

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

Какаманов Аслан Булатович

«Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6В07121 –Космическая техника и технологии

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт цифровых технологий и профессионального развития

Кафедра «Электроники, телекоммуникации и космических технологий»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой ЭТиКТ,

канд. техн. наук

Тацгай Е.Т.

«02» 02 2024 г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных
батарей»

6В07121 –Космическая техника и технологии

Выполнил

Какаманов А.Б.

Рецензент

Руководитель Лаборатории

ТОО «ИКТТ», к.т.н. доцент

Инчин А.С.

«02» 02 2024 г.

Научный руководитель

Ассоциированный профессор, к.т.н. Дараев

А.М.

«02» 02 2024 г.

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.

2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Дипломнику Какаманов Аслан Булатович: «Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей»,

утвержденный приказом Ректора Университета №1755-го «29» ноября 2023 г.

Срок сдачи законченной работы «15» апреля 2024 г.

1. Исходные данные к дипломной работе:

Необходимо соблюдать требования следующих международных стандартов

1.1 Исходным данные – БПЛА самолетного типа, с маршевым двигателем, типа летающее крыло. Мощность двигателя – 150Вт.

1.2 Суммарная мощность солнечных батарей – 200Вт.

1.3 Емкость аккумуляторной батареи – 25.2 Вольт. 9 А/ч.

1.4 Максимальная дальность полета в одну сторону – 570км.

1.5 Максимальная продолжительность полета – 10 часов.

1.6 БПЛА – Обзор характеристик существующих систем самолетного типа на солнечных батареях

2. Задание на дипломную работу:

2.1 Обзор существующих на рынках типов БПЛА на солнечных элементах.

2.2 Методы изготовления БПЛА самолетного типа на солнечных батареях.

2.3 Выборы и расчет солнечных панелей для питания БПЛА самолетного типа

2.4 Выбор и расчет винтомоторной группы тягового электродвигателя.

2.5 Алгоритмы использования и конвертации Солнечной энергии для накопления и расходования электроэнергии во время полета.

2.6 Программа контроллера БПЛА, для управления и навигации на программе MatLab

Список литературы:

1. Афанасьев П. П., Веркин Ю. В., Голубев И. С. и др. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты). М.: МАИ, 2006.

2. Афанасьев П. П., Голубев И. С., Новиков В.Н. и др. Беспилотные летательные аппараты. Под ред. д.т.н., проф. Голубева И.С. и д.т.н., проф. Туркина И.К., М.: МАИ, 2008.

3. Гуляев В.В., Демченко О.Ф., Долженков Н.Н. и др. Математическое моделирование при формировании облика летательного аппарата. Под ред. д.т.н., проф. Подобедова В.А. М.: Машиностроение, 2005.
4. Давыдова М. И., Раковская Э. М., Тушинский Г. К. Физическая география СССР. Т. 1. М.: Просвещение, 1989.
5. Егер С. М., Мишин В. Ф., Лисейцев Н. К. и др. Проектирование самолетов. М.: Машиностроение, 1983.
6. Егер С.М., Лисейцев Н.К., Самойлович О.С. Основы автоматизированного проектирования самолетов. М. Машиностроение, 1986.
7. Колесников Г. А., Марков В. К., Михайлюк А. А. и др. Аэродинамика летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1993. 185с.
8. Кондратьев К.Я. Лучистая энергия Солнца, Ленинград, Гидрометеиздат, 1954.

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю | Ожидаемые результаты |
|--|---|----------------------|
| 1. Обзор существующих методов Системы автоматической посадки БПЛА | 10.01.2024 - 20.01.2024 г. | Выполнен |
| 2. Методы управления системы автоматической посадки БПЛА самолетного типа | 20.01.2024-20.02.2024 г. | Выполнен |
| 3.1 Новые методы системы автоматической посадки БПЛА самолетного типа | 21.02.2024 -10.03.2024 г. | Выполнен |
| 3.2 Алгоритм определения Система автоматической посадки БПЛА на MatLab | 11.03.2024 - 01.04.2024 г. | Выполнен |
| Подготовка и написание общей структуры дипломной работы в соответствии с требованиями стандарта СТ КазНИТУ – 09 – 2017 | 02.04.2024 - 15.04.2024 г. | Выполнен |

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, к.т.н. Дараев А.М. | 13.06.2024 | |
| Нормоконтролер | Ассистент, м.т.н. Кенгесбаева С.С. | 07.06.24 | |

Научный руководитель Дараев А.М.

Задание принял к исполнению обучающийся Какаманов А.Б.

Дата «12» 01 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 6 |
| 1 БПЛА | 8 |
| 1.1 Развитие сферы беспилотных летательных аппаратов | 10 |
| 1.2 Аналитика и статистика имеющихся БПЛА на сегодняшний день | 13 |
| 2 БПЛА использующие солнечную энергию | 18 |
| 2.1 Обзор существующих на рынках типов БПЛА на солнечных элементах | 18 |
| 2.2 Методы изготовления БПЛА самолетного типа на солнечных батареях | 30 |
| 2.3 Выборы и расчет солнечных панелей для питания БПЛА самолетного типа | 32 |
| 2.4 Выбор и расчет винтомоторной группы тягового электродвигателя | 34 |
| 2.5 Алгоритмы использования и конвертации солнечной энергии для накопления и расходования электроэнергии во время полета | 36 |
| 3 Модернизированные решения увеличения дальности полета БПЛА | 38 |
| 3.1 Выбор оптимального аккумулятора для резервного источника | 38 |
| Заключение | 40 |
| Список использованной литературы | 42 |

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся все более популярными и востребованными. Они нашли применение в различных сферах, таких как гражданская авиация, военная промышленность, аграрный сектор, мониторинг окружающей среды и многие другие. БПЛА обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными пилотируемыми самолетами, такими как возможность выполнения задач в опасных или недоступных для человека условиях, более длительное время в полете, более точное выполнение заданных миссий и другие.

Однако, одной из основных проблем, с которой сталкиваются разработчики БПЛА, является ограниченность энергетических ресурсов. Традиционные источники энергии, такие как батареи или генераторы, имеют ограниченную емкость и требуют регулярной замены или заправки. Это ограничивает время полета и дальность БПЛА, что сильно ограничивает их эффективность и применимость в различных сферах.

В связи с этим, использование солнечной энергии для питания БПЛА становится все более актуальным и перспективным. Солнечные батареи могут преобразовывать солнечную энергию в электрическую, что позволяет БПЛА получать энергию непосредственно от солнца. Это позволяет значительно увеличить время полета и дальность БПЛА, а также снизить зависимость от традиционных источников энергии.

В данной работе будет рассмотрена тема проектирования БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей. Работа будет состоять из трех глав.

В первой главе будет рассмотрена общая информация о БПЛА. Будут рассмотрены основные принципы работы БПЛА, их классификация, основные характеристики и применение. Также будет рассмотрено оборудование и системы, используемые в БПЛА, и их влияние на энергопотребление.

Во второй главе будет рассмотрено использование солнечной энергии в БПЛА. Будут рассмотрены основные принципы работы солнечных батарей, их характеристики и применение. Также будет рассмотрено влияние солнечной энергии на проектирование и характеристики БПЛА, а также возможные проблемы и ограничения.

В третьей главе будет рассмотрено модернизированные решения увеличения дальности полета БПЛА с использованием солнечной энергии. Будут рассмотрены различные технологии и методы, позволяющие увеличить дальность полета БПЛА, такие как улучшение эффективности солнечных батарей, оптимизация энергопотребления, использование гибридных систем питания и другие.

Таким образом, данная работа позволит ознакомиться с основами проектирования БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей. Работа будет содержать обзор основных аспектов БПЛА, рассмотрение

использования солнечной энергии и модернизированных решений для увеличения дальности полета БПЛА.

Актуальность исследования «Проектирования БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей» обусловлена растущим интересом к беспилотным летательным аппаратам и необходимостью разработки эффективных и устойчивых источников питания для них. Солнечные батареи являются перспективным решением, позволяющим увеличить автономность и длительность полета БПЛА, а также снизить зависимость от традиционных источников энергии. Исследование направлено на разработку оптимальных конструктивных решений и эффективных алгоритмов управления, которые позволят максимально использовать потенциал солнечных батарей и обеспечить стабильное и надежное питание для БПЛА. Это имеет большое практическое значение для различных областей применения БПЛА, включая геодезию, картографию, мониторинг окружающей среды, аэрофотосъемку, поисково-спасательные операции и другие.

Объектом исследования в работе «Проектирование БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей» является беспилотный летательный аппарат (БПЛА) самолетного типа, который оснащен солнечными батареями для питания. Основной предмет исследования заключается в разработке эффективной системы питания, основанной на солнечной энергии, которая обеспечит непрерывную работу БПЛА в течение длительного времени. В работе будут рассмотрены различные аспекты проектирования, включая выбор и оптимизацию солнечных батарей, разработку электрической схемы и системы управления, а также анализ энергетической эффективности и производительности БПЛА. Основной целью исследования является создание эффективного и устойчивого БПЛА с использованием солнечной энергии, что позволит значительно увеличить его автономность и применимость в различных областях, включая геодезию, мониторинг окружающей среды, аэрофотосъемку и другие.

1 БПЛА

1.1 Развитие сферы беспилотных летательных аппаратов

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются одной из самых актуальных и быстроразвивающихся областей воздушной техники. В последние десятилетия наблюдается значительный прогресс в разработке и применении БПЛА в различных сферах, включая военное дело, исследования, гражданскую авиацию, сельское хозяйство, мониторинг окружающей среды и многие другие.

Развитие сферы БПЛА обусловлено рядом факторов. Во-первых, постоянное совершенствование технологий и материалов, а также улучшение мощности вычислительных систем и сенсоров, позволяют создавать все более эффективные и функциональные БПЛА. Во-вторых, повышение интереса к использованию БПЛА связано с их многочисленными преимуществами, такими как возможность выполнения сложных задач без участия пилотов, экономия ресурсов и снижение рисков для человеческой жизни [20].



Рисунок 1.1 – Турецкий БПЛА BayraktarTB2

При разработке БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей особое внимание уделяется энергетической эффективности и автономности. Солнечные батареи, установленные на крыле БПЛА, обеспечивают его энергией, что позволяет продлить время полета и увеличить радиус действия. Для оптимального использования солнечной энергии важно учесть факторы, такие как местоположение полета, погодные условия и эффективность солнечных батарей [8].

Одним из основных направлений развития БПЛА является улучшение их автономности. Современные БПЛА обладают возможностью автономного взлета, посадки и выполнения миссий без участия оператора. Это достигается

благодаря использованию передовых систем автономного управления, которые включают в себя алгоритмы навигации, планирования маршрута, управления полетом и обработки данных с сенсоров [19].

Важным аспектом развития БПЛА является улучшение их функциональности. Современные БПЛА оснащены различными типами сенсоров, такими как камеры, радары, тепловизоры, лидары и другие, что позволяет им выполнять широкий спектр задач, включая разведку, наблюдение, поиск и спасение, аэрофотосъемку и т.д. Важно отметить, что развитие и применение БПЛА в гражданской авиации требует разработки соответствующих нормативных и правовых актов, а также внедрения систем безопасности и обеспечения конфиденциальности данных.



Рисунок 1.2 – БПЛА с камерой

Еще одним аспектом развития сферы БПЛА является создание более компактных и легких конструкций. Современные технологии позволяют создавать БПЛА из легких композитных материалов, что способствует уменьшению веса и увеличению энергетической эффективности. Кроме того, развитие 3D-печати и других методов производства позволяет создавать сложные формы и интегрировать различные компоненты в одну конструкцию.



Рисунок 1.3 – Американский БПЛА

В заключение, развитие сферы БПЛА является одним из ключевых направлений современной авиационной техники. Применение БПЛА в различных областях обеспечивает множество преимуществ, таких как повышение эффективности, снижение рисков и экономия ресурсов. Разработка БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей представляет собой одну из перспективных областей и требует учета различных факторов, таких как энергетическая эффективность, автономность, функциональность и легкость конструкции. Современные технологии и материалы позволяют создавать все более совершенные и эффективные БПЛА, что открывает новые возможности для их применения и развития.

Основным преимуществом БПЛА/ДПЛА является существенно меньшая стоимость их создания и эксплуатации (при условии равной эффективности выполнения поставленных задач): по экспертным оценкам боевые БПЛА верхнего диапазона сложности стоят от 5–6 млн долл., в то время как стоимость пилотируемого истребителя-бомбардировщика F-35 составляет около 100 миллионов долларов (плюс существенные затраты на обучение пилота). Важным фактором является то, что оператор боевого БПЛА не рискует до своей жизнью, в отличие от пилота боевого самолёта. Недостатком БПЛА является уязвимость систем дистанционного управления, что особенно важно для БПЛА военного назначения

Авиационные эксперты выделяют три основных типов воздушных судов, кроме военных ракет, которые летают без бортовых пилотов:

1. Управляемые дистанционно;
2. Запрограммированные и работающие под управлением навигационных систем;
3. Разработанные с наложенными ограничениями полета и летающие повторяющимся образом.

1.2 Развитие сферы беспилотных летательных аппаратов

Начало XX века 1945 год - разработка БПЛА военного назначения(самолетов снарядов с небольшой дальностью и продолжительностью полета) 1960 годы - период расширения классификации БПЛА по назначению и создание их преимущественно для разведывательных операций.



Рисунок 1.4 - БПЛА – «Queen Bee» 1945г.

Активное развитие БПЛА вызвано рядом их важных достоинств. Отсутствие экипажа на борту устраняет риск людских потерь. Возможность выполнения маневров с перегрузкой, превышающей физические возможности летчиков, большая продолжительность и дальность полета при отсутствии фактора усталости экипажа. Способность одновременно вести разведывательные и ударные функции в тактической фронтовой и в стратегической зоне противника. Относительно небольшая стоимость БЛА, малые затраты на их эксплуатацию и возможность массового производства недорогих, но весьма эффективных в боевых условиях летательных средств.

По подсчетам специалистов, на сегодняшний день более 50 фирм в 40 странах разрабатывают и выпускают БЛА более 600 типов. В разных странах действуют 28 научно исследовательских центров и испытательных полигонов. То есть в мире всего 6 стран обладают полной технологией производства комплексов с БПЛА, и Россия - в их числе. В последние годы стремительно развивают свой потенциал в этом направлении Украина, Индия, Южная Корея, Финляндия, Иордания, Швеция, Тунис, Иран, Сингапур.

Использование беспилотных авиационных комплексов гражданской области на сегодняшний момент практически ограничивается частными случаями локальных применений в интересах решения текущих производственных или хозяйственных задач. Вопросы применения БПЛА для обеспечения безопасности объектов на сегодняшний день выходят на первые роли. Угроза жизнедеятельности различных организаций заставляет все больше обращать внимание на новые методы контроля и мониторинга земной поверхности. Больше всего это беспокоит такие организации, которые имеют протяженные объекты, контроль за которыми довольно сложно организовать. Ввиду высокой протяженности и территориальной обширности объектов наблюдения воздушный мониторинг является наиболее эффективным средством наблюдения и дистанционного сбора данных об их состоянии.

Виртуальная реальность и дополненная реальность могут взаимодействовать с БПЛА, предлагая уникальные развлекательные опыты, такие как гонки дронов или путешествия в виртуальные миры через управление дронами.

Исследования и научные исследования: Беспилотные аппараты активно используются в научных исследованиях для мониторинга окружающей среды, изучения климата, вулканических извержений, дикой природы и т.д.

Однако, с ростом использования БПЛА также возникают вопросы безопасности, приватности и регулирования, которые требуют внимания и разработки соответствующих нормативных актов.

Компании работают над созданием пассажирских БПЛА для пассажирских перевозок в городах и между городами. Это может решить проблемы транспортной инфраструктуры и снизить транспортные пробки.

Медицинская помощь и спасение: Беспилотные летательные аппараты могут быть использованы для доставки медицинской помощи.

Таблица 1.1 - Хронология развития БПЛА опубликованные в новостных изданиях

| Дата | Открытия в деятельности БПЛА |
|------------|---|
| 1974 | Первый атмосферный спутник создан компанией AstroFlight |
| 1980 | Стратосферный беспилотник AeroVironment пересек Ла Манш |
| 1983 | Запущен NASA Pathfinder - экспериментальный беспилотный аппарат на базе БЛА HALSOL. Разработка AeroVironment |
| 2001 | Стратосферный беспилотник Helios, AeroVironment поднялся на высоту 29,5 км и пробыл там 40 минут. Размах крыльев - 75 метров |
| 24.04.2014 | Airbus Defence and Space Launches High Altitude Pseudo-Satellite Zephyr 8 Programme |
| 01.08.2015 | Facebook готов к началу испытаний гигантского дрона Aquila, раздающего интернет. Гигантский тестовый автономный дрон с питанием от солнечной батареи. Способен оставаться в полете в течение нескольких месяцев. Размах крыльев - 42,7 метров, вес - не более 453 кг. Для связи с наземными станциями дрон использует лазер. Предназначен для проверки возможности раздавать интернет в удаленных районах, где нет этой услуги. |
| 02.08.2015 | Дрон AtlantikSolar установил новый рекорд непрерывного полета - 81 час |
| 09.09.2015 | Сообщается о планах закупки трех БЛА Zephyr 8 министерством обороны UK |
| 19.05.2016 | Пользователь Youtube собрал БЛА, летающий на энергии солнца |
| 18.08.2016 | Объединенное Королевство собирается использовать дроны-псевдоспутники |
| 01.04.2019 | Китай осваивает БЛА на солнечных батареях. Китайская корпорация China Aerospace Science & Industry Corporation (CASIC) разрабатывает беспилотники с солнечными батареями, на основе которых можно было бы развернуть системы экстренной связи и наблюдения. Такие беспилотники также называют псевдоспутниками или атмосферными спутниками. |
| 12.07.2019 | Sprint тестирует систему HASPmobile для обеспечения покрытия LTE "воздух-земля". В Sprint, США, планируют с ноября 2019 года начать полугодовые тесты HAPS (High Altitude Platform Stations - высотных платформ, иначе именуемых псевдоспутниками). |

| | |
|------------|--|
| 24.07.2022 | Высотный “дрон-псевдоспутник” с питанием от солнечных батарей Zephyr S, разработанный Airbus, побил собственный рекорд продолжительности полета, установленный в 2018 году и составивший 25 суток 23 часа и 57 минут. 12 июля 2022 года аппарат все еще оставался в воздухе, а счет шел на 27 сутки полета. |
| 17.10.2023 | Тест провели правительство Руанды и SoftBank Как и в экспериментах такого рода ранее, задействован высотный БЛА (HAPS) с большим размахом крыльев и питанием от солнечной батареи. На борту он несет аккумуляторную батарею и оборудование базовой станции 5G. |

1.3 Аналитика и статистика имеющихся БПЛА на сегодняшний день

Классификация дронов:

По размерам. Беспилотные летательные аппараты трудно классифицировать, так как они имеют очень разные характеристики. Это разнообразие происходит от обилия конфигураций и компонентов БПЛА. Производители пока не ограничены никакими стандартами. В результате сегодня отсутствуют требования со стороны авиационных регуляторов о том, как БПЛА должен быть оснащен.

Беспилотники напоминают вертолет с 4 лопастями. Они отличаются габаритами, функциональностью, дальностью полетов, уровнем автономности и другими характеристиками.

Условно все дроны можно поделить на 4 группы:

1. Микро. Такие БПЛА весят меньше 10 кг, максимальное время нахождения в воздухе – 60 минут. Высота полета – 1 километр.

2. Мини. Вес этих аппаратов достигает 50 кг, время пребывания в воздухе достигает 5 часов. Высота полета варьируется от 3 до 5 километров.

3. Миди. Беспилотные летательные аппараты весом до 1 тонны, рассчитаны на 15 часов полета. Такие БПЛА поднимаются на высоту до 10 километров.

4. Тяжелые беспилотники. Их вес превышает тонну, разработаны аппараты для дальних полетов продолжительностью более суток. Могут перемещаться на высоте 20 километров.

В конструкции беспилотного аппарата есть спутниковый навигатор и программируемый модуль. Если БПЛА используется для получения, сохранения и передачи информации на пульт оператора, в нем дополнительно устанавливаются карта памяти и передатчик.

Конструкция и функциональность меняются в зависимости от назначения аппарата. Есть модели дронов, которые умеют принимать команды человека и реагировать на них. В таких устройствах установлены специальные модули-приемники команд. J’son & Partners Consulting классифицирует дроны (БПЛА) по следующим основным характеристикам:

1. по дизайну / конфигурации;

2. по типу взлета;
3. по целевому назначению;
4. по техническим характеристикам;
5. по типу питания силовой установки;
6. по полезной нагрузке;
7. по типу системы автоматизации;
8. по системе предотвращения столкновений;
9. по типу навигации;
10. по типам защиты от глушения сигналов;
11. по пропускной способности радиочастотного спектра;
12. по бортовой обработке данных;
13. по специализации программного обеспечения.

По киберугрозам - классификация «Лаборатории Касперского»

В середине ноября 2023 года "Лаборатория Касперского" представила первую в России систему классификации дронов по типам опасности, в нее вошли четыре уровня угроз: умеренный, средний, высокий и критический. Руководитель по развитию бизнеса KasperskyAntidrone Владимир Клешнин отметил, что инциденты с дронами "стали головной болью" для различных объектов инфраструктуры: аэропортов, промышленных предприятий и так далее, а стоимость антидрон-систем варьируется от нескольких сотен тысяч рублей до нескольких сотен миллионов рублей. По его словам, такая классификация создаст диалог между регуляторными органами, заказчиками и производителями беспилотников. Умеренный уровень угрозы. К этому классу относятся дроны, продающиеся в любом магазине электроники. Они не модифицированы: на них стоит заводская прошивка, используется обычный, не усиленный режим радиосвязи. Чаще всего эти устройства работают на частоте 2,4 ГГц. В дронах этого типа присутствует Remote ID — технология, благодаря которой в радиоэфире публикуются серийный номер, а также координаты местоположения и точки взлёта беспилотника. Такие устройства сравнительно легко обнаружить, от них просто защититься, а потенциальный риск невысок.

Средний уровень угрозы. Такие дроны также можно купить в магазинах бытовой электроники, но они отличаются программно-модифицированным радиоканалом: это не один, а как минимум два диапазона частот, возможность двухканальной работы. Часто подобные дроны позволяют отключить Remote ID -они не публикуют свои координаты, не обозначают, где находится пилот.

Высокий уровень угрозы. У таких дронов больше двух диапазонов частот, они могут работать в многоканальном режиме. Чаще всего у них отключена система Remote ID. Такие беспилотники могут быть оборудованы аппаратно-усиленными передатчиками связи, что делает их более помехозащищёнными. Однако часто такую цель легче запеленговать (понять, в какой области относительно системы обнаружения находится дрон), так как её излучение в эфире сильнее, чем слабый сигнал умеренного типа.

Критический уровень угрозы. К этой категории в первую очередь относятся дроны самолетного типа, которые летят без использования радиоканала управления по заранее запрограммированным координатам. Также к критическому уровню угрозы относятся FPV-дроны; дроны, управляемые по мобильной связи LTE; а также так называемые «самосборы». Оценки рынка БПЛА

2023: Рост российского рынка на 50% до 33,7 млрд рублей

По итогам 2023 года объем российского рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) достиг 33,7 млрд рублей с учетом продаж техники для специальной военной операции. Это почти на 50% больше результата за 2022-й, когда продажи оценивались в 22,9 млрд рублей. Такие данные приводятся в исследовании Ассоциации «Аэронекст», результаты которого опубликованы 29 декабря 2023 года.

Выручка компаний от поставок дронов на гражданский рынок в 2023 году выросла на 35% по сравнению с 2022-м и достигла 19,8 млрд рублей. Средний рост выручки от реализации услуг на базе БПЛА в годовом исчислении зафиксирован на отметке 14%. Как и в 2022 году, наибольший рост выручки показывает категория дронов специального назначения, не относящихся к гражданским, - плюс 318% в 2023-м. В качестве основного направления применения беспилотников разработчиками предполагается сбор и передача данных, а также дистанционный мониторинг: примерно 54% аппаратов предусмотрены для данных работ. Второй по приоритету сферой применения называется аэрологистика: приблизительно 21% дронов ориентированы на перевозку грузов. Далее следуют БПЛА, предназначенные для внешних работ: их доля оценивается в 9%. Оставшуюся часть составляют беспилотники для выполнения задач в других сферах.

В сегменте БПЛА для сбора и передачи данных, а также дистанционного мониторинга на дроны самолетного типа приходится 44% всех аппаратов, на мультироторные модели - 34%. Еще 22% составляют самолеты вертикального взлета и посадки и дроны вертолетного типа. В области аэрологистики большинство дронов являются мультироторными - 45%, тогда как на аппараты вертолетного типа приходится 36%.

В период с 2022 по 2023 гг. Российская индустрия БПЛА показывала развитие не только в части роста продаж в денежном и натуральном выражении, но и с точки зрения развития отношений и взаимодействий между существующими компаниями. Это стимулировало формирование новых участников отрасли.

2. БПЛА использующие солнечную энергию.

Некоторые беспилотники с электродвигателями оснащаются также фотоэлектрической батареей (солнечной батареей), которая преобразует энергию солнечного света в электрическую. БПЛА могут быть оснащены также аккумулятором, который позволяет летательному аппарату держаться в воздухе ночью, когда солнечная батарея не дает энергии.

Разрабатываются беспилотники, рассчитанные на полеты над облаками, которые смогут оставаться в воздухе много недель или даже месяцев - такие аппараты называют псевдоспутниками.

Два основных направления разработки беспилотников на солнечных батареях: для сверхдальних перелетов, для сверхдолгой работы в воздухе. Если БЛА предназначен для сверхдолгого полета на большой высоте его принято называть псевдоспутником или атмосферным спутником. Такие стратосферные БЛА могут обеспечивать территорию до нескольких десятков или даже сотен км услугами связи, а мультиспектральная съемка поверхности Земли с них значительно дешевле, чем со спутников.

Особенности конструкции - сверхлегкие, самолетного типа, как правило, с большим размахом крыльев, чтобы уменьшить потребности в расходе энергии на удержание в воздухе. Они находят широкое применение в различных сферах деятельности, включая гражданскую авиацию, военную сферу, аграрный сектор, научные исследования и т.д. В данной работе рассматривается проектирование БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей.

Для анализа и оценки текущего состояния развития БПЛА проведена обширная аналитика и статистический анализ имеющихся на сегодняшний день моделей БПЛА. Представленные данные позволяют получить полное представление о возможностях и характеристиках современных БПЛА, а также выявить тренды и направления развития данной области [10].

На сегодняшний день существует множество различных моделей БПЛА, которые отличаются по своим характеристикам, назначению и функциональности. Однако, основными параметрами, которые определяют эффективность и возможности БПЛА, являются дальность полета, время автономной работы, грузоподъемность и скорость полета [17].

Дальность полета является одним из наиболее важных параметров БПЛА, определяющим его применимость в различных сферах. На сегодняшний день существуют модели БПЛА с дальностью полета от нескольких километров до нескольких тысяч километров. Более продвинутые модели БПЛА способны выполнять длительные миссии на больших расстояниях, что открывает широкие возможности для использования в различных сферах, включая мониторинг и наблюдение, поиск и спасение, доставку грузов и т.д [15].

Время автономной работы является еще одним важным параметром, который определяет продолжительность выполнения миссий БПЛА без подзарядки или замены аккумуляторов. Современные модели БПЛА могут иметь время автономной работы от нескольких часов до нескольких дней. Однако, стоит отметить, что время автономной работы напрямую зависит от нагрузки, которую несет БПЛА, а также от энергопотребления его систем и устройств.

Грузоподъемность является важным параметром, особенно для коммерческого использования БПЛА. Существуют модели с различной грузоподъемностью, начиная от нескольких граммов и заканчивая несколькими тоннами. БПЛА с большой грузоподъемностью могут использоваться для

доставки грузов на большие расстояния, что является особенно актуальным в отдаленных районах или в условиях недоступности транспортных средств.

Скорость полета также имеет значение в различных сферах применения БПЛА. Существуют модели БПЛА с низкой скоростью полета (от нескольких километров в час) и модели с высокой скоростью полета (до нескольких сотен километров в час). БПЛА с высокой скоростью полета могут быть использованы для выполнения оперативных задач, таких как мониторинг и наблюдение в режиме реального времени.

Важным направлением развития БПЛА является улучшение энергетической эффективности и повышение энергетической независимости. Использование солнечных батарей для питания БПЛА становится все более популярным. Солнечные батареи позволяют получать энергию от солнечного излучения и преобразовывать ее в электрическую энергию, что позволяет увеличить время автономной работы БПЛА и снизить зависимость от внешних источников энергии.

В заключение, аналитика и статистика имеющихся БПЛА на сегодняшний день позволяют получить полное представление о возможностях и характеристиках современных моделей. Дальность полета, время автономной работы, грузоподъемность и скорость полета являются основными параметрами, определяющими эффективность и применимость БПЛА в различных сферах. Развитие технологий солнечных батарей открывает новые возможности для улучшения энергетической эффективности и повышения энергетической независимости БПЛА.

2 БПЛА использующие солнечную энергию

2.1 Обзор существующих на рынках типов бпла на солнечных элементах

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с использованием солнечной энергии становятся все более популярными в современном мире. Они предлагают множество преимуществ, таких как длительное время полета, экологическая чистота и возможность работы в отдаленных и труднодоступных районах. В этом разделе мы рассмотрим обзор существующих на рынке типов БПЛА, работающих на солнечных элементах.



Рисунок 2.1 - БПЛА на солнечных панелях

Первоначально солнечная энергия была использована в БПЛА для дополнительного питания системы, в основном для зарядки аккумуляторов. Однако, с развитием технологий солнечных элементов, БПЛА на солнечных батареях стали способными полностью питать свои системы от солнечной энергии [2].

Один из самых известных примеров БПЛА на солнечных элементах - это «SolarImpulse». Этот аппарат совершил первый кругосветный полет, используя только солнечную энергию. «SolarImpulse» имеет огромные крылья, покрытые солнечными батареями, которые позволяют ему собирать энергию даже в условиях слабого солнечного света. Батареи заряжают литий-полимерные

аккумуляторы, которые позволяют БПЛА продолжать полет даже в ночное время [11].

Еще одним примером БПЛА на солнечных элементах является «Zephyr». Этот аппарат разработан компанией QinetiQ и имеет рекордное время полета без подзарядки - более 14 дней. «Zephyr» имеет крылья, покрытые гибкими солнечными батареями, которые максимально эффективно преобразуют солнечную энергию в электричество. Батареи заряжают литий-серебряные аккумуляторы, которые обеспечивают энергией все системы БПЛА [7].

Еще одним типом БПЛА на солнечных элементах является «Sunseeker». Этот аппарат разработан для использования в научных исследованиях и имеет возможность длительного полета. «Sunseeker» имеет крылья и хвостовую часть, покрытые солнечными батареями, которые заряжают литий-полимерные аккумуляторы. Батареи обеспечивают питание двигателям и другим системам БПЛА.

Кроме того, существуют и другие типы БПЛА на солнечных элементах, такие как «Pathfinder» и «Helios». «Pathfinder» - это аппарат, который был разработан компанией AeroVironment и использовался для тестирования технологий солнечных батарей и беспроводной связи. «Helios» - это аппарат, разработанный NASA, который имел рекордное время полета на солнечной энергии - более 29 часов.

В заключение, БПЛА на солнечных элементах представляют собой передовую технологию, которая имеет огромный потенциал в различных областях, таких как научные исследования, мониторинг окружающей среды и коммерческие операции. Они обеспечивают длительное время полета, экологическую чистоту и возможность работы в отдаленных районах. С развитием технологий солнечных элементов, ожидается, что БПЛА на солнечной энергии станут все более эффективными и широко применяемыми в будущем.

Zephyr S, Airbus Defence and Space, Европа. Высотный «дрон-псевдоспутник» с питанием от солнечных батарей Zephyr S, разработанный Airbus, побил собственный рекорд продолжительности полета, установленный в 2018 году и составивший 25 суток 23 часа и 57 минут. 12 июля 2022 года аппарат все еще оставался в воздухе, а счет шел на 27 сутки полета.(14.07.2022)

Дроны-псевдоспутники создаются как дешевые аналоги классических спутников - аппараты несут на борту модульную нагрузку, подходят для наблюдения, ретрансляции коммуникаций, патрулирования, регистрации изменений окружающей среды, мониторинга распространения пожаров и разливов нефти. В отличие от спутников, Zephyr и его аналоги могут закладывать виражи, оставаясь в одном месте без привязки к орбите. Высота полета «псевдоспутника» исключает возможность столкновения аппарата с пилотируемыми лайнерами.

Размах крыльев Zephyr достигает 25 метров, вес - всего порядка 75 кг. Высота полета - около 21 км. По словам разработчиков, один дрон способен заменить в нужном месте до 250 вышек сотовой связи.

Разработанный Airbus псевдоспутник Zephyr S, получающий питание от солнечных батарей, потерпел крушение в Аризоне. Аппарат поднялся в воздух 15 июня и кружил над юго-западной частью США, оставаясь на высоте порядка 20 км - 19 августа операторы потеряли с дроном связь, после чего он устремился к земле и разбился. Дальнейшие испытания аппаратов были отложены до 2023 года. (31.08.2022г.)

1. Zephyr 7, Airbus Defence and Space, Европа - рекорд полета - 11 суток в зимних условиях. Компанию QinetiQ в дальнейшем приобрел Airbus Defence and Space.

2. Zephyr 8, Airbus Defence and Space, Европа - рекордное время в беспосадочном полете - 14 суток. Военный, разведывательный.



Рисунок 2.2- Один из беспилотников программы Zephyr. Модель Zephyr 7 или Zephyr

Высотный разведывательный БПЛА. Высота полета - до 21300 метров. Питание - аккумулятор и солнечные батареи. До 14 дней в воздухе.

Китайские компании, такие как DJI, Yuneec, EHang и Xiaomi, являются крупнейшими производителями БПЛА. Они разрабатывают широкий спектр беспилотных аппаратов, начиная от небольших квадрокоптеров для любительского использования до профессиональных мультикоптеров и фиксированных крылатых аппаратов.

Инновации и исследования: Китай активно инвестирует в исследования и разработки в области беспилотных технологий. Китайские университеты и исследовательские институты проводят множество исследований по улучшению автономных систем, датчиков и алгоритмов управления.



Рисунок 2.3 - CH-T4, China Aerospace Science & Industry, Китай

В 2017 году в Китае прошли испытания псевдоспутника CH-T4. В ходе испытательного полета дрон достиг высоты 20 км. Параметры CH-T4 - двойной фюзеляж, размах крыльев 40 метров, вес - от 400 до 450 кг. Основные компоненты конструкции выполнены из углепластика. В движение беспилотник приводят 8 пропеллеров с приводом от электродвигателя, которые могут обеспечить беспилотнику скорость до 200 км/ч.

Объединенное королевство.



Рисунок 2.3 - PHASE-35, BAE Systems, Объединенное королевство

Беспилотный разведывательный аппарат PHASA-35, разработанный британской оборонной компанией BAE Systems, успешно совершил первый полет. Беспилотный разведывательный аппарат PHASA-35, крылья которого покрыты фотоэлементами, преобразующими солнечный свет в электроэнергию, разработанный британской оборонной компанией BAE Systems, успешно совершил первый полет. Название беспилотника расшифровывается как Persistent High Altitude Solar Aircraft 35. Число 35 соответствует размаху крыла новинки, аппарат способен поднять в воздух и нести до 15 кг полезной нагрузки, например, это могут быть системы для оказания помощи при бедствиях,

оборудование для наблюдения за поверхностью Земли или обеспечения заданного района услугами связи. (21.02.2020)

Eternas. AeroVironment, США. Батареями MicroLink (Ga-As) оснащают дрон Eternas - сейчас в разработке две версии беспилотника - весом в 4 кг и 2.7 кг. Это разборные модели, способные двигаться со скоростями до 64 км/ч. Первые испытания запланированы на конец 2016 года.



Рисунок 2.4 - Gossamer Penguin, AeroVironment, США

Один из первых прототипов электросамолетов на «солнечной тяге». Испытывали его в 1979 году с пилотом на борту, в роли которого выступил сын основателя компании 13 лет весом 36 кг. Вес самолета составлял 31 кг, размах крыльев - 21,6 м, мощность фотоэлектрического преобразователя - 541 Вт. Двигатель - Astro-40.

RQ-20 Puma, AeroVironment, США. Начались испытания БЛА Puma, оснащенных арсенид-галлиевыми тонкопленочными фотопреобразователями Alta Devices. Шестикилограммовые дроны с размахом крыла 2.8 м несут на борту инфракрасные камеры и системы коммуникации, но главное - они могут оставаться в воздухе 9-12 часов - весьма эффективно, если сравнивать с типовыми аппаратами, время полета которых, в среднем, ограничивается 3 часами. Максимальная скорость - 83 км/ч. Дальность действия - 15 км. Стоимость базовой модели (без батарей) - \$250 тысяч. За 2016 года выпущено более 1000 таких БЛА.

Solar Challenger, AeroVironment, США. Один из прототипов электросамолетов на «солнечной тяге», улучшенная версия Gossamer Penguin, AeroVironment, США. Не имеет на борту аккумуляторов, т.е. не может летать в ночное время. Преодолеl путь из Парижа до Объединенного Королевства (262 км).



Рисунок 2.5 - Aquila, Ascenta, UK (приобретена Facebook), США

1. Характеристики:
2. Размах крыльев - 42,7 метров,
3. Вес - не более 453 кг.
4. Связь с наземными станциями - лазерная.
5. Высоты использования >15 км
6. Время полета без подзарядки - до 3 месяцев (на 2016.07 не достигнуто)
7. Взлет с тележки с ВПП.
8. Минимальная скорость полета аппарата 40.23 км/ч



Рисунок 2.6 - SolarEagle (Vulture II), Boeing, США

В теории этот супердрон сможет оставаться в воздухе на протяжении до 5 лет. Проект финансирует DARPA, т.е. все это пока что в интересах военных. Суммарные вложения в проект составили уже порядка \$90 млн.

Размах крыльев: 120 метров

Скорость: до 80 км/ч

Мощность фотоэлектрических преобразователей на борту - 5 кВт

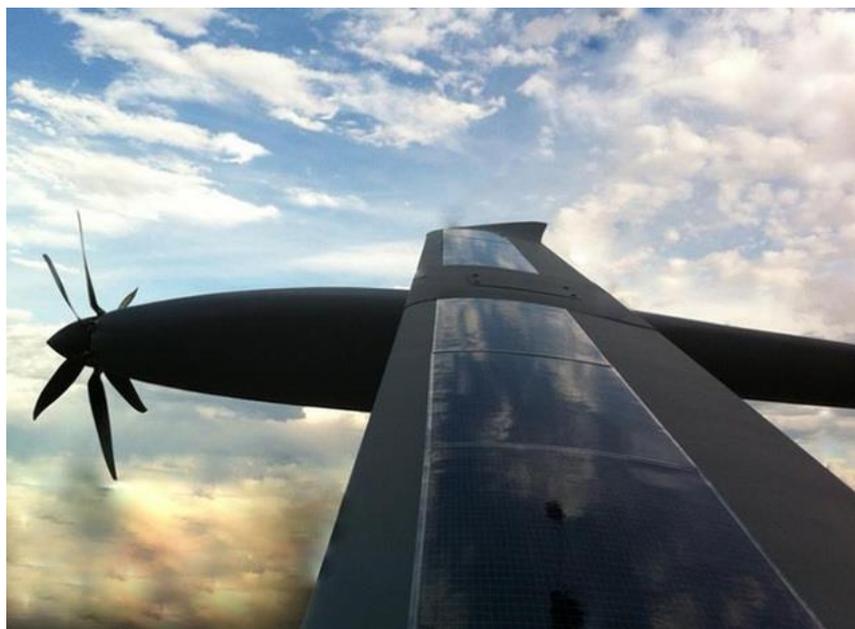


Рисунок 2.7 - Silent Falcon, Bye Engineering и Silent Falcon UAS Technologies, США

Bye Engineering – «дочка» Bye Aerospace, которая совместно с Silent Falcon UAS Technologies разрабатывает дрон Silent Falcon. Аппарат не является псевдоспутником. Размах крыльев аппарата - всего 4,27 метра, длина - 2. Вес - 13,5 кг. Продолжительность полета - свыше 7 часов в оптимальных условиях, дальность действия - до 100 км. Запускается с катапульты, садится при помощи парашюта.

Краткие характеристики:

1. размах крыльев - 4.27 м
2. длина - 2 м
3. вес - 13.5 кг
4. продолжительность полета - до 7 часов при оптимальных условиях
5. фотоэлектрическая батарея - тонкопленочная Ascent Solar
6. аккумуляторная батарея - Li-Ion
7. дальность полета - до 100 км

Аппарат предназначен для сил внутренней безопасности и военных, а также может использоваться для осмотров трубопроводов и электросетей, борьбы с лесными пожарами, наблюдением за погодой и аэрофотосъемки.

Google, США

Centaur, Google (проект Skybender), США - один из прототипов, которые испытывает Google в рамках проекта Skybender, наряду с прототипом Titan.



Рисунок 2.8 - Solaris 50, Titan Aerospace (приобретена Google), США

БПЛА для использования в верхних слоях атмосферы (выше 20 км), представленный в 2013 году на международной выставке БЛА в Вашингтоне, США. Один электродвигатель с винтом большого диаметра, литий-ионные аккумуляторы, солнечные батареи на плоскостях крыльев. Запуск с катапульты. Полезная нагрузка до 100 кг.

1. Размах крыльев: 60 метров
2. Скорость: 105 км/ч
3. Энергетика: 3000 сотовых ячеек, обеспечивающих мощность 7 кВт
4. Тип запуска: с катапульты

Solaris 60, Titan Aerospace (приобретена Google), США. БЛА для использования в верхних слоях атмосферы (выше 20 км), представленный в 2013 году на международной выставке БЛА в Вашингтоне, США. Один электродвигатель с винтом большого диаметра, литий-ионные аккумуляторы, солнечные батареи на плоскостях крыльев. Запуск с катапульты. Полезная нагрузка до 100 кг. Стоимость - выше \$10 млн в 2016 году.



Рисунок 2.9 - HALE-D, Lockheed Martin, США

HALE-D - телеуправляемый беспилотник, разработанный Lockheed Martin для полетов на высоте порядка 18 км. Это аппарат, предназначенный для демонстрации концепта. По-здумке, такие аппараты позволят осуществлять наблюдение, ретрансляцию, а также вести исследования в

интересах метеорологов. Такие дроны могут использоваться и в военных целях - для разведки или осуществления коммуникаций на поле боя.

Краткие данные о HALE-D

1. Объем баллона - 14 тыс. куб. м
2. Длина - 73 м
3. Мощность, потребляемая электродвигателями - 2 кВт
4. Аккумуляторная батарея - 40 кВт, Li-Ion
5. Фотоэлектрическая батарея - 15 кВт, тонкопленочная, на верхней поверхности баллона
6. Крейсерская скорость - 37 км/ч на высоте 18 тыс метров
7. Полезная загрузка - 22,7 кг
8. Мощность, потребляемая полезной нагрузкой - 500 Вт



Рисунок 2.10 - Hawk 30, HAPSmobile (SoftBank + Aerovironment)

Псевдоспутник или HAPS, предназначен для длительных полетов в стратосфере на высотах 20 км. Применяется в тестах HAPSmobile. 12 декабря 2017г. Sprint тестирует систему HAPSmobile для обеспечения покрытия LTE «воздух-земля».

Размах крыльев NASA Centurion составляет 63 метра, а вес полезной нагрузки - 272,2 кг. В движение аппарат приводят 14 электромоторов, в темное время суток питание поступает с бортовых аккумуляторов.



Рисунок 2.11 - NASA Helios, NASA / AeroVironment, США

2001 Стратосферный беспилотник Helios, AeroVironment поднялся на высоту 29,5 км и пробыл там 40 минут. Размах крыльев - 75 метров. Длительность полета небольшая - порядка суток, из которых 14 часов аппарат остается на высотах от 15 км и выше. Продолжатель идей, заложенных в модели NASA Pathfinder и NASA Pathfinder Plus.



Рисунок 2.12 - NASA Pathfinder Plus, AeroVironment, США

Версия псевдоспутника NASA Pathfinder. Разработан в рамках программы NASA по разработке атмосферных псевдоспутников, получившей название ERAST. Лег в основу разработок NASA Centurion и NASA Helios.



Рисунок 2.13 AtlantikSolar, Чехия

Компания разрабатывает автономный БЛА с питанием от солнечных батарей, размах крыльев которого составляет 5,6 метров, а продолжительность полета - до 10 дней. Масса аппарата - 6,3 кг, катапульта для запуска не требуется. В 2015 году был установлен рекорд в 81 час непрерывного полета.

Характеристики:

1. Размах крыльев - 5.6 м
2. Масса - 6.3 кг
3. Структура - углепластик и кевлар
4. Фотоэлектрические панели - 1.4 кв.м и Li-Ion батареи
5. Полезная нагрузка - цифровая HD-камера, передача картинок в реальном времени

«Сова», Фонд перспективных исследований и Тайбер, Россия

Атмосферный спутник. В августе 2016 года заявляется об экспериментальном полете продолжительностью 50 часов на высоте до 9 км. Начало летных испытаний второго прототипа «*Совы*» запланировано на сентябрь 2016года.

Корпус из композитных материалов с применением углеродных волокон. Полет проходит автоматически, оператор имеет возможность вносить коррективы в программу полета. Связь через спутник или с наземного пункта управления.

«Gyrokite», Россия

2020. В рамках проекта «Gyrokite» предлагается разработка системы ГАС (Геостационарный атмосферный спутник) на основе воздушного змея (Gyrokite - гирокайта) с вертикальным взлетом, нового типа аэродинамических привязных летательных аппаратов на несущих роторах ВК, использующих энергию ветра (высотного ветра тропопаузы) для питания полезной нагрузки, с широким диапазоном масштабирования - вплоть до крупных высотных аэродинамических привязных телекоммуникационных платформ.

В теории такие платформы могут использоваться для размещения базовых станций на высотах 10-14 км, связанных атмосферными оптическими линиями передачи. С поверхностью ГАС связывает леер со встроенным оптоволоконным каналом связи и управления. Масса 15 км леера - менее 15% летной массы.

2.2 Методы изготовления БПЛА самолетного типа на солнечных батареях.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с использованием солнечной энергии представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития авиационной техники. Возможность питания от солнечных батарей обеспечивает БПЛА длительное время полета без необходимости дозаправки или замены батарей. Это делает их идеальными для множества задач, включая наблюдение, разведку, аэрофотосъемку, экологический мониторинг и другие.

Методы изготовления БПЛА самолетного типа, работающих на солнечных батареях, могут быть различными и зависят от конкретной конструкции и требований к аппарату. Однако, в основе любого БПЛА с солнечными батареями лежит использование фотоэлектрического эффекта для преобразования солнечной энергии в электричество [21].

Первый этап в проектировании БПЛА с питанием от солнечных батарей – это выбор оптимального типа батарей. Существует несколько различных технологий солнечных батарей, включая моно-, поли- и аморфные кремниевые, тонкопленочные и другие. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки, и выбор оптимального варианта зависит от требований к БПЛА, включая мощность, вес, размеры и стоимость [4].

Следующим шагом является определение оптимальной конфигурации солнечных батарей на БПЛА. Это включает в себя выбор места установки батарей на фюзеляже или крыле, а также определение оптимального угла наклона батарей для максимального сбора солнечной энергии. Также необходимо учесть влияние веса и размеров батарей на аэродинамические характеристики БПЛА и его общую производительность [6].

Для обеспечения непрерывного питания от солнечных батарей в течение всего полета, необходимо установить эффективную систему хранения электроэнергии. Это может быть реализовано с помощью аккумуляторов, которые заряжаются от солнечных батарей во время полета и обеспечивают питание в ночное время или в условиях недостаточной солнечной активности. Также возможно использование суперконденсаторов или других устройств для хранения энергии.

Важным аспектом проектирования БПЛА с солнечными батареями является оптимизация энергопотребления. Это включает в себя использование энергоэффективных компонентов и систем управления, а также оптимальное распределение энергии между различными системами БПЛА. Например, можно использовать энергосберегающие LED-светильники вместо традиционных лампочек, а также оптимизировать работу системы автопилота и других электронных устройств.

Другим важным аспектом проектирования БПЛА с солнечными батареями является обеспечение надежности и безопасности. Это включает в себя использование надежных и безопасных батарей, а также разработку системы контроля и диагностики, которая позволяет отслеживать состояние батарей в режиме реального времени и предотвращать возможные проблемы. Также необходимо учесть влияние погодных условий, таких как облачность или дождь, на работу солнечных батарей и адаптировать систему питания соответственно.

В заключение, проектирование БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей является сложной задачей, которая требует учета множества факторов, включая выбор оптимальных типов батарей, определение конфигурации и угла наклона батарей, разработку системы хранения энергии, оптимизацию энергопотребления и обеспечение надежности и безопасности.

Однако, при правильном подходе, БПЛА с солнечными батареями могут стать эффективным и экологически чистым средством для выполнения различных задач в авиации и других областях.

2.3 Выборы и расчет солнечных панелей для питания бпла самолетного типа

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с каждым годом становятся все более популярными и находят все большее применение в различных отраслях, таких как геодезия, аэрофотосъемка, сельское хозяйство, мониторинг окружающей среды и многое другое. Однако, одной из основных проблем, с которой сталкиваются разработчики БПЛА, является ограниченное время полета, обусловленное ограниченной энергией, которую можно хранить в аккумуляторах.

Солнечная энергия представляет собой один из наиболее перспективных источников возобновляемой энергии, который может быть использован для питания БПЛА. Использование солнечных батарей в качестве источника энергии позволяет значительно увеличить время полета БПЛА, так как солнечные батареи могут постоянно заряжать аккумуляторы во время полета [12].

Однако, прежде чем выбрать и установить солнечные панели на БПЛА, необходимо провести расчеты и анализ для определения оптимального количества и типа панелей, а также для определения необходимой площади панелей для обеспечения достаточной мощности для полета [5].

Первым шагом при выборе солнечных панелей для БПЛА является определение требуемой мощности. Для этого необходимо учесть энергопотребление всех систем, устройств и электроники, установленных на БПЛА. Также следует учесть время полета, которое необходимо обеспечить солнечными панелями, и дополнительные факторы, такие как погодные условия и интенсивность солнечной радиации в районе полета [3].

После определения требуемой мощности необходимо выбрать тип солнечных панелей. Существует несколько типов солнечных панелей, включая монокристаллические, поликристаллические и аморфные панели. Каждый тип имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учесть при выборе. Например, монокристаллические панели обладают высоким КПД, но они также дороже и более хрупкие по сравнению с другими типами.

После выбора типа панелей необходимо определить оптимальное количество панелей и их расположение на БПЛА. Для этого следует учесть площадь поверхности БПЛА, которая может быть использована для установки панелей, а также учесть ограничения и требования конструкции и эстетики БПЛА.

Кроме того, необходимо учесть эффективность солнечных панелей в зависимости от угла инцидентного солнечного излучения. Для максимальной

эффективности панелей следует установить их под оптимальным углом, который зависит от широты места полета и времени года.

Также следует учесть возможность использования трекинговой системы, которая позволяет панелям автоматически следовать за движением солнца и максимизировать солнечную радиацию, падающую на панели.

После проведения всех расчетов и анализа, можно приступить к установке солнечных панелей на БПЛА. Необходимо учесть требования к установке, такие как прочность крепления панелей, защита от атмосферных воздействий и возможность обслуживания и ремонта панелей в случае необходимости.

В заключение, использование солнечной энергии для питания БПЛА является перспективным направлением развития данной технологии. Однако, перед выбором и установкой солнечных панелей необходимо провести тщательные расчеты и анализ, чтобы определить оптимальное количество и тип панелей, а также обеспечить их правильное расположение и установку на БПЛА. Только таким образом можно достичь максимальной эффективности и продолжительности полета БПЛА с использованием солнечной энергии.

2.4 Выбор и расчет винтомоторной группы тягового электродвигателя

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с использованием солнечной энергии являются одним из наиболее перспективных направлений в развитии беспилотных систем. Они обладают рядом преимуществ перед традиционными БПЛА, такими как большая длительность полета, низкая стоимость эксплуатации и экологическая безопасность. В данном разделе мы рассмотрим выбор и расчет винтомоторной группы тягового электродвигателя для БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей.

Перед выбором винтомоторной группы необходимо определить требования к тяговому электродвигателю. Основными параметрами, на которые следует обратить внимание, являются мощность, обороты в минуту, эффективность и масса. Мощность электродвигателя должна быть достаточной для обеспечения полетных характеристик БПЛА, а также для компенсации энергозатрат на питание других систем. Обороты в минуту должны соответствовать скорости вращения винта, обеспечивая необходимую тягу. Эффективность электродвигателя влияет на энергопотребление и дальность полета БПЛА. Масса электродвигателя должна быть минимальной, чтобы снизить общую массу БПЛА и увеличить его грузоподъемность [9].

Выбор тягового электродвигателя для БПЛА с питанием от солнечных батарей требует учета особенностей работы солнечных батарей и энергосистемы БПЛА в целом. Солнечные батареи генерируют переменный ток, который необходимо преобразовать в постоянный для питания электродвигателя.

Поэтому электродвигатель должен быть совместим с преобразователем постоянного тока, который будет использоваться в энергосистеме БПЛА [16].

Одним из ключевых параметров, влияющих на выбор электродвигателя, является его мощность. Мощность электродвигателя должна быть достаточной для обеспечения требуемого уровня тяги, а также для компенсации энергозатрат на питание других систем БПЛА. Для расчета мощности электродвигателя необходимо учитывать такие факторы, как масса БПЛА, аэродинамические характеристики, требуемая скорость полета и длительность полета.

Также следует учесть обороты в минуту электродвигателя. Обороты в минуту должны соответствовать скорости вращения винта, обеспечивая необходимую тягу. Для определения требуемых оборотов в минуту необходимо учитывать такие факторы, как аэродинамические характеристики винта, требуемая скорость полета и длительность полета.

Эффективность электродвигателя также имеет большое значение при выборе винтомоторной группы. Эффективность электродвигателя влияет на энергопотребление и дальность полета БПЛА. Чем выше эффективность электродвигателя, тем меньше энергии будет расходоваться на преодоление аэродинамического сопротивления и тем больше дальность полета БПЛА.

Наконец, масса электродвигателя также является важным параметром. Масса электродвигателя должна быть минимальной, чтобы снизить общую массу БПЛА и увеличить его грузоподъемность. Однако следует учесть, что с уменьшением массы электродвигателя может снижаться его мощность и эффективность, что может отрицательно сказаться на полетных характеристиках БПЛА.

Таким образом, выбор и расчет винтомоторной группы тягового электродвигателя для БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей требует учета ряда параметров, таких как мощность, обороты в минуту, эффективность и масса. Необходимо провести анализ требований к электродвигателю, а также учесть особенности работы солнечных батарей и энергосистемы БПЛА в целом. Только после этого можно приступить к выбору и расчету конкретной винтомоторной группы для данного БПЛА.

2.5 Алгоритмы использования и конвертации солнечной энергии для накопления и расходования электроэнергии во время полета

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся все более популярными в различных отраслях, таких как геодезия, сельское хозяйство, мониторинг окружающей среды и т.д. Однако, одной из основных проблем, с которой сталкиваются разработчики БПЛА, является ограниченность времени полета из-за ограниченного запаса электроэнергии. Для решения данной проблемы, использование солнечной энергии становится все более привлекательным вариантом.

БПЛА, использующие солнечную энергию, оснащены солнечными батареями, которые преобразуют энергию солнечного излучения в электрическую энергию. Это позволяет накапливать и использовать электроэнергию во время полета, что значительно увеличивает время автономной работы БПЛА [18].

Алгоритмы использования и конвертации солнечной энергии для накопления и расходования электроэнергии во время полета являются ключевыми компонентами проектирования БПЛА с питанием от солнечных батарей. Рассмотрим основные этапы этих алгоритмов.

Первым этапом является сбор солнечной энергии. Солнечные батареи, установленные на крыле БПЛА, преобразуют солнечное излучение в постоянный ток. Для оптимального использования солнечной энергии, батареи должны быть установлены под определенным углом к солнцу. Для этого используются специальные механизмы, позволяющие изменять угол наклона батарей во время полета.

Далее следует этап накопления электроэнергии. Собранная солнечная энергия поступает на аккумуляторы, которые служат для хранения энергии. Аккумуляторы должны быть специально разработаны для работы с солнечными батареями, учитывая особенности их работы и требования к электроэнергии во время полета.

Третий этап - расходование электроэнергии. Во время полета БПЛА потребляет электроэнергию для работы всех систем и устройств. Алгоритмы управления энергопотреблением определяют, какая часть энергии будет использоваться непосредственно для полета, а какая - для работы других систем. Это позволяет оптимизировать использование энергии и увеличить время полета.

Кроме того, в алгоритмы использования и конвертации солнечной энергии также включаются механизмы управления зарядом аккумуляторов. Это позволяет эффективно использовать собранную энергию и предотвращать перезарядку или разрядку аккумуляторов до критического уровня.

Одним из основных преимуществ использования солнечной энергии в БПЛА является возможность продлить время полета без необходимости посадки для замены или зарядки аккумуляторов. Это позволяет существенно увеличить эффективность и производительность БПЛА, а также снизить операционные расходы.

Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения при использовании солнечной энергии в БПЛА. Во-первых, эффективность солнечных батарей может снижаться при недостаточной освещенности, например, при облачной погоде или в ночное время. В таких случаях, БПЛА должен иметь возможность переключаться на другие источники энергии, например, на аккумуляторы или генераторы.

Во-вторых, вес солнечных батарей и аккумуляторов может оказывать значительное влияние на летные характеристики БПЛА. Поэтому, при

проектировании БПЛА с питанием от солнечных батарей необходимо учитывать баланс между энергетической эффективностью и весом системы питания.

В заключение, использование солнечной энергии в БПЛА является перспективным направлением развития данной технологии. Алгоритмы использования и конвертации солнечной энергии для накопления и расходования электроэнергии во время полета позволяют увеличить время автономной работы БПЛА и снизить операционные расходы. Однако, необходимо учитывать ограничения данной технологии, такие как снижение эффективности при недостаточной освещенности и влияние веса системы питания на летные характеристики БПЛА.

3 Модернизированные решения увеличения дальности полета бпла

3.1. Выбор оптимального аккумулятора для резервного источника

Модернизированные решения увеличения дальности полета БПЛА имеют критическое значение для различных приложений, включая мониторинг, разведку, поисково-спасательные операции и прочие. В данном разделе данной работы "Проектирование БПЛА самолетного типа с питанием от солнечных батарей" мы сосредоточимся на выборе оптимального аккумулятора в качестве резервного источника питания, чтобы обеспечить максимальную дальность полета.

Перед тем как рассмотреть различные типы аккумуляторов, необходимо понять факторы, влияющие на дальность полета БПЛА. Во-первых, вес аккумулятора является критическим фактором, поскольку он прямо влияет на энергию, которую БПЛА может нести. Более тяжелый аккумулятор требует больше энергии для поддержания полета, что сокращает дальность полета. Во-вторых, энергетическая плотность аккумулятора также имеет значение. Чем выше энергетическая плотность, тем больше энергии может быть хранено в аккумуляторе на единицу массы. Это позволяет увеличить дальность полета без увеличения веса [13].

Существует несколько типов аккумуляторов, которые могут быть рассмотрены в качестве резервного источника питания для БПЛА. Один из них - литий-полимерный аккумулятор (LiPo). ЛиПо аккумуляторы являются легкими и имеют высокую энергетическую плотность, что делает их привлекательными для использования в БПЛА. Однако они имеют некоторые недостатки, такие как высокая стоимость и ограниченный срок службы. Также они требуют специального обращения и зарядки, чтобы избежать возможных проблем с безопасностью [14].

Другой вариант - литий-ионный аккумулятор (Li-ion). Ли-ионные аккумуляторы также обладают высокой энергетической плотностью и легким весом, что делает их привлекательными для использования в БПЛА. Они также имеют более длительный срок службы по сравнению с LiPo аккумуляторами. Однако они более дороги и требуют более сложной системы управления зарядом и разрядом [1].

Третий вариант - никель-металл-гидридный аккумулятор (NiMH). НиМГ аккумуляторы являются более дешевыми и безопасными в использовании по сравнению с литий-ионными аккумуляторами. Они также обладают хорошей энергетической плотностью и длительным сроком службы. Однако они более тяжелые по сравнению с литий-ионными аккумуляторами, что может сократить дальность полета.

Выбор оптимального аккумулятора для резервного источника питания зависит от конкретных требований и ограничений проекта БПЛА. Если вес является критическим фактором, то литий-полимерные аккумуляторы могут

быть предпочтительными. Однако, если безопасность и стоимость имеют большее значение, то никель-металл-гидридные аккумуляторы могут быть более подходящими. Литий-ионные аккумуляторы являются хорошим компромиссом между весом, энергетической плотностью и стоимостью, и могут быть рассмотрены в качестве универсального варианта.

Кроме выбора оптимального типа аккумулятора, также необходимо учесть другие факторы, влияющие на дальность полета БПЛА. Например, эффективность солнечных батарей, используемых для зарядки аккумуляторов, может существенно влиять на общую энергию, доступную для полета. Также важно учитывать энергопотребление других систем БПЛА, таких как двигатель, система стабилизации и коммуникационное оборудование.

В заключение, выбор оптимального аккумулятора для резервного источника питания БПЛА является сложным процессом, который требует учета различных факторов, включая вес, энергетическую плотность, стоимость, безопасность и срок службы. Литий-полимерные, литий-ионные и никель-металл-гидридные аккумуляторы являются наиболее распространенными вариантами, и выбор между ними зависит от конкретных требований и ограничений проекта БПЛА. Кроме того, эффективность солнечных батарей и энергопотребление других систем БПЛА также играют важную роль в обеспечении максимальной дальности полета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены важные аспекты проектирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с использованием солнечной энергии в качестве источника питания. Тема данной работы имеет большое значение в современном мире, где все больше и больше стремятся к использованию возобновляемых источников энергии и разработке экологически чистых технологий.

В первой части работы был проведен обзор существующих БПЛА и их особенностей. Были рассмотрены различные модели и типы БПЛА, их применение в различных отраслях, а также возможности использования солнечных батарей для питания этих аппаратов. Исследование показало, что солнечная энергия может быть эффективным источником питания для БПЛА, особенно в случае, когда требуется длительное время полета или работа в удаленных и труднодоступных местах.

Во второй части работы были рассмотрены различные модернизированные решения, направленные на увеличение дальности полета БПЛА. Были исследованы различные технические решения, такие как улучшение аэродинамических характеристик, оптимизация веса и улучшение энергоэффективности. Особое внимание было уделено использованию солнечных батарей и различным методам их интеграции в конструкцию БПЛА. Были рассмотрены преимущества и недостатки различных подходов, а также возможности их комбинирования для достижения наилучших результатов.

В заключительной части работы были сделаны выводы и предложены рекомендации для дальнейших исследований. В результате исследования было установлено, что использование солнечной энергии в качестве источника питания для БПЛА имеет большой потенциал и может быть эффективным способом увеличения дальности полета. Однако, необходимо продолжать исследования в данной области, совершенствовать технические решения и разрабатывать новые технологии, чтобы достичь оптимальных результатов.

Также были выделены некоторые направления для дальнейших исследований, такие как улучшение энергоэффективности солнечных батарей, разработка новых материалов с высокой степенью прозрачности и эффективности преобразования солнечной энергии, а также разработка новых методов интеграции солнечных батарей в конструкцию БПЛА. Кроме того, рекомендуется провести дальнейшие исследования в области оптимизации аэродинамических характеристик и улучшения энергоэффективности БПЛА в целом.

В целом, данная работа позволила получить глубокое понимание проектирования БПЛА с использованием солнечной энергии и исследовать различные модернизированные решения для увеличения дальности полета. Результаты работы могут быть использованы в дальнейших исследованиях и

разработках в области беспилотной авиации и использования возобновляемых источников энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Павел Сергеевич, Селин Антон Игоревич К ВОПРОСУ ВЫБОРА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ БЛА ПРИ УСЛОВИИ ГРУППОВОЙ РАБОТЫ // Universum: технические науки. 2023. №6-4 (111). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-vybora-akkumulyatornyh-batarey-bla-pri-uslovii-grupповой-raboty> (дата обращения: 04.05.2024).
2. Асадов Х.Г. Оглы, Абдуллаева С.Н. Гызы, Асланова А.Б. Гызы ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, СНАБЖЕННЫХ СОЛНЕЧНЫМИ ПАНЕЛЯМИ, В РЕЖИМАХ ПОДЪЕМА И СПУСКА // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2020. №63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-funksionirovaniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-snabzhennyh-solnechnymi-panelyami-v-rezhimakh-podem-a-i-spuska> (дата обращения: 04.05.2024).
3. Асланова Айтен Баба Гызы ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАТАРЕЙНЫХ БЛА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ СБРОСОМ ВЕСА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ // Труды МАИ. 2021. №119. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-rezhimnyh-pokazateley-batareynyh-bpla-s-differentsialnym-sbrosom-vesa-poleznoy-nagruzki> (дата обращения: 04.05.2024).
4. Беляев П.В., Головский А.П., Садаев Д.С. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при контроле и диагностике объектов энергетики // ОмГТУ. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-pri-kontrol-e-i-diagnostike-obektov-energetiki> (дата обращения: 04.05.2024).
5. Булат П.В., Минин О.П. О современном подходе к проектированию беспилотных летательных аппаратов самолетного типа с коротким взлетом и посадкой // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-sovremennom-podhode-k-proektirovaniyu-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-samoletnogo-tipa-s-korotkim-vzletom-i-posadkoj> (дата обращения: 04.05.2024).
6. Вытовтов А.В., Калач А.В., Разиньков С.Ю. Современные беспилотные летательные аппараты // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-bespilotnye-letatelnye-apparaty> (дата обращения: 04.05.2024).
7. Каримов АльтафХуснимарзанович ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ // Труды МАИ. 2011. №47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proektirovaniya-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 04.05.2024).
8. Кириллов А. В., Деста А. Б. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК НА

БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации-2021. – 2022. – С. 145-150. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48831867> (дата обращения: 04.05.2024).

9. Легконогих Денис Сергеевич, Крылов Анатолий Андреевич, Иванов Максим Сергеевич СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ // Военная мысль. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivu-razvitiya-silovyh-ustanovok-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 04.05.2024).

10. Лозицкий Д. А. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С СИСТЕМОЙ СДУВА ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ: сборник статей XXVII. – 2024. – С. 60. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2024/04/МК-2004.pdf#page=60> (дата обращения: 04.05.2024).

11. Макаренко Сергей Иванович, Тимошенко Александр Васильевич, Васильченко Александр Сергеевич Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sredstv-i-sposobov-protivodeystviya-bespilotnym-letatelnyh-apparatam-chast-1-bespilotnyu-letatelnyu-apparat-kak-obekt> (дата обращения: 04.05.2024).

12. Назаренко Павел Александрович, Сатарова Валерия Игоревна, Макарова Лариса Владимировна МОДЕЛЬ БПЛА НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-bpla-na-solnechnoy-energii> (дата обращения: 04.05.2024).

13. Немова Дарья Александровна Классификация источников тока для питания БПЛА // Вестник науки и творчества. 2016. №9 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-istochnikov-toka-dlya-pitaniya-bpla> (дата обращения: 04.05.2024).

14. Пархоменко Н.А., Зятков К.В. СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2022. №2 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-3d-modeli-uchastka-avtomobilnoy-dorogi-s-ispolzovaniem-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 04.05.2024).

15. Резников В. М. Аэрокосмическая система мониторинга: состояние, проблемы, перспективы. – 2009. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15017723> (дата обращения: 04.05.2024).

16. Синергия-Инвест, Замятин Павел Александрович КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ АЭРОДРОМНОГО БАЗИРОВАНИЯ // Кронос. 2020. №4 (43).

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsionnye-priznaki-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-aerodromnogo-bazirovaniya> (дата обращения: 04.05.2024).

17. Стрюковский И. А. Разработка экспертной системы обнаружения несанкционированных врезок в магистральный нефтепровод Восточно-Сибирского региона. – 2023. URL: <https://earchive.tpu.ru/handle/11683/76363> (дата обращения: 04.05.2024).

18. Хамза Мазин Абдулаали Хамза ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СБОРА ПОЛЁТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАСЧЁТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА // Онтология проектирования. 2023. №1 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-sistemy-sbora-polyotnoy-informatsii-dlya-raschyota-aerodinamicheskikh-harakteristik-bpla> (дата обращения: 04.05.2024).

19. Цепляева Т. П., Мигунов А. Ю. ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT OF HIGH-ALTITUDE UNMANNED AERIAL VEHICLES // Open Information and Computer Integrated Technologies. – 2019. – №. 83. – С. 28-41. URL: <http://nti.khai.edu/ojs/index.php/oikit/article/view/686> (дата обращения: 04.05.2024).

20. Цепляева Т. П., Мигунов А. Ю. Анализ современного состояния развития высотных беспилотных летательных аппаратов. – 2019. URL: <http://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/5601> (дата обращения: 04.05.2024).

21. Шаталов Н.В. ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА // Перспективы развития информационных технологий. 2016. №29. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-klassifikatsii-bpla-samoletnogo-tipa> (дата обращения: 04.05.2024).

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Какаманов Аслан Булатович

6B07121–Космическая техника и технологии

На тему: «Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей»

В настоящей дипломной работе представлены 3 основных раздела, текст который изложен на 40 страницах, на которых имеется 18 рисунков.

Дипломная работа, посвященная проектированию беспилотного летательного аппарата (БПЛА) типа с питанием от солнечных батарей, является важным и следованием в области аэрокосмических технологий, направленным на разработку экологически чистых и энергоэффективных решений для беспилотных летательных аппаратов.

Актуальность выбранной темы обусловила растущую потребность в создании устойчивых и долгоживущих летательных аппаратов, способных выполнять длительные миссии без необходимости частой подзарядки. Это особенно важно для задач окружающей среды, сельскохозяйственного надзора, разведки и других приложений, где автономность и экологичность.

Данная работа позволила получить глубокое понимание проектирования БПЛА с использованием солнечной энергии и исследовать различные модернизированные решения для увеличения дальности полета. Результаты работы могут быть использованы в дальнейших исследованиях и разработках в области беспилотной авиации и использования возобновляемых источников энергии. Работа написана последовательно, четко и ясно.

Таким образом, дипломная работа студента Какаманова Аслана Булатовича заслуживает оценки 90 %, а дипломник Какаманов Аслан Булатович присуждения академической степени «Бакалавр» 6B07121 по Образовательной программе «Космическая техника и технологии».

Научный руководитель:

к.т.н., ассоциированный профессор

Гаштай Е.

« 5 » 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: Какаманов Аслан Булатович

Тақырыбы: Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей

Жетекшісі: Абдумажит Дараев

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.5

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.1

Дәйексөз (35): 0

Әріптерді ауыстыру: 4

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 4

Ақ белгілер: 24

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:

14.06.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Какаманов Аслан Булатович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 7.5

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 24

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:

14.06.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Какаманов Аслаи Булатович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проектирование БПЛА самолетного типа, с питанием от солнечных батарей

Научный руководитель: Абдумажит Дараев

Коэффициент Подобия 1: 7.5

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 24

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:

14.06.2024
Дата


Меркуца
проверяющий эксперт