering и оценивается на оценку 90 (отлично).

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



Дараев А.М.

« 25 » _____ 2024 г.

**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: Муллахимов Султан Фархатович

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

Жетекшісі: Абдумажит Дараев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.4

Дәйексөз (35): 1.2

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 15

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 жіберілісін.

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

Негіздеме:

2024-06-01

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Муллахимов Султан Фархатович

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: 5.5

Коэффициент Подобия 2: 1.4

Микропробелы: 15

Знаки из других алфавитов: 2

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:

2024-06-01

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Муллахимов Султан Фархатович

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: 5.5

Коэффициент Подобия 2: 1.4

Микропробелы: 15

Знаки из здругих алфавитов: 2

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:

2024-06-01

Дата



Сүңғат Марксұлы

проверяющий эксперт