|  |  |
| --- | --- |
|  | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ «Специальное машиностроение»

КАФЕДРА «Робототехнические системы и мехатроника»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ***

***НА ТЕМУ:***

***Разработка двухосевого привода направленной антенны для установки на БПЛА***

Студент СМ7-72Б **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Санников А.К.**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Гуляев И.А.**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2024 г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение научно-исследовательской работы**

по теме \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент группы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Направленность НИР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения НИР: 25% к \_\_\_ нед., 50% к \_\_\_ нед., 75% к \_\_ нед., 100% к \_\_\_ нед.

Техническое задание \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

***Оформление научно-исследовательской работы:***

Расчетно-пояснительная записка на \_\_\_\_\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « \_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Руководитель НИР**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ 4

1.1. Описание функционала устройства: 5

1.2. Сферы применения 5

1.3. Актуальность и новизна 5

2. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ 5

2.1. Косвенные аналоги 6

2.2. Патентный поиск 6

2.3. Обзор существующей литературы 6

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНЫХ ТИПОВ И РАЗМЕРОВ БПЛА 6

4. ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА 7

4.3. Требования к антенне и выбор антенны 7

5. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПРИВОДУ АНТЕННЫ 7

5.1 Требования к точности и быстродействию 7

Список использованных источников 8

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все чаще используются беспилотные летательные аппараты с FPV системами, как в исследовательских и разведывательных целях, так и в боевых условиях. Всё чаще возникает потребность в увеличении дальности работы, но при этом остается условие сохранять высокие скорости передачи данных. Данные проблемы наталкивают на идею создания ретранслирующего устройства для установки его на вспомогательный БПЛА, что позволит увеличить дальность действия FPV летательных аппаратов. В основе идеи лежит использование направленных, усиливающих сигнал, антенн и позиционирование их при помощи привода.

# 1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для достижения значительного увеличения дальности разрабатывается система ретрансляции управляющего сигнала и видеосигнала. Предполагается, что использование дополнительного БПЛА между оператором и FPV летательным аппаратом увеличит дальность полета, при этом уделяется внимание использованию направленных антенн, и их позиционирование при помощи следящего привода, используя как входные данные уровень сигнала - RSSI (Received Signal Strength Indicator).

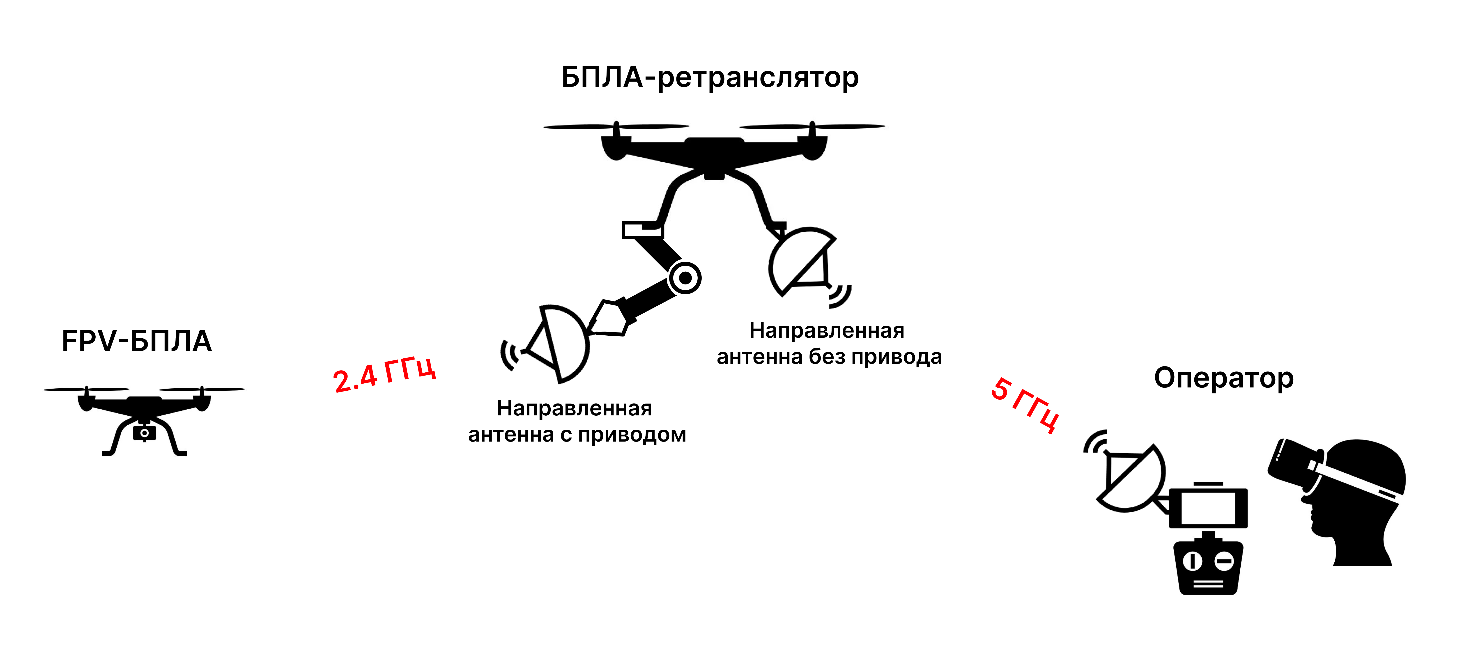


Рис. 1 Концепт системы ретрансляции

При этом на дрон ретранслятор устанавливается 2 антенны, одна из которых остается неподвижной и направляется при помощи поворота дрона, а вторая устанавливается на двухосевой привод, который в свою очередь направляет антенну на FPV-дрон.  
 В рамках данного проекта ставится техническое задание на разработку только части системы – двухосевого привода антенны, и выбор компонетов системы: антенн и тд.

## 1.1. Описание функционала устройства:

Разрабатываемое устройство представляет из себя – подвесной модуль для мультикоптерных БПЛА, с двумя направленными антеннами, одна из которых остается неподвижной относительно корпуса БПЛА и направляется при помощи вращения самого БПЛА. При этом вторая антенна приводится в движение с помощью разрабатываемого двухосевого привода.

БПЛА с установленным устройством входит в состав системы ретрансляции сигнала, также стоит отметить, что антенны будут использовать разные частоты.

## 1.2. Сферы применения

Данная система позволяет увеличивать дальность полетов, что будет очень полезно для применения в боевых условиях, а также для разведывательных и исследовательских целей, везде где требуется большая дальность и сохранение FPV функций.

## 1.3. Актуальность и новизна

Существуют двухосевые подвесы-стабилизаторы для аэрофотосъемки, также существуют дроны-ретрансляторы с двумя неподвижными антеннами широкой направленности. По сути новизна заключается в объединении этих двух идей, с целью увеличения дальности полета и повышении эффективности ретрансляции.

Основная актуальность работы – применение в боевых условиях.

# 2. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

На данный момент существуют решения: дроны-ретрансляторы с двумя неподвижными антеннами. Однако данные решения не являются прямыми аналогами системы.



Рис. 2 Дрон ретранслятор

## **2.1. Косвенные аналоги**

Рассматривая аналоги привода можно рассмотреть как косвенные аналоги – подвесы-стабилизаторы для аэрофотосъемки, стационарные приводы антенн.



Рис. 3 3-х осевой подвес камеры для аэрофотосъемки.

Однако подобные системы не подходят для наших задач, ввиду неподходящей кинематики, дороговизны и неудобств в управлении.

## 2.2. Патентный поиск

По контекстным запросам:

* «Разработка двухосевого привода направленной антенны для установки на БПЛА»
* «two-axis drive of directional antenna for UAV. UAV is equipped with device with 2-axis drive and directional antenna, using stepper motors directs antenna for search of jammers and general spectrum analysis in the selected frequency range.»,
* « двухосевой привод направленной антенны для бпла с для увеличения дальности полетов на бпла устанавливается устройство с 2 осевым приводом, и направленной антенной, с помощью шаговых двигателей направляет антенну.»

Отсутствуют релевантные результаты.

## 2.3. Обзор существующей литературы

Обзор существующей литературы

# 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНЫХ ТИПОВ И РАЗМЕРОВ БПЛА

Основным критерием для БПЛА является грузоподъемность и габариты. Сверхмалые и малые типоразмеры сразу отпадают ввиду низкой грузоподъемности и сложности разработки привода, ориентируемся на средние и тяжелые БПЛА мультикоптерного типа, грузоподъемностью от 1 кг и размерами от 300мм в диаметре.

Подробное сравнение типов представлено в таблице:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Типоразмер БПЛА | Масса | Грузо-сть | Габариты в диаметр | Время полета | Макс.Высота полета |
| Микро-класс | До 50 гр. | 10 гр. | До 100 мм | 3-10 мин. | 10 м |
| Мини-класс | До 500 гр. | 100 гр. | До 250 мм. | 5-20 мин. | 100 м |
| Средний класс | До 2.5 кг. | 500 гр. | 350-500 мм | 30 мин. | 1000 м |
| Тяжелый класс | От 2.5 кг. | От 1 кг. | От 550 мм | От 50 мин. | От 1000 м |

Таблица 1. Сравнение типов и размеров БПЛА

Для прототипа был выбран квадрокоптер тяжелого класса: DJI MATRICE 300, его характеристики можно брать за основу при проектировании привода.

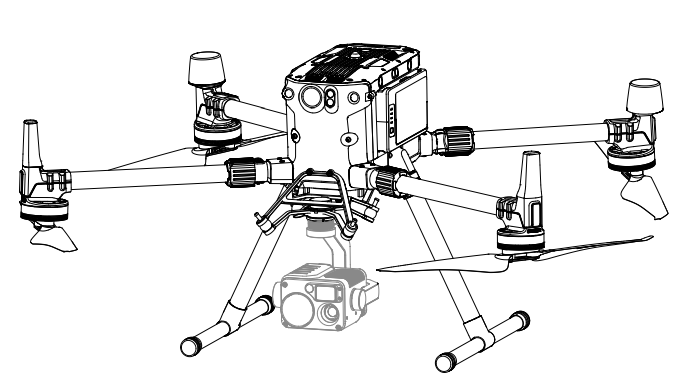


Рис. 3. Квадрокоптер DJI MATRICE 300

# 4. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Для определения структуры устройства создадим структурную схему:

# 5. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПРИВОДУ АНТЕННЫ

## 5.1 Требования к точности и быстродействию

# 6. ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Объектом управления в данном приводе будет являться направленная антенна, поэтому необходимо для начала определиться с выбором антенны, для дальнейшего определения остальных компонентов.

## 6.1. Требования к антенне и выбор антенны

Для работы с FPV системами стоит использовать частоту: 2.4 ГГц. И выбрать направленную антенну, которая будет отличатся небольшими габаритами и малым весом. Текущие варианты антенн:

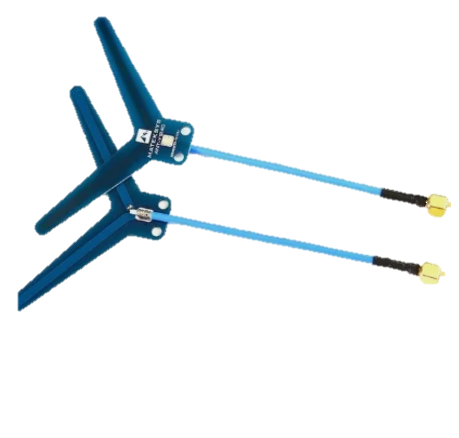


Рис. 5 Варианты направленных антенн для 2.4 ГГц

.

## 6.2 Выбор типа двигателей для привода.

# Список использованных источников

1. Энциклопедия антенн: Antennenbuch / Карл Ротхаммель, Алоиз Кришке; 2016. 812с.
2. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Биард Рэндал У., МакЛэйн Тимоти У. 2012. 309 с.
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ / C.В. Овсянников, А.А. Бошляков, А.О. Кузьмина; 2010 53 с.
4. Краткое руководство пользователя DJI MATRICE 300 / DJI LLC; 2015 г. 109 с.