

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

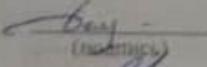
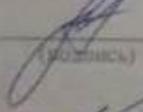
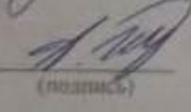
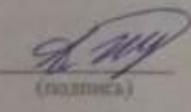
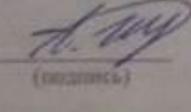
Факультет электроэнергетический
Кафедра электропривода и автоматизации технологических процессов
Направление / специальность 35.04.06 – Агроинженерия
Направленность (профиль) / специализация Электрооборудование и электротехнологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских условиях при помощи квадрокоптера

(наименование темы)

Шифр: ВКР.ЭиАТП.35.04.06.06.00.ПЗ

Выполнил	 (подпись)	<u>Т.О. Демьянков</u> (инициалы, фамилия)
Руководитель	 (подпись)	<u>О.А. Пустовая</u> канд.с.-х. наук, доцент (инициалы, фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)
Нормоконтролер	 (подпись)	<u>А.С. Ижевский</u> канд.с.-х. наук, доцент (инициалы, фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)
Руководитель магистерской программы	 (подпись)	<u>А.С. Ижевский</u> канд.с.-х. наук, доцент (инициалы, фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)
Допущен к защите		<u>« 14 » июня 2019 г.</u>
Заведующий кафедрой	 (подпись)	<u>А.С. Ижевский</u> канд.с.-х. наук, доцент (инициалы, фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

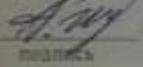
Благовещенск, 2019 г.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

Факультет электроэнергетический
Кафедра электропривода и автоматизации технологических процессов
Направление / специальность 35.04.06 – Агроинженерия
Направленность (профиль) / специализация Электрооборудование и электротехнологии

СОГЛАСОВАНО

Руководитель магистерской программы


подпись

А.С. Иванов
инициалы, фамилия

«17» сентября 2017г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

(наименование кафедры)


подпись

А.С. Иванов
инициалы, фамилия

«17» сентября 2017г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Демьянкова Тимофея Олеговича

(фамилия, имя, отчество)

1 Тема работы: Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских условиях при помощи квадрокоптера

утверждена приказом по Университету от «23» сентя 2017г. № 925-42

2 Исходные данные к работе: нормативная документация по эксплуатации БПЛА, СНиП, ГОСТ, СанПиН, нормативная документация по эксплуатации линий электропередач, государственные законы об использовании БПЛА на различных территориях, нормы затрат времени на операции совершаемые при обходах ЛЭП.

3 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Теоретическое обоснование использования БПЛА в городских и полевых условиях, основы управления квадрокоптерами при использовании их во время обходов в городских и полевых условиях, перспективы использования БПЛА в энергетике, разработка конструкции БПЛА, обоснование полётного управления, программное обеспечение, разработка тактики проведения осмотра линий электропередач, особенности осмотра линий в городских условиях, экономическое обоснование использования БПЛА.

4 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) (при наличии)

1. Общая классификация БПЛА
2. Конструкция БПЛА
3. Работа полётного контроллера
4. Сравнение наиболее распространённых моделей квадрокоптеров на рынке РФ
5. Структура технического обслуживания ЛЭП
6. Законодательная база эксплуатации беспилотников на территории РФ
7. Гипотеза, цели и задачи исследования
8. Конструкция выполненного коптера
9. Интерфейс приложения Mission planner
10. Подготовительный этап осмотра
11. Работа на местности
12. Заключительный этап
13. Особенности осмотра ЛЭП в городских условиях
14. Методические рекомендации по использованию квадрокоптеров

5 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Подпись, дата

6 Календарный план выполнения работы

Наименование этапов работы	Срок выполнения	Примечание
Теоретическое обоснование исследований	1.05.19	
Патентный поиск по теме исследований	15.05.19	
Экспериментальное исследование возможности использования БПЛА при обходах ЛЭП	25.05.19	
Разработка конструкции БПЛА с учётом особенностей их использования в городских условиях.	5.06.19	
Оценка результатов исследования	10.06.19	
Список используемой литературы	14.06.19	

Дата выдачи «01» мая 2019 г.

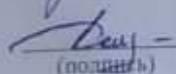
Срок сдачи выполненной работы «17» июня 2019 г.

Руководитель


(подпись)

О.А.Пустовая
(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению


(подпись)

Т.О.Демьянков
(инициалы, фамилия)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень условных обозначений

Введение

1 Общие сведения о БПЛА.....	6
1.1 Общая характеристика БПЛА.....	6
1.2 Физический осмотр, управления квадрокоптером.....	9
2 Сравнение современных БПЛА используемых промышленности.....	17
3 Обход ВЛЭП его цели и задачи.....	19
4 Перспективы и опыт использования БПЛА во время обхода.....	24
4.1 Операции, выполняемые при помощи БПЛА.....	24
4.2 Особенности законодательства РФ в области БПЛА.....	29
5 Гипотеза, цели и задачи исследования.....	31
6 Эксперименты исследования.....	32
6.1 Конструкция разрабатываемого квадрокоптера.....	32
6.1.1 Технические характеристики.....	34
6.1.2 Полетное управление.....	35
6.1.3 Программное обеспечение.....	36
6.2 Разработка тактики проведения осмотра ЛЭП при помощи квадрокоптера.....	38
6.2.1 общий осмотр ЛЭП.....	38
6.2.2 Особенности осмотра ЛЭП в городских условиях.....	45
6.2.3 Оформление результатов обследования.....	46
7 Основные неполадки дронов.....	48
8 Обоснование эффективности метода осмотра линии при помощи БЛА специалистами энергосберегающих организаций.....	50
8.1 Стоимость работы персонала.....	50
8.2 Расходы на транспорт.....	51
8.3 Расходы связанные с квадрокоптером.....	51
8.4 Амортизационные расходы.....	52
8.5 Дополнительные расходы.....	53

9 Методические рекомендации по использованию БПЛА для технического обслуживания ЛЭП.....	60
Заключение.....	64
Список используемых источников.....	65

Перечень условных обозначений

1. БПЛА – беспилотный летательный аппарат.
2. ВЗК РФ – Воздушный кодекс Российской Федерации.
3. ГЭС – Гидроэлектростанция.
4. ESC – (англ. Engine Speed Control) – регулирование или регулятор числа оборотов двигателя.
5. GPS – (англ. Global Positioning System) — система глобального позиционирования.
6. ВЛЭП – Воздушные линии электропередач.
7. ЛЭП – Линии электропередач.
8. ИК – Инфракрасный диапазон.
9. ТО – Техническое обслуживание.
10. КоАП – Кодекс об административных правонарушениях

ВВЕДЕНИЕ

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) вследствие большой протяженности имеют огромное количество однотипных элементов, каждый из которых обладает своими показателями надежности. Уровень повреждаемости элементов ВЛЭП определяется как свойствами конструкции, так и условиями их эксплуатации. Опыт эксплуатации показывает, что основными причинами отказа основных элементов воздушных линий являются атмосферные, климатические и сторонние воздействия.

В связи со стремительным развитием науки и техники в энергетической отрасли стало возможно применение современного технического оборудования для осмотра ЛЭП, одним из таких видов является использование БЛА и средних моделей квадрокоптеров.

В данный момент остро стоит проблема своевременного обнаружения дефектов ВЛЭП с последующим их устранением для того, чтобы предотвратить незапланированное отключение линии. Такая работа имеет как прикладной интерес и упрощает эксплуатацию ВЛЭП, так и большой экономический эффект обусловленный уменьшением расходов на замену оборудования, расходов на компенсацию потерь электроэнергии, а также уменьшением затрат на заработную плату обслуживающему и ремонтному персоналу, следовательно диагностика является ключевым элементом в эксплуатации ВЛЭП.

Основными достоинствами использования БЛА в этом случае является работа с труднодоступными местами, сокращение времени осмотра. Так же для использования модели не нужна большая группа людей, как при обычном обходе, что позволит улучшить планирование дальнейших этапов осмотра, а также в полной мере оценить обстановку и принять решение о проведении ремонтных работ в более короткие сроки.

Мы предлагаем рассмотреть возможность использования для обеспечения работоспособности ЛЭП беспилотных летательных аппаратов или же квадрокоптеров, в качестве дополнительного оборудования для

поиска проблем на линия электропередач и своевременного устранения, каких либо дефектов.

Одной из проблем при использовании БЛА является управление и эксплуатация квадрокоптера в различных климатических условиях. Для повышения эффективного использования необходимо разработать методические инструкции для правильного использования БЛА.

Актуальность использования БПЛА не вызывает сомнений так как большая протяженность ЛЭП на территории Российской Федерации делает контроль над их состоянием сложно решаемой проблемой, поэтому упрощение процедуры выполнения контроля состояния ЛЭП позволит снизить стоимость их эксплуатации и повысит эффективность обхода.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БПЛА

1.1 Общая характеристика БПЛА

Современные беспилотные летательные объекты представляют собой большой объем разработанных технических средств в основу работы, которых положено использование беспилотных технологий. Общая классификация БПЛА представлена на рисунке 1.1

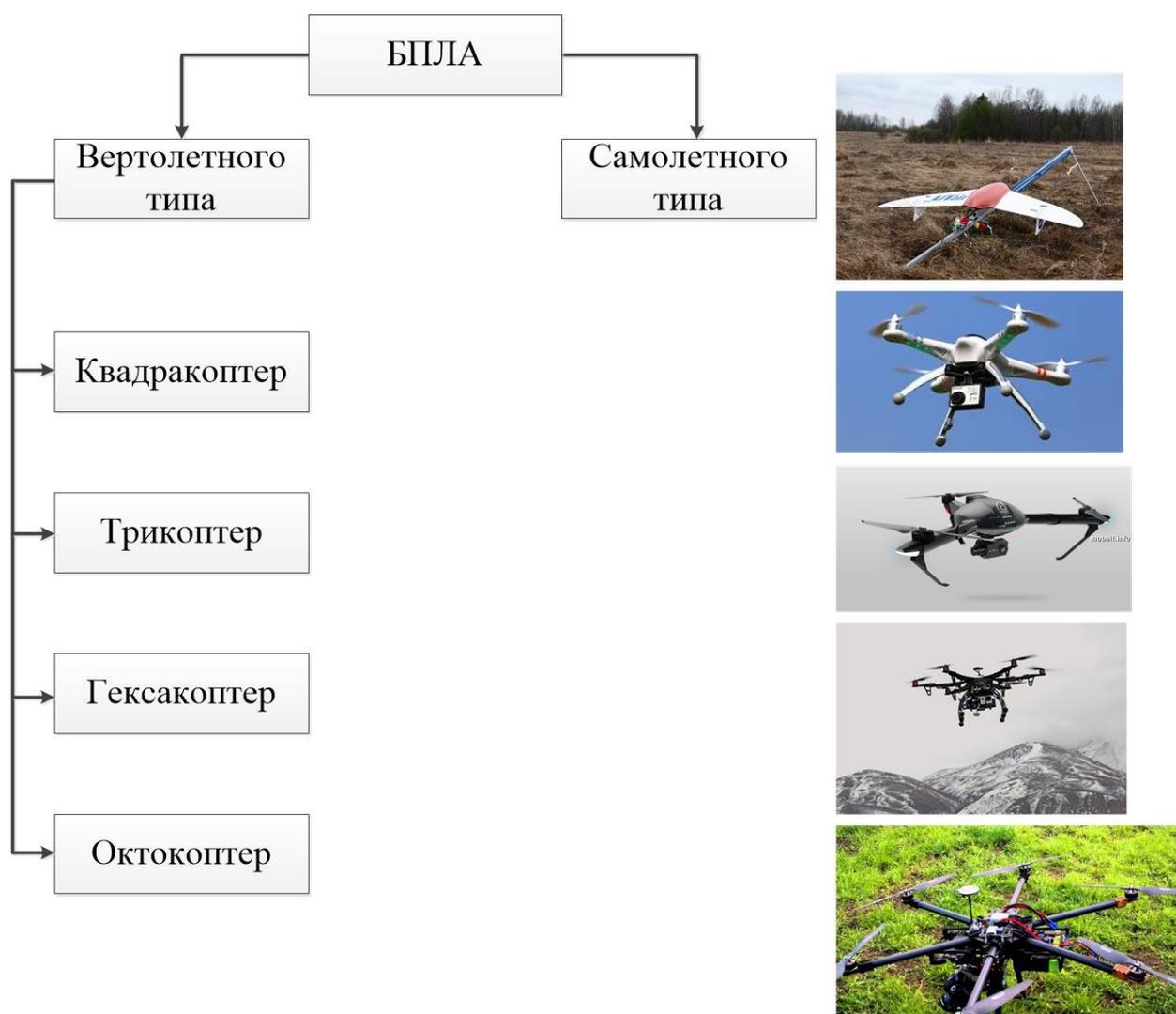


Рисунок 1.1 - Общая классификация БПЛА

Мультикоптер - многомоторный или мультироторный летательный аппарат (вертолет), несущие винты которого осуществляют вращение диагонально в противоположных направлениях. Различаются мультикоптеры по количеству моторов (или по количеству несущих винтов). В наше время

применение получили мультикоптеры с тремя и более несущими винтами. Самые распространенные схемы это: 4/6/8 несущих винтов. Аппарат с тремя несущими винтами называется - трикоптер; с четырьмя - квадрокоптер; с шестью - гексакоптер и с восемью несущими винтами - октокоптер. Применение каждой из схем в основном определяет такой параметр как - масса полезной нагрузки, или проще говоря, вес который мультикоптер может взять собой на борт. Так же от количества винтов зависит такой фактор как плавность, стабильность хода, так октокоптер будет значительно меньше раскачиваться при сильном ветре, его полет будет более ровным и стабильным, нежели полет трикоптера. Все мультикоптеры относятся к беспилотным летательным аппаратам. Наиболее распространенной разновидность БПЛА является квадрокоптер.

Квадрокоптер - разновидность мультикоптера. Квадрокоптер (от англ. quadcopter - «вертолет с четырьмя винтами») - это беспилотный летательный аппарат с четырьмя пропеллерами, которые вращаются диагонально в противоположных друг другу направлениях, управляется квадрокоптер пультом дистанционного управления с земли. Как правило, на нём устанавливается мини-камера, позволяющая вести в полёте фото и видеосъёмку (рис. 1.2)



Рисунок 1.2 - Квадрокоптер Xiaomi Mi Drone 4k

Первые идеи создания многовинтового летательного аппарата появились в начале эпохи вертолетостроения. Георгий Ботезат в 1922 году один из первых сконструировал и позже поднялся в воздух на своем квадракоптере. Его аппарат смог не только оторваться от земли, но и продержаться в воздухе некоторое время. На тот момент такой аппарат имел один существенный недостаток – принцип работы. Из четырёх несущих винтов, ведущим был лишь один (вращение задавалось двигателем внутреннего сгорания) несовершенная система трансмиссии, в которой мощность ко всем винтам передавалась от одного мотора. Аппарат с таким недостатком плохо себя зарекомендовал и до серийного производства дело не дошло.

В 1950 годы авиаконструкторы стали возрождать направления постройки БЛА, но эти модели создавались в военной отрасли и использовались по типу самолетов.

На сегодняшний день мультикоптеры используются как для гражданского рынка, так и для военных целей. Основным направлением гражданского использования можно считать дистанционный осмотр различных объектов в процессе, которого можно наблюдать, как изменяются свойства эксплуатируемого объекта.

1.2 Физический осмотр, управления квадрокоптером

Конструктивно квадрокоптеры представляют собой устройство, состоящее из следующих элементов:

1. Рама модели - выполняется в виде звезды, для которой количество несущих лучей характеризует количество установленных двигателей, она выполнена в виде пересекающихся лучей с развязкой посередине, на раме располагаются все составные части модели, поэтому она должна сочетать в себе прочность и легкость. Развязка рамы выполняется из текстолита или алюминия, в дорогих моделях применяется карбоновая развязка, она имеет большую жесткость и меньший вес в сравнении с текстолитом, лучи также изготавливают из карбона или карбоновой трубки, но в более дешевой версии используется пластик (рис. 1.2). Возможно использования складных рам для более удобной транспортировки.

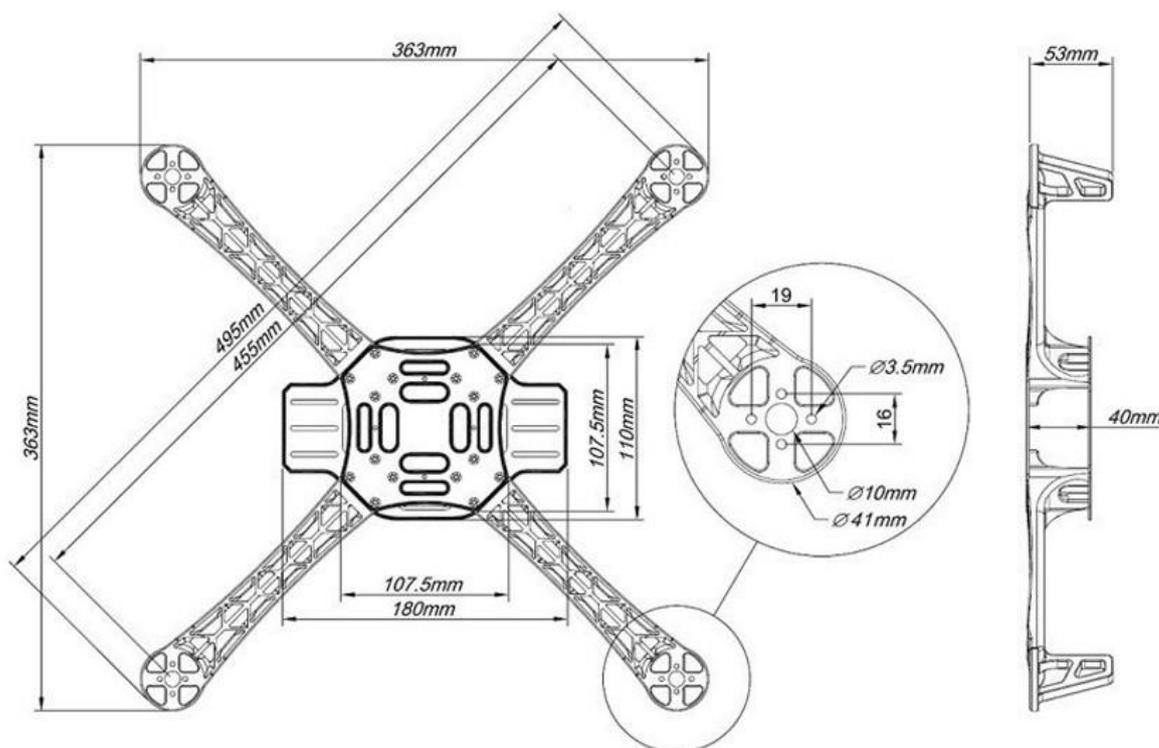


Рисунок 1.2 - Схема не складной рамы квадрокоптера

2. Полетный контроллер - это «мозг» всей модели, к нему посредством проводов и шлейфов крепятся все последующие датчики и модули: GPS, контроллеры управления двигателями, барометр. Полетный контроллер задает функциональные характеристики модели, важно располагать полетный контроллер на виброразвязке и на одном уровне с двигателями (рис. 1.3)



Рисунок 1.3 - Полетный контроллер, установленный на плату виброразвязки

3. Электромоторы. В квадрокоптере четыре луча соответственно у каждого луча по одному двигателю, каждый двигатель вращает свой винт. У каждого мотора имеется свой регулятор оборотов двигателя, с помощью этого регулятора полетный контроллер управляет моторами в зависимости от заданной пилотом ситуации (рис. 1.4)



Рисунок 1.4 - Электромоторы

4. Винты. Подъем квадрокоптера осуществляется за счет вращения четырех роторов, винты подбираются в зависимости от моторов, бывают винты разного шага, с двумя или тремя лопастями, изготавливаются они из пластика или карбона. Стоит отметить, что у квадрокоптера одна пара винтов правого вращения другая пара левого вращения, пары работают диагонально (рис. 1.5)



Рисунок 1.5 - Пара винтов квадрокоптера

5. Аккумулятор. По мощности аккумулятор подбирают в зависимости от мощности моторов. В большинстве случаев это литий-полимерные аккумуляторы (рис. 1.6)



Рисунок 1.6 - Литий-полимерный авиамодельный аккумулятор емкостью 2200 мА/ч.

6. Радиоприемник и передатчик. Передает и принимает сигналы, с пульта управления на контроллер поступает сигнал. Большая часть работает на частоте 2,4 GHz, дальность действия зависит от конкретной модели радиоаппаратуры (рис.1.7)



Рисунок 1.7 - Приемник и передатчик радиосигнала для управления моделью

В дополнение мультипектер оснащают стойками шасси, камерой для съемок местности, датчиками и сенсорами которые оповещают о приближении к препятствию (рис.1.8), но все оснащения не обязательны и модель может летать без них

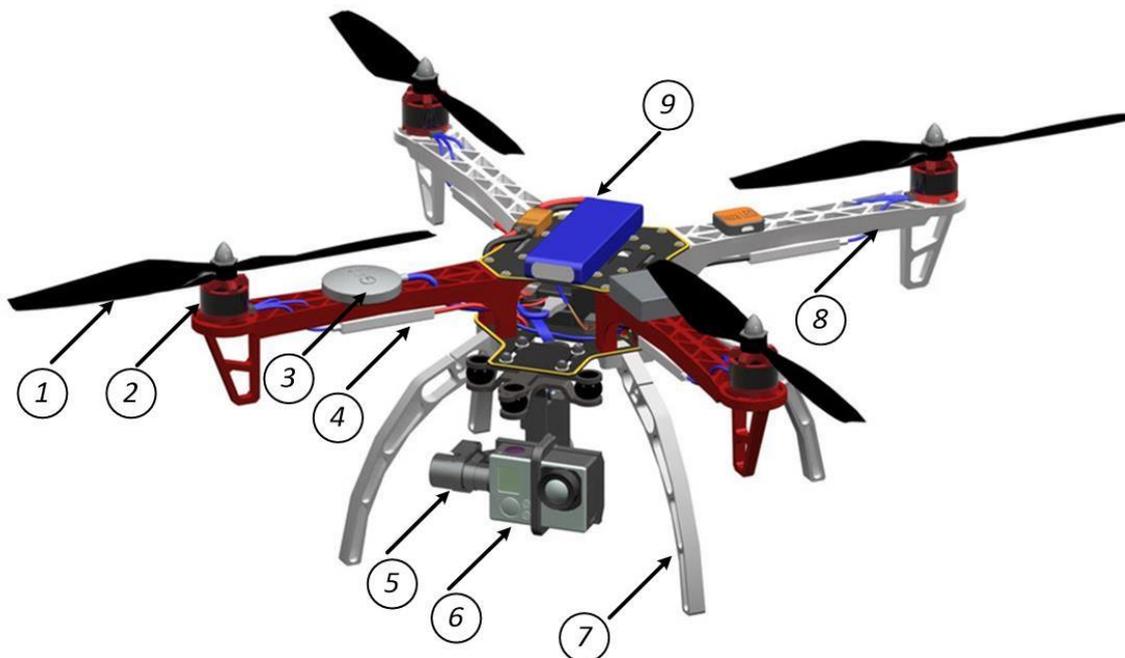


Рисунок 1.8 - Укомплектованная модель (1 - винт, 2 -электродвигатель, 3 - GPS модуль, 4 - ESC контроллер; 5 - двухосевой подвес камеры; 6 – камера; 7 - стойки шасси; 8 - луч рамы квадрокоптера)

Управление квадрокоптером.

Управление квадрокоптерами осуществляется исходя из общих принципов аэродинамики. У квадрокоптеров система управления проще, нежели у вертолетов, дрон не нуждается в сложных автоматах перекося, ему не нужен задний стабилизирующий винт. Три оси вращения задают ориентацию квадрокоптера в пространстве и направление его полета. Причем направление движения никак не зависит от расположения самого квадрокоптера в воздушном пространстве, он может смотреть вперед и лететь боком.

Для изучения основных закономерностей движения квадрокоптера рассмотрим математическую модель, описывающую пространственное движение дрона (рис. 1.9). Квадрокоптер - это электромеханическая система, корпус которой можно моделировать твердым телом с шестью степенями свободы. Будем рассматривать движение корпуса робота в декартовой системе координат, связанной с землей O, x, y, z , тогда положение центра

масс аппарата определяют координаты x, y, z , а ориентацию в пространстве задают углы Эйлера ψ, θ, φ .

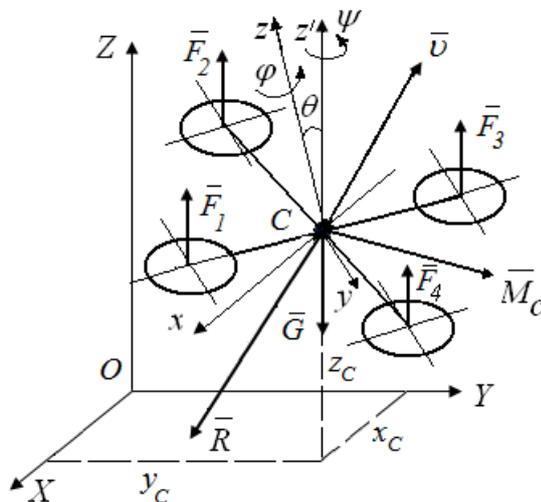


Рисунок 1.9 - Пространственная расчетная схема квадрокоптера.

Каждый из двигателей создает силу тяги F_i ($i= 1,2,3,4$), величина которой регулируется изменением уровня напряжения на двигателях. В рассматриваемой конструкции векторы F_i имеют соответствующие проекции (F_{ix}, F_{iy}, F_{iz}) на систему координат связанную с корпусом. Правильная ориентация векторов F_i открывает широкие возможности для компенсации внешней ветровой нагрузки, действующей на корпус. [1]

Три перечисленных выше оси или угла принято правильно называть тангажом, креном и рысканьем. Разберем их более подробно.

1. Тангаж (pitch) - поворот дрона вокруг продольной оси с наклоном вперед или назад. (рис. 1.10)

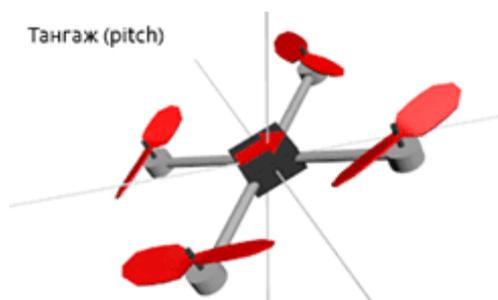


Рисунок 1.10 - Тангаж квадрокоптера

2. Рысканье (yaw) - поворот вокруг вертикальной оси. (рис. 1.11)

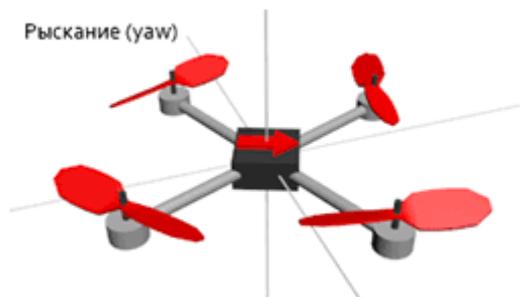


Рисунок 1.11 - Рысканье квадрокоптера

3. Крен (roll) - поворот вокруг продольной оси, но с наклоном вправо или влево. (рис. 1.12)

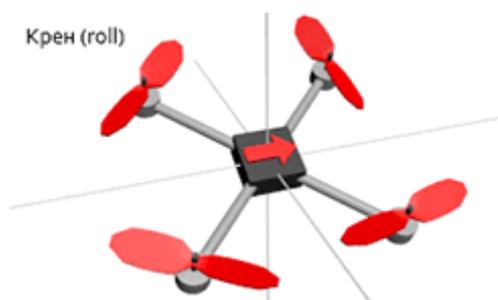


Рисунок 1.12 - Крен квадрокоптера

Любой БЛА во время своего полета совершает определенный список действий, маневры, тангаж/крен и рыскание (осуществляются пилотом, который с земли при помощи пульта управляет дроном) они определяют параметры движения дрона. Квадрокоптеры, в отличие от беспилотных летательных аппаратов вертолётного типа имеет четыре винта и двигатели с неизменным шагом за счет чего все винты имеют одинаковую скорость вращения, поэтому все параметры дрона скомпенсированы.

Команды, принятые приемником, поступают в полетный контроллер в виде широтно-импульсного сигнала (рис 1.14). Здесь они с учетом текущей навигационной информации (получаемой в самом полетном контроллере от встроенных микросистемных гироскопов и акселерометров), а также с учетом сигналов с модуля GPS (опционально) преобразуются в широтно-

импульсные сигналы управления двигателями, которые подаются на контроллеры частоты вращения двигателей (т.н. ESC – Engine Speed Control).

Назначение модулей ESC – преобразование управляющих широтно-импульсных сигналов в синусоидальные трехфазные напряжения для обмоток бесколлекторных электродвигателей. Типичный источник питания для бортсети мультикоптеров – это батарея литий-полимерных аккумуляторов. Потребляемые токи – от единиц до сотен ампер в зависимости от размеров аппарата. [2]

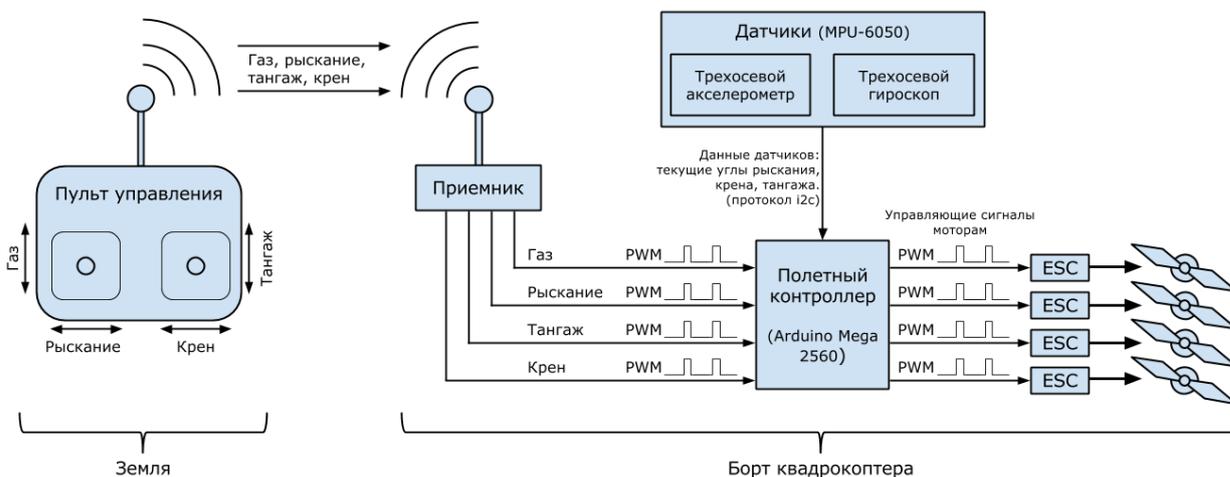


Рисунок 1.13 – Работа полетного контроллера

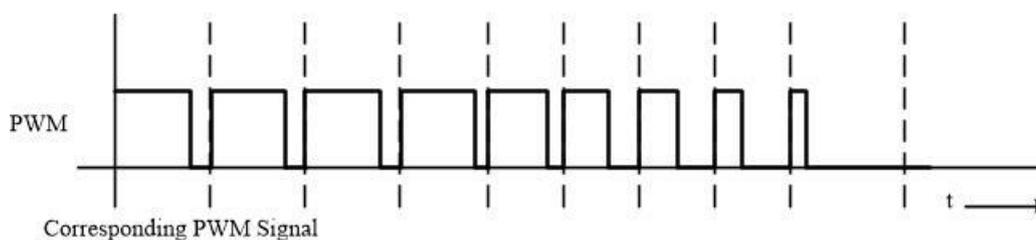


Рисунок 1.14 - Пример широтно-импульсного сигнала

2 СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ БПЛА ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Таблица 2.1 - Сравнение наиболее распространенных на рынке РФ моделей квадрокоптеров

Модель	Достоинства	Недостатки
DJI Phantom 3 Professional	<p>скорость подъема – 5м/с;</p> <p>скорость спуска – 3 м/с;</p> <p>камера с разрешением UHD 4096×2160р и углом обзора 94°;</p> <p>управления по радиоканалу, Wi-Fi;</p> <p>акселерометр, датчик высоты, ультразвуковой датчик;</p> <p>емкость аккумулятора 4480 мАч;</p>	<p>высокая цена</p>
Xiaomi Mi Drone 4K	<p>высокое качество фото- и видеосъемки;</p> <p>рекордная высота подъема;</p> <p>быстрое перемещение;</p> <p>широкие функциональные возможности.</p>	<p>высокая цена;</p> <p>плохая ремонтпригодность.</p>
Syma X5SW	<p>качество сборки;</p> <p>хороший аккумулятор;</p> <p>простота в управлении;</p> <p>не боится падений.</p>	<p>слабая камера;</p> <p>при отдалении на 20 м теряется связь с пультом.</p>
DJI Mavic Air Fly More Combo	<p>отличные полетные характеристики;</p> <p>управление через радиоканал, Wi-Fi и Bluetooth;</p> <p>качественная видеосъемка;</p> <p>богатая комплектация.</p>	<p>программные сбои.</p>
DJI Inspire 1 V2.0	<p>обзор камеры 360°;</p> <p>большая дальность полета;</p> <p>высокая скорость полета (22 м/с);</p> <p>качественная фото- и видеосъемка;</p> <p>уникальная конструкция.</p>	<p>высокая цена.</p>

При анализе готовых моделей БЛА было выявлено, что наиболее распространенные модели квадрокоптеров способны выполнять множество поставленных задач во многих отраслях.

В ходе сравнения пяти наиболее распространенных квадрокоптеров было выявлено, что их использование затратно, к тому же покупная модель оснащена функциями, которые не будут использоваться, и могут помешать при работе с ЛЭП. Все готовые модели квадрокоптеров имеют границы полета, при помощи которых видны зоны, запрещающие пилотирование квадрокоптеров вблизи аэропортов, ЛЭП и других важных объектов.

Так же стоит отметить, что покупные модели имеют сложности при ремонте, которые заключаются в стоимости деталей и сложностью с гарантийным обслуживанием. При проектировании квадрокоптера мы устранили имеющиеся недостатки и упростили его конструкцию, использовали многофункциональные разъемы и универсальные крепления, модель оборудована универсальным разъемом для аккумулятора типа «ХТ60», установлены двигателя с универсальным креплением винтов, можно изменять шаг и диаметр винта для более тонкой настройки управления, что не может дать покупная модель.

Ремонт покупной модели обойдется достаточно дороже, при ремонте самодельного квадрокоптера цена запчастей будет намного ниже, так как это не фирменная деталь, а просто запасная часть.

3 ОБХОД ВЛЭП ЕГО ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

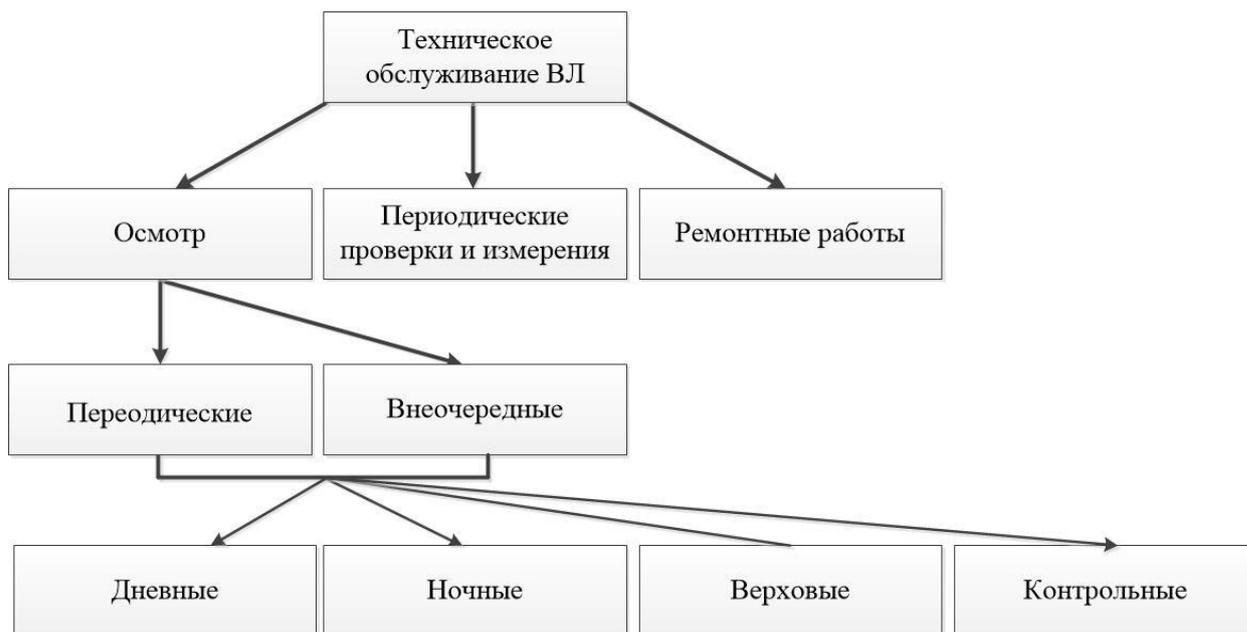


Рисунок 3.1 - Структура технического обслуживания ЛЭП

Согласно ПУЭ обход линий электропередач осуществляется не реже чем один раз в год и включается в техническое обслуживание, в процессе работы электромонтеры могут применять техническое оборудование для удобства технического обслуживания линии электропередач.

Техническое обслуживание включает в себя следующие виды работ: проведение осмотров, выполнение профилактических проверок и измерений, устранение мелких неисправностей.

Осмотры воздушных линий электропередач подразделяются на периодические и внеочередные. В свою очередь периодические осмотры делятся на дневные, ночные, верховые и контрольные.

Дневные осмотры – это основной вид осмотров, их проводятся 1 раз в месяц. При этом визуально проверяется состояние элементов воздушных линий, в бинокль осматриваются верхние элементы линии. (рис. 3.2)



Рисунок 3.2 - Визуальный осмотр ВЛ с земли

Ночные осмотры выполняют для проверки состояния контактных соединений и уличного освещения.

При проведении верховых осмотров ВЛ отключается и заземляется, проверяется крепление изоляторов и арматуры, состояние проводов, натяжение оттяжек и т. д. Ночные и верховые осмотры планируются по мере необходимости.

Контрольные осмотры отдельных участков линии осуществляет инженерно-технический персонал 1 раз в год с целью проверки качества работы электромонтеров, оценки состояния трассы, выполнения противоаварийных мероприятий.

Внеочередные осмотры проводятся после аварий, бурь, оползней, сильных морозов (ниже 40°C) и других стихийных бедствий. [3]

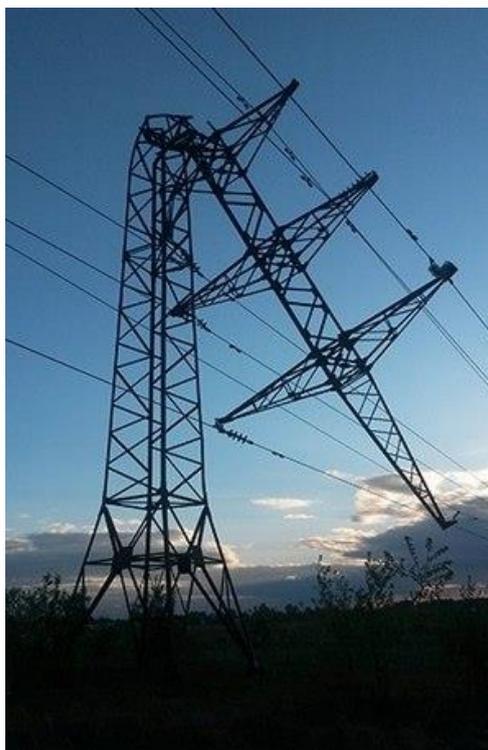


Рисунок 3.3 - Осмотр поврежденной опоры

С использованием квадрокоптера уменьшается время обхода линии, увеличивается производительность работников, появляется возможность обзора территории с высоты, что позволит намного быстрее сориентироваться на местности, для определения конкретного участка, который требует повышенного внимания. (рис.3.3)

Следовательно, учитывая способности дрона вести фото и видеосъемку, появляется возможность рассмотреть место повреждения линии с высоты. Иными словами при помощи обзора с воздуха можно рассмотреть все дефекты линии, например при полете к опорам можно оценить состояние изоляторов, обнаружить дефекты опор, осмотреть линии на провис проводов. Использование квадрокоптера будет эффективно при осмотре линии электропередач большой протяженности. (рис.3.4) Это обусловлено тем, что за одинаковый период времени персонал осмотрит большую протяженность линии.



Рисунок 3.4 – Обход ЛЭП с применением квадрокоптера, осмотр проводов и изоляторов

Также модель можно использовать, когда нельзя подобраться к определенным участкам местности, где расположены опоры. (рис. 3.5) Например, опора находится в заболоченной местности, и подойти к ней не получается, дрон с легкостью решит данную проблему и при помощи камеры покажет состояние изоляторов данной опоры или состояние опоры в целом.

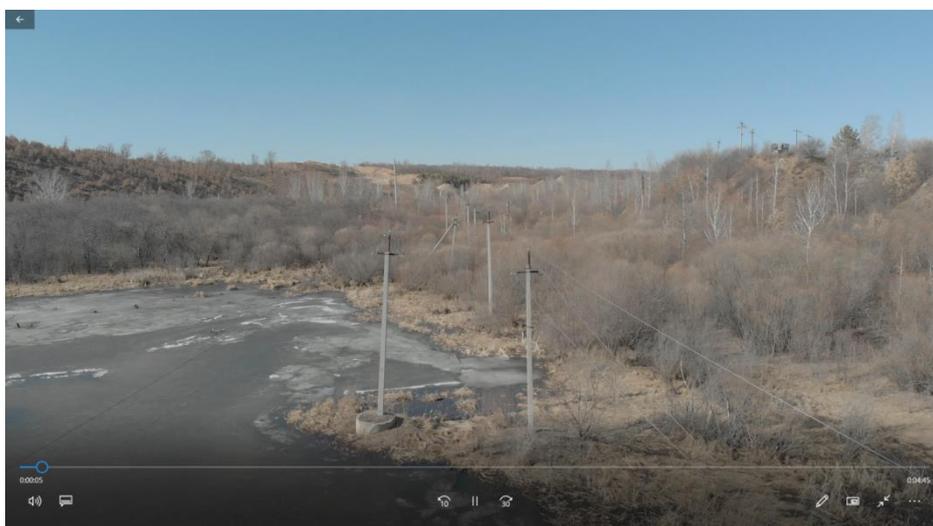


Рисунок 3.5 – Осмотр труднодоступных опор при помощи БЛА

Таким образом проведенный осмотр показал, что дрон подходит для осмотра линии электропередач, с его помощью можно существенно повысить эффективность работы выездной бригады, а так же сократить время обхода

участка линии электропередач. Так же выявлена наиболее полезная обстановка с использованием квадрокоптера – осмотр опор в заболоченной местности на обнаружения дефектов опор и изоляторов, а так же его использование в городских условиях.

В настоящее время для использования БПЛА требуются дополнительные модернизации, т.е. увлечение продолжительности полета, маневренности, системы ограничения по позиционированию. Для использования в дальнейшем или для формирования информационной базы, требуется установка хорошей оптической аппаратуры с возможностью съемки в оптическом и ИК диапазоне. (рис. 3.6)



Рисунок 3.6 - Мини камера для квадрокоптера позволяющая вести съемки в ИК диапазоне

4 ПЕРСПЕКТИВЫ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА ВО ВРЕМЯ ОБХОДА

4.1 Операции, выполняемые при помощи БПЛА

Воздушный мониторинг линий электропередач с помощью беспилотных летательных аппаратов позволяет эффективно оценивать техническое состояние проводов и изоляторов, обнаруживать в любое время суток акты несанкционированной деятельности посторонних лиц и транспортных средств в охранных зонах, передавать в режиме реального времени качественные данные о дефектах проводов при аварийном отключении. Данные, полученные с борта беспилотного летательного аппарата, позволяют специалистам сетевой инфраструктуры оценивать и прогнозировать воздействие природных факторов на ВЛ, определять дефекты, отклонения проводов и изоляции от допустимых норм, обследовать новые маршруты ЛЭП и прилегающие к ним территории.

В условиях ЧС беспилотные летательные аппараты могут служить ретранслятором связи для наземных групп, а впоследствии полученные данные позволят оценить ущерб и состояние окружающего лесного массива (например, обнаружить деревья, упавшие во время происшествия на высоковольтные линии). По полученным фото- и видеоизображениям с борта БПЛА, после обработки в специализированном программном обеспечении, создается цифровая 3D-модель маршрутов ЛЭП.

Квадрокоптеры и беспилотные летательные аппараты можно использовать при: обследовании линий электропередач, мониторинге теплосетей, обследовании объектов альтернативной энергетики, обследовании локальных объектов, ликвидации аварийных ситуаций, картографирование.

Обследование ЛЭП.

Дистанционный мониторинг линий электропередач с беспилотными летательными аппаратами значительно снижает время и риски при выполнении полевых работ.

При этом полеты происходят на безопасном расстоянии от опор и кабелей, не требуя отключения напряжения. (рис. 4.1) По результатам съемки можно определить состояние элементов опор, обнаружить битые изоляторы, повреждения столбов и узлов крепления. Более того, энергетики могут оценить воздействие природных факторов, определить отклонения состояния проводов и изоляции от допустимых норм. Термографический контроль обеспечит проявления скрытых дефектов и аномальных режимов работы оборудования.

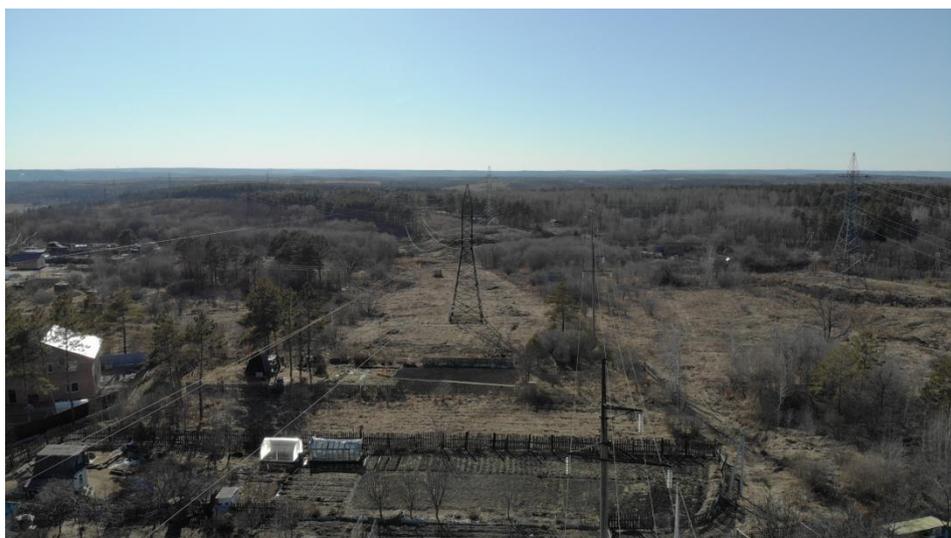


Рисунок 4.1 - Облет ВЛ на безопасном расстоянии, мониторинг линии на наличии дефектов

Мониторинг теплосетей.

Аэросъемка по праву считается самым производительным и эффективным способом мониторинга теплотрасс. Применение беспилотных летательных аппаратов выводит эту эффективность на новый уровень.

На детальных снимках в видимом диапазоне можно рассмотреть нарушения изоляционного слоя и проявления коррозии. Тепловая съемка обеспечивает

поиск дефектов теплосети в начальной стадии и утечек на подземных участках теплотрасс.

Обследование объектов альтернативной энергетики.

Используя БПЛА можно оперативно осматривать ветрогенераторы и контролировать их состояние. Обнаружив повреждения на самых ранних этапах, избежать убытков от неожиданных поломок, или дорогостоящего ремонта в случае серьезной аварии. (рис. 4.2) Современные солнечные батареи отличаются высокой надежностью. Но иногда они всё же выходят из строя. Съёмка в инфракрасном диапазоне может быстро и недорого определить неисправные элементы. Своевременная замена этих панелей обеспечит солнечной электростанции постоянную работу с максимальной эффективностью.



Рисунок 4.2 - Осмотр ветрогенератора

Обследование локальных объектов.

Сооружения, такие как дамбы и плотины, градирни и дымовые трубы требуют регулярного осмотра и контроля состояния. Беспилотные летательные аппараты могут помочь в выполнении этих работ. Мониторинг труднодоступных сооружений, документирование их состояния, выявление повреждений и деформаций значительно упрощается при помощи квадрокоптера, можно осмотреть сооружения со всех сторон, не

останавливая эксплуатации, не воздвигая лесов и не подвергая людей лишнему риску. Для примера рассмотрим рисунок 4.4, на котором изображено строительство Нижне-Бурейской ГЭС, на сегодняшний день при помощи квадрокоптера проводится осмотр данной ГЭС.



Рисунок 4.3 - Обзор строительства Нижне-Бурейской ГЭС при помощи квадрокоптера

Ликвидация аварийных ситуаций.

Точная оценка повреждений критична при планировании работ по восстановлению теплоснабжения и энергоснабжения. Данные получаемые при обследовании с помощью БПЛА помогут в решении задач, от поиска места аварии до оценки ущерба в случае стихийного бедствия. Дороги, заблокированные упавшими деревьями, снегом или обвалами, не мешают обнаружить места повреждений. Информация о ситуации в реальном времени обеспечит оперативное принятие решений (рис. 4.4)



Рисунок 4.4 - обследование аварийного дома в Магнитогорске после взрыва газопровода

Картографирование.

Результаты обработки данных аэрофотосъемки с БПЛА включают снимки высокого разрешения. По этим материалам можно определять плановые координаты такая основа пригодится при проектировании новых маршрутов ЛЭП и теплотрасс, реконструкции и строительстве объектов, определения наиболее пригодных подъездных путей. (рис. 4.5)

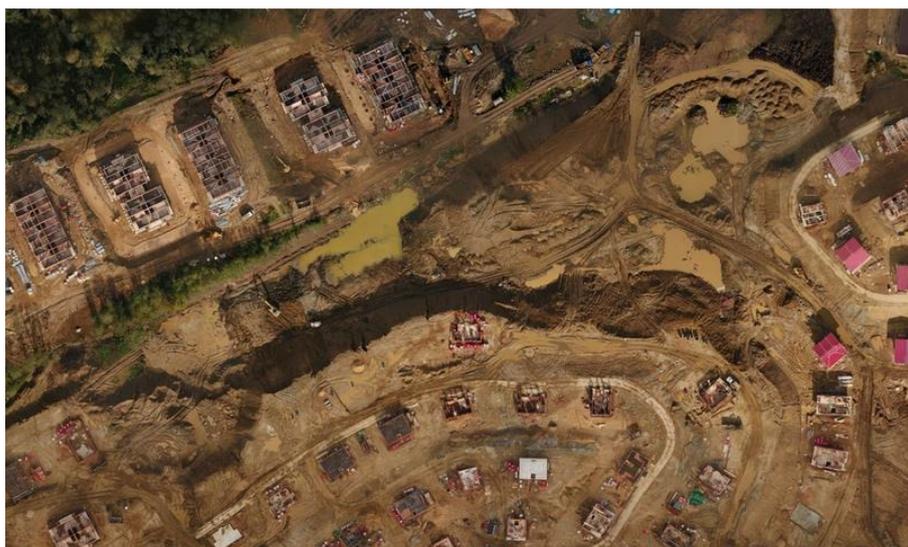


Рисунок 4.5 - Картографирование, сделанное при помощи квадрокоптера DJI Phantom 4

4.2 Законодательство, о регулирование полетов мультикоптеров в воздушном пространстве Российской Федерации.

На сегодняшний день мультикоптеры начали получать широкое распространение не только в военной сфере, но и в промышленности

С недавнего времени в законодательстве стоит вопрос о регулировании полетов воздушных судов и квадракоптеров определенной массы, так как:

1. Появляются случаи незаконного проникновения в места не подлежащим съемкам, закрытые охраняемые территории;
2. Некоторые летательные аппараты могут подняться на значительную высоту и создавать помехи гражданской авиации;
3. Зафиксированы случаи причинения вреда здоровью гражданам при несоблюдении техники безопасности при управлении дроном.
4. Контрабанда квадракоптерами запрещенных грузов.

Рассмотри законопроекты и поправки законодательства Российской Федерации, которые касаются использования и мультикоптеров.

Законодательство, регламентирующее полеты квадракоптеров включает в себя:

1. Воздушный кодекс РФ;
2. КоАП РФ (статья 11.4 о «Нарушении правил эксплуатации воздушного пространства над территорией РФ»);
3. Уголовный кодекс (ст.271.1);
4. Федеральные правила эксплуатации воздушного пространства над территорией России.

В п.5 ст. 32 ВЗК РФ дано определение беспилотного воздушного судна: «Беспилотное воздушное судно - воздушное судно, управляемое, контролируемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот)».

С 5 июля 2017 года статья 33 ВЗК РФ пополнилась п. 3.2 со следующей формулировкой: «Беспилотные гражданские воздушные суда с максимальной взлетной массой от 0,25 килограмм до 30 килограммов,

ввезенные в Российскую Федерацию или произведенные в Российской Федерации, подлежат учету в порядке, установленном Правительством Российской Федерации».[4]

В данный момент для регистрации летательного аппарата свыше определенной массы пилот обязан получить специальную радиометку, метка должна располагаться на ровной видимой поверхности, для того чтобы специальный прибор смог ее считать с расстояния примерно 300 метров. Пилотские свидетельства необходимо получать только для управления беспилотными воздушными судами или моделями самолетов массой свыше 30 кг. К управлению такими аппаратами будут допускать лиц старше 16 лет, обладающих специальными навыками и знаниями.

Но как показывает практика, зачастую такие метки получают не все. Например, рассмотрим маленькую авиамодельную лабораторию, по закону на каждое летательное средство каждый пилот должен поставить определенную метку, но это очень дорогостоящее и сложное действие, не выполнимое в пределах маленького регионального кружка.

На использование дрона распространяются соответствующие авиационные правила.

В соответствии с пунктом 49 Федеральных правил (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 14.02.2017 № 182) авиационные работы, парашютные прыжки, демонстрационные полеты воздушных судов, полеты беспилотных летательных аппаратов, подъемы привязных аэростатов над населенными пунктами, а также посадка (взлет) на расположенные в границах населенных пунктов площадки, сведения о которых не опубликованы в документах аэронавигационной информации, выполняются при наличии у пользователей воздушного пространства разрешения соответствующего органа местного самоуправления, а в городах федерального значения Москве, Санкт-Петербурге и Севастополе — разрешения соответствующих органов исполнительной власти указанных городов. [5]

5 ГИПОТЕЗА, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование современных технических средств позволяет снизить затраты на техническое обслуживание сложных энергетических объектов и в частности ЛЭП.

Следовательно, гипотезой наших исследований можно считать: тезис о том, что использование БПЛА позволит повысить качество эксплуатации и ТО ЛЭП.

Исходя из гипотезы, можно считать, целью исследовать разработку комплекса мероприятий по использованию БПЛА при обходах линий электропередач.

Для достижения поставленных целей необходимо решение следующих задач:

1. Разработать и выполнить квадрокоптер с учетом особенностей технологии обхода ЛЭП.
2. Разработать методические рекомендации по использованию БПЛА

6 ЭКСПЕРИМЕНТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

6.1 Конструкция разрабатываемого квадрокоптера

Подробное представление внешнего вида дрона можно рассмотреть на рисунке 6.1 стоит отметить, что для модели был приобретен двухосевой подвес камеры, на нем так же установлена вибропоглощающая платформа, такая платформа позволяет устранить дрожь камеры при съемки во время полета, картинка получается плавная и ровная без рывков и дерганья. Так как это двух осевой подвес то управление осуществляется только по вертикали, для поворота камеры по горизонтали нужно задавать рысканье самому дрону. Используется экшенкамера типа GoPro которая сохраняет файлы на карту microSD карту.

Модель оснащена четырьмя ножками, они выполненными из пластика. Ножки квадрокоптера не обязательная деталь, но так как установлен подвес с камерой они необходимы, дабы защитить подвес при посадки квадрокоптера, так же не складные ножки способствуют защите камеры от столкновения с другими предметами.



Рисунок 6.1 - Внешний вид разработанного квадрокоптера

Так же из пластика выполнен передатчик, пульт управления моделью, пульт изображен на рисунке 2.2.



Рисунок 6.2 – Пульт для управления квадрокоптером

Для управления полетом дрона нужны два стика, левый стик отвечает за подъем/снижение квадрокоптера и за рысканье, правый стик позволяет совершать модели тангаж и крен, так же на пульте имеются двухпозиционный переключатель для управления режимами полета, имеется колесико для опускания камеры. На лицевой части пульта есть индикатор заряда батареи, с правой стороны находится разъем для зарядки, с тылу находится разъем для подключения к компьютеру.

Дрон питается от литий-полимерных баночных аккумуляторов изображенных на рисунке 6.3, одна батарея дает примерно полчаса полета.



Рисунок 6.3 - Батарея для питания квадрокоптера и подвеса камеры

Как уже говорилось выше для работы будет собран самодельный квадрокоптер, из дополнения к основным деталям у него будут стойки шасси и камера, ниже приведем технические характеристики данного БПЛА в виде таблицы, (таб.6.1). Они необходимы для того, чтобы определить возможности данного дрона.

6.1.1 Технические характеристики

Таблица 6.1 - Характеристики модели

Технические характеристики квадрокоптера	
Полетный вес модели с оборудованием	1500 г.
Максимальная скорость подъема	Скорость подъема – 5 м/с.
Максимальная скорость спуска	Скорость спуска – 3 м/с.
Максимальная скорость	Максимальная скорость – 15 м/с в штиль.
Максимальная высота полета	500 м.
Максимальное время полета	20 мин.
Рабочая температура	От -10 до +40 °С
Режим GPS	Навигационная спутниковая система
Подвес	
Управляемый диапазон	Шаг: от -40 ° до + 30 °
Напряжение	11,1 В
Камера XiaoYi Travel	
Сенсор	Физический размер матрицы 1/2.3" 16 м
Линза	Угол обзора 155°, диафрагма f/2.8
Максимальный размер изображения	4608x3456
Режимы фотосъемки	Одиночное фото серия из 7 фотографий в секунду
Режимы видеозаписи	FHD: 1920x1080p HD: 1280x720p
Поддерживаемые форматы файлов	Формат видео MP4 Формат изображения JPEG
Рабочая температура	От -10 до +40

Телеметрия	
Рабочая частота	915 МГц
Мощность передачи	до 20 дБм
Передатчик сигнала	
Рабочая частота	72 МГц
Рабочая температура	От -10 до 40
Батарея	LiPo
Рабочее напряжение	9,6 В
Контроллер полета	
GPS	Дополнительный бортовой gps, модуль LEA-6H с компасом.
Гироскоп	3 оси гироскопа, акселерометр
Барометр	Есть
Память	На борту 4 мегабайт
Flight Battery LiPo 4S	
Емкость	2200 МА/ч
Напряжение	12 В
Масса, Нетто.	195 г.
Рабочая температура	От -10 до 40

6.1.2 Полетное управление

Для управления полетом дрона нужны два стика, левый стик отвечает за подъем/снижение квадрокоптера и за рысканье, так перемещая стик от себя, квадрокоптер будет набирать высоту, перемещая стик на себя, спускаться, при перемещении стика вправо или лево, дрон будет делать рысканье разворачиваясь вокруг своей собственной оси. Правый стик позволяет совершать модели тангаж и крен, при перемещении стика от себя модель будет лететь вперед по горизонтальной плоскости, при отклонении стика на себя модель будет лететь назад. Двухпозиционный переключатель отвечает за выбор режима полета, в котором используются разные способы для определения направления и стабилизации полёта.

Дальность полета разрабатываемого коптера составляет ориентировочно 500 метров, однако в зависимости от рельефа местности оно может уменьшиться. Высота подъема дрона находится в пределах 500 метров, при программировании микроконтроллера можно задать команды, при которых квадрокоптер будет возвращаться в точку взлета если его заряд составляет определенное количество процентов, так же можно настроить возврат домой при пересечении допустимого расстояния отлета.

6.1.3 Программное обеспечение

Для настройки квадрокоптера применяется приложение Mission Planner изображенное на рисунке 2.4, Mission Planner - это наземная станция управления для самолетов, вертолетов и дронов. Он совместим только с Windows. Планировщик миссий может использоваться в качестве утилиты для настройки или в качестве динамического дополнения для модели.

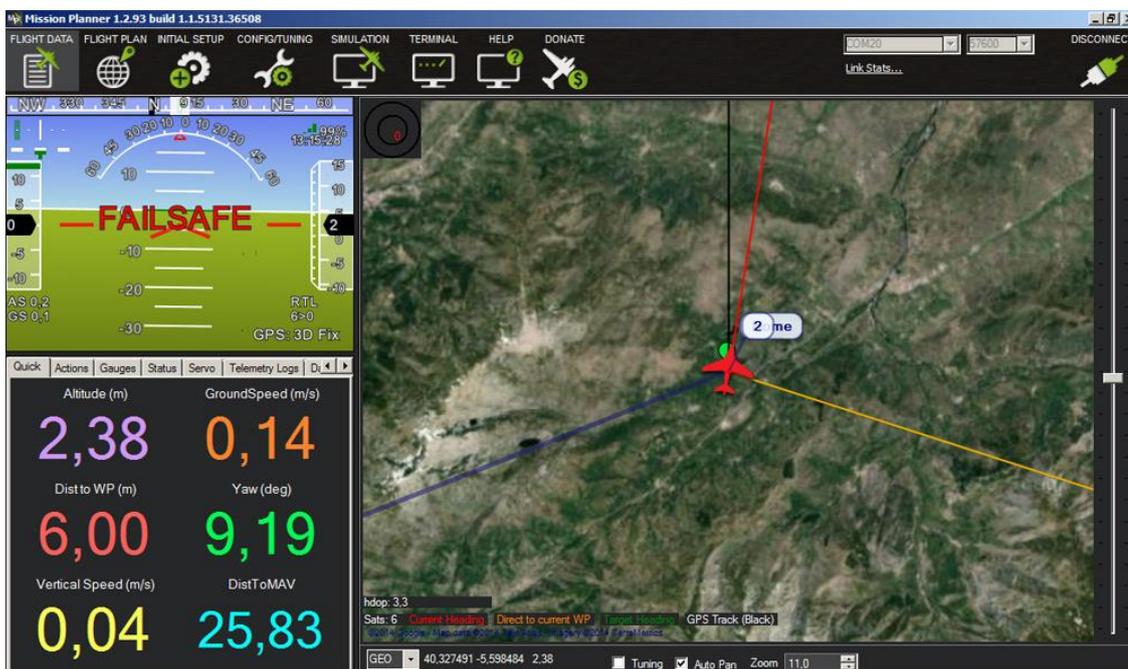


Рисунок 6.4 – Интерфейс приложения Mission Planner

Опции, которые можно выполнять при помощи Mission Planner:

1. Загрузить прошивку (программное обеспечение) в плату автопилота (например, серии Pixhawk), которая управляет моделью.

2. Настроить оптимальную производительность.
3. Загружать в свой контроллер точки перемещения с помощью простого ввода в Google и других карт.
4. Анализировать полет, смотреть характеристики полета.
5. Интерфейс с компьютерным симулятором полета для создания полноценного аппаратного симулятора БПЛА.

Опции, которые можно выполнять при помощи Mission Planner с соответствующим оборудованием телеметрии:

1. Контролировать состояние дрона во время работы.
2. Записывать телеметрические журналы, которые содержат гораздо больше информации о бортовых журналах автопилота.
3. Просмотреть и анализ журналов телеметрии.
4. Управлять своим дроном в режиме FPV (вид от первого лица)

Для управления квадрокоптером при помощи FPV используется программа Easycap & UVC Player (FPViewer) устанавливается она на смартфон или компьютер и отображает картинку с камеры дрона в реальном времени. Можно выполнять полеты без помощи программы, но тогда расстояние полета существенно уменьшится, квадрокоптер нужно будет держать в постоянном поле зрения, для избегания столкновения с каким либо препятствием.

Использование телеметрии.

При помощи телеметрии пилоту модели станут доступны дополнительные функции, приведем примеры некоторых дополнительных функция возможных при использовании телеметрии:

1. Функции автопилота: авто-возврат, авто-взлет и авто-посадка. При переключении режима дрон совершает посадку на запомненные координаты GPS спутника, по которым осуществлялся взлет.
2. Интеллектуальные режимы полета:

- a. Auto - Облет по указанным точкам, через приложение Mission Planner устанавливаются точки, по которым квадрокоптер будет совершать облет. В автоматическом режиме квадрокоптер будет следовать по заранее запрограммированному сценарию, хранящемуся в памяти автопилота, которая состоит из навигационных команд (то есть точек) и команды "сделать" (т.е. команды, которые не влияют на местоположение квадрокоптера, но вызывают затвор камеры).
- b. следовать за пилотом на зафиксированном расстоянии. Ведущим может быть ноутбук или телефон, на котором установлен модуль GPS. Коптер будет следовать за ведущим в том же направлении и с той же скоростью.



Рисунок 6.5 - Пример интеллектуального режима полета по заданным точкам

6.2 Разработка тактики проведения осмотра ЛЭП при помощи квадрокоптера

6.2.1 Общий осмотр ЛЭП

При проведении полевых обследований для документирования результатов следует применять фотографирование объектов и отдельных фрагментов с индикацией даты и времени фотосъёмки.

Косвенная оценка наличия дефектов ВЛ, в частности, обнаружение мест перекрытия, повреждения гирлянд изоляторов, проводов, арматуры и др. может быть произведена по интенсивности короны или поверхностных частичных разрядов. Для определения интенсивности короны следует применять оптический способ регистрации разрядных процессов, который наиболее чувствительный и помехоустойчивый. [6]

В настоящее время использования беспилотных летательных аппаратов и квадрокоптеров намного упростит обходы, осмотры воздушных линий. При обследовании участков ЛЭП, находящихся в труднодоступных местах, наземное обследование может затянуться на несколько дней или неделю. Обследование при помощи БПЛА уменьшает это время до нескольких часов. Беспилотный летательный аппарат может использоваться для планового обследования ВЛ, наблюдения и фотографирования с различных высот, инспекции ВЛ и охранной зоны, выявления дефектов и нарушений, картографических работ – создания планов, трехмерных моделей местности и ЛЭП, сопровождения работ по строительству и реконструкции ВЛ. Данный способ обследования ВЛ является безопасным для человека и позволяет полностью обследовать ВЛ на всей протяженности с разных ракурсов. Получаемые снимки имеют высокое разрешение.

Для обхода линии электропередач отправляют бригаду, как правило, это три, четыре человека, но зачастую не всегда можно подойти к определенной опоре, при использовании квадрокоптера добраться до нужной опоры не составит труда. Для управления беспилотным летательным аппаратом вне населенного пункта нужен один человек, это так же сократит затраты на выездную бригаду, нужен менее вместительный транспорт, что также способствует снижению затрат.

По результатам аэрофотосъемочных работ воздушных линий электропередачи с помощью квадрокоптера можно получить снимки высокого разрешения, на которых хорошо различимы опоры, провода,

изоляторы, состояние растительности и подстилающей поверхности в охранной зоне трассы ЛЭП.

Цифровые снимки, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата, позволяют проанализировать достаточно большое число дефектов, таких как:

1. Дефекты опор - отсутствие, отрыв, деформация элементов металлических опор, разрушение верхнего слоя и деформация железобетонных опор, отклонение опор от вертикали, разворот, отсутствие натяжения внутренних стяжек и тросовых растяжек, падение, повреждение опор. (рис 6.6)



Рисунок 6.6 - Фото упавшей опоры

2. Дефекты проводов, линейной и сцепной арматуры - разрушение элементов стеклянных и фарфоровых изоляторов, отсутствие гасителей вибрации, отсутствие грузов, смещение виброгасителей вдоль проводов относительно проектного положения, отсутствие и неправильное расположение соединителей проводов, изломы, отрывы лучей

дистанционных расporок между проводами расщепленной фазы, обрыв проводов. (рис. 6.7)



Рисунок 6.7 - Поврежденный фарфоровый изолятор

3. Дефекты на трассе - наличие опасной для эксплуатации воздушных линий электропередач растительности, падение деревьев на провода и опоры, (рис. 6.8) наличие кустарниковой растительности в охранной зоне, наличие строений и прочих объектов в охранной зоне, пересечение с природными и антропогенными объектами, опасные явления (проседание грунта, подтопление и др.).



Рисунок 6.8 - Падение сухого дерева на ЛЭП

Согласно проведенным на практике расчетам затрат на мониторинг воздушных линий электропередач, использование квадрокоптера эффективнее по сравнению с наземными методами по следующим показателям:

1. Общая стоимость обследования 1 км ЛЭП сокращается в 6 раз;
2. Время на обследования 1 тыс. км ЛЭП сокращается на 58 дней.

Для повышения качества и надежности определения дефектов воздушных линий электропередачи, при их обследовании с помощью квадрокоптера, в качестве полезной нагрузки кроме цифровых камер, работающих в оптическом диапазоне, могут быть использованы и другие типы измерительной аппаратуры. Такая аппаратура позволит получать видеоизображения в режиме реального времени, снимки в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Можно выявлять такие нарушения, как подтопление в охранных зонах, разрушение опор, нагрев значительной площади, например, перегрев крупных трансформаторов, пожары. Съемка элементов ЛЭП при помощи тепловизора, установленного на квадрокоптер, оптимальна, если ее невозможно выполнить наземными методами.

Осмотр линии электропередач - это важное действие позволяющее своевременно обратить внимание на повреждения тех или иных элементов конструкции или линии электропередач в целом.

При применении квадрокоптера осмотр можно разделить на несколько этапов: подготовительный, работа на местности, заключительный. Выполнение всех трех этапов позволит с большой вероятностью провести полный и тщательный осмотр всех элементов линии электропередач.

Подготовительный этап позволяет выполнить следующий набор операции:

1. Оценка работоспособности дрона;
2. Проверка наличия технического обеспечения дрона;
3. Проверка программного обеспечения;
4. Определение полетных задач, составления технической документации.

Работа на местности

1. Стоит провести калибровку квадрокоптера, для этого необходимо подсоединить все имеющиеся антенны, подать питание на модель от батареи, подождать пока GPS модуль не начнет мигать красным диодом, этот режим означает, что дрон нашел все спутники для корректной работы и готов совершать полет.
2. Стоит подключить программу на смартфоне или ноутбуке для отображения фото и видеосъемки с модели.

На рабочем этапе можно эффективно провести общий осмотр. При осмотре опор ВЛ необходимо обратить внимание на их наклон поперек и вдоль линии, проседание грунта у оснований опор, отсутствие в креплениях деталей опор болтов и гаек, трещин сварных швов; определить состояние номеров, условных наименований линий, предупредительных плакатов по

технике безопасности, количество и ширину раскрытия трещин железобетонных опор, ослабление и повреждение оттяжек опор, наличие на опорах птичьих гнезд.



Рисунок 6.6 – Осмотр опоры ВЛ 110 кВ

При осмотре трассы ВЛ следует обращать внимание на наличие деревьев, различных предметов (лесоматериалы и др.) высоту зарослей. Особую опасность представляют несогласованные строительные и земляные работы, которые производятся под ВЛ и в охранной зоне, а также работы по сооружению и реконструкции линий электропередачи и линий связи в этой зоне.

При осмотре проводов и тросов обращают внимание на наличие оборванных или перегоревших жил, следов оплавления и разрегулировки проводов, усталостных разрушений в месте крепления провода, коррозии проводов и тросов, неисправности петель провода на анкерных опорах.

При осмотре изоляторов исследуют наличие следов перекрытия гирлянд и отдельных элементов, отклонение от нормального положения подвесных гирлянд вдоль линии, отсутствие замков или шплинтов в

гирлянде, ржавление арматуры, загрязненность и сколы тарелок изоляторов, трещины в шапках изоляторов, наличие птичьего помета на гирлянде.

Заключительный этап

После окончания обхода ВЛ электрик заполняет листок осмотра, куда заносит все выявленные дефекты и неисправности. В случае выявления дефектов аварийного характера электрик обязан сообщить об этом своему руководителю. Листок осмотра сдается мастеру, который своей подписью удостоверяет взятие на учет обнаруженных дефектов. На основании собранных данных составляется план работы, в котором указываются сроки устранения дефектов. [7]

Осмотр линии электропередач можно разделить на несколько этапов: первый этап – это общий осмотр, при общем осмотре стоит подняться на высоту для корректной работы, провести осмотр участка линии на наличие визуальных дефектов, второй этап – осмотр конкретного объекта, стоит производить этот этап на максимально близком расстоянии, для детального изучения проблемы.

Перед началом использования модели на местности, необходимо найти наиболее подходящее место для взлета и посадки, важно найти открытое пространство без преград (кустов, веток деревьев, проводов) для поднятия квадрокоптера в воздух. Место для взлета желательно искать ровное, размер импровизируемой площадки должен составлять примерно 10-15 метров, покрытие взлетной площадки не имеет особого значения, модель может взлететь как с асфальта, так и с песка.

6.2.2 Особенности осмотра ЛЭП в городских условиях

Для осмотра линий электропередач в условиях города, для безопасного полета следует производить работу вдвоем с помощником. Один человек, пилот, управляет квадрокоптером смотря на него и местность расположенную вокруг, дабы избежать столкновения с какими, либо препятствиями, второй человек отслеживает фото или видеосъемку на компьютере или смартфоне, направляя пилота для более лучшего

рассмотрения объектов исследования, давая рекомендации, где следует произвести зависание модели.

Работа в паре обусловлена тем, что пилот не может эффективно выполнять работу в городских условиях самостоятельно ведь в городе много преград, между которых приходится маневрировать. Одновременно с этим нужно записывать видеосъемку осмотра ЛЭП, одному человеку сложно производить два таких важных действия, так как через экран смартфона или ноутбука не всегда видны преграды мешающие перемещению квадрокоптера и малейшая ошибка может привести к крушению дрона.

В условиях города можно производить взлет и посадку с рук помощника, при необходимости, если нет нужного места для взлета и посадки дрона, то можно отпустить его с рук, это позволит совершить ровный взлет и даст гарантию, что дрон не зацепится винтами о препятствия. После работы с дроном его можно также посадить в руки напарника такая посадка не даст повредить камеру, расположенную в нижней части квадрокоптера. На открытой местности вне города, второй человек не нужен, из-за отсутствия препятствий пилот сам может контролировать ситуацию видеозаписи во время полета.

6.2.3 Оформление результатов обследования.

По результатам определения технического состояния оформляется отчёт, который содержит следующие разделы:

1. Введение (цели и задачи проведения обследования ВЛ, кто и в какой период проводил, сведения об объекте)
2. Исходные данные (какие документы были рассмотрены, например паспорт ВЛ)
3. Описание ВЛ и ее характеристики (типы опор, фундаментов, проводов, тросов и прочее)

4. Дефектная ведомость заполняется в виде двух таблиц: первая для опор, фундаментов, изоляторов и арматуры (по каждой опоре). Вторая - для проводов и тросов (для каждого пролёта).

В заключении дается описание по целесообразности ремонтно-восстановительных работ или реконструкции воздушной линии. На основании оценки дефектов воздушная линия может быть отнесена к следующим категориям:

1. ВЛ признается исправной, если дефекты и повреждения в элементах ВЛ отсутствуют, конструктивные решения, материалы и условия эксплуатации соответствуют действующей нормативно-технической и проектной документации;
2. ВЛ признается работоспособной, если ее элементы имеют допустимые дефекты и повреждения; качество конструкционных материалов обеспечивает ее нормальную эксплуатацию;
3. ВЛ признается неработоспособной, если имеющиеся дефекты и повреждения могут вызвать потерю несущей способности, препятствуют ее нормальной эксплуатации или влекут нарушения правил техники безопасности;
4. ВЛ считают неработоспособной независимо от количества и категории отклонений, если не обеспечиваются условия безопасного подъема и перемещения по элементам стоек, травес и тросостоек (например, для металлических опор в случае отрыва раскосов от поясов, по которым производится подъем и перемещение работающего). [8]

7 ОСНОВНЫЕ НЕПОЛАДКИ ДРОНОВ

1. Нет связи передатчика и квадрокоптера.

Скорее всего, ручка регулирования газа не выставлена в крайнем нижнем правом положении. Стоит установить ручку газа до упора на себя и вправо, после чего произойдет подключение квадрокоптера и выход на холостой ход.

2. Погас или не загорается индикатор на передатчике, дрон или передатчик издает писк.

Это означает, что заряд батареи подходит к концу или батарея полностью разрядилась и необходимо заменить ее на новую.

3. Система стабилизации квадрокоптера работает плохо или неправильно.

Вероятнее всего дрон не поймал все спутники. Стоит посадить квадрокоптер на ровную поверхность и подождать некоторое время, после чего можно продолжить полеты. Так же через настройки можно поставить запрет взлета, если квадрокоптер не может найти спутники по каким либо причинам.

4. При полетах квадрокоптера или запуске двигателей наблюдаются посторонние шумы и вибрация.

Вероятнее всего раскрутился двигатель или произошла разбалансировка винтов. Стоит проверить все элементы крепления на соответствующую затяжку, снять и отбалансировать винты.

5. Квадрокоптер не может оторваться от земли и взлететь.

Такая ситуация наблюдается при неправильной установке винтов или двигателей. Стоит проверить, как установлены винты и в какую сторону вращаются двигатели, после чего поставить каждый винт в соответствии со схемой их вращения.

6. Оказал двигатель.

Возможно, отсоединился разъем двигателя и контроллера. Если с ними все в порядке, то двигатель сгорел и его необходимо заменить на новый. Также проблема может быть и более сложной и скрываться в регуляторе скорости и полетном контроле. Их также следует проверить и, при необходимости, заменить.

7. Повреждение двигателя ударом. Вращение вала двигателя происходит со скрежетом, ощущается подклинивание.

Нужно аккуратно надавить на вал двигателя а, затем, потянуть его на себя. В том случае, если он продолжит работать неправильно, придется менять весь мотор.

8. После неудачной посадки или встречи с препятствием сдвинуты лучи.

При ударе лучи некоторых квадрокоптеров могут складываться, предотвращая полетку. Если модель оснащена конструкцией со складными лучами, то необходимо сдвинуть их в первоначальное положение.

9. Во время полета квадрокоптер постоянно сносит в одну из сторон.

Эта проблема явно указывает на неправильную калибровку. Для исправления нужно установить модель на ровную поверхность, подключить контроллер к ноутбуку и настроить квадрокоптер в специальной программе Mission planner. После того как калибровка будет произведена вновь, проблема должна исчезнуть.

8 ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОСМОТРА ЛЭП ПРИ ПОМОЩИ БПЛА СПЕЦИАЛИСТАМИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИИ

Методика расчета экономической эффективности применения квадрокоптера, основана на сравнении величины затрат на основные виды выполняемых работ.

Все затраты можно представить как

Стоимость выполняемых работ с применением квадрокоптера (стоимость работы персонала + стоимость затрат на транспортировку персонала + расходы на содержание модели)

Стоимость выполняемых работ стандартным методом (расходы на транспортировку персонала + стоимость работы персонала)

Введем следующие обозначения

СРП – стоимость работы персонала

РТ – расходы на транспорт

РТ_б – расходы на транспорт, с применением беспилотного летательного аппарата

СР_б – стоимость работы беспилотного летательного аппарата

АР_б – амортизационные расходы беспилотного летательного аппарата

Рассмотрим составляющие этих параметров.

8.1 Стоимость работы персонала

$$СРП = ВР_{П} \cdot ЧС_{П} \quad (8.1)$$

где ВР_П – время работы персонала час;

ЧС_П – часовая ставка персонала рублей в час.

При использовании квадрокоптера на практике, была выявлена часовая оплата работы персонала.

8.2 Расходы на транспорт

Основные транспортные расходы – это расходы на топливо.

Для каждого времени года нужно рассчитывать свой расход топлива так в летнее время расход будет меньше чем зимой, так же стоит отметить, что для каждого транспортного средства применяется свое топливо (ДТ, АИ92, АИ80). Для расчета расхода на транспорт при использовании квадрокоптера необходимо учесть расход топлива, конкретного транспортного средства в определенное время года, стоимость конкретного топлива и расстояние до места проведения осмотра.

При осмотре без квадрокоптера нужно больше людей это влечет за собой использование дополнительных машин. Поэтому для начала рассчитываются расходы на транспорт для первого транспорта, а именно расход топлива, расстояние, пройденное транспортным средством и стоимость топлива. Тоже самое рассчитывается и для второго транспорта. А после расходы на транспорт, полученные и для первого и для второго транспортного средства, суммируются.

$$P_{T\text{г}} = C_T \cdot P_T / 100 \cdot П, \quad (8.2)$$

где C_T – стоимость топлива рублей;

P_T – расход топлива литров на 100 км;

$П$ – расстояние км;

$$P_T = (C_{T1} \cdot P_{T1} \cdot П_1) + (C_{T2} \cdot P_{T2} \cdot П_2), \quad (8.3)$$

8.3 Расходы связанные напрямую с квадрокоптером

$$C_{P\text{г}} = B_{P\text{г}} \cdot C_{ЧP\text{г}} \quad (8.4)$$

где $ВР_6$ – время работы БПЛА, час;

$СЧР_6$ – стоимость часа работы БЛА с учетом амортизационных расходов рублей.

Для определения стоимости часа работы беспилотного летательного аппарата определяется по полной стоимости владения. Большую роль в определении стоимости часа работы играют расчетные параметры эксплуатации.

Полная стоимость владения включает в себя все затраты на квадрокоптер и комплектующих, ремонт, обслуживание, а также дополнительное оборудование.

Квадрокоптер можно применять на таких видах работ как:

1. Плановый осмотр линии
2. Проверка состояния опор и ВЛ
3. Построения карты расположения опор
4. Осмотр изоляторов тепловизионным оборудованием

8.4 Амортизационные расходы

Большая часть расходов приходится на комплектующие: лопасти, аккумуляторы, защиты моторов.

Примерная стоимость часа работы квадрокоптера определяется отношением суммарной стоимости с учетом амортизационных расходов на эксплуатационный срок службы квадрокоптера. В стоимость амортизационных расходов входят: затраты на аккумуляторы, лопасти, защиты моторов.

Формулы для расчета амортизационных расходов представлены ниже

$$СЧР_6 = СС_{AP} / ЭС_6 \quad (8.5)$$

где $СС_{AP}$ – суммарная стоимость с учетом амортизационных расходов, рублей;

ЭС_6 – эксплуатационный срок службы беспилотника, часов.

$$\text{СС}_{\text{AP}} = \text{СС}_a + \text{СС}_л + \text{СС}_м \quad (8.6)$$

где СС_a – суммарная стоимость аккумуляторов, рублей;

$\text{СС}_л$ – суммарная стоимость лопастей, рублей;

$\text{СС}_м$ – суммарная стоимость защиты моторов, рублей;

$$\text{СС}_a = \text{ЭС}_6 / \text{ЭС}_a \cdot \text{СТ}_a \quad (8.7)$$

где ЭС_a – эксплуатационный срок службы аккумуляторов, часов;

СТ_a – стоимость аккумуляторов, рублей.

Аналогичным образом производятся расчеты суммарной стоимости лопастей и защиты моторов. Стоимость часа работы тепловизора и камеры рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{СЧР}_т = \text{СТ}_т / \text{ЭС}_т \quad (8.8)$$

где $\text{СЧР}_т$ – стоимость часа работы тепловизора, рублей;

$\text{СТ}_т$ – стоимость тепловизора, рублей;

$\text{ЭС}_т$ – эксплуатационный срок тепловизора, часов.

Стоимость часа работы камеры рассчитывается аналогичным образом.

8.5 Дополнительные расходы:

Обучение персонала осуществляется Иркутским филиалом МГТУ ГА, на данный момент стоимость курсов повышения квалификации по теме «Эксплуатация беспилотных воздушных судов вертолетного типа» составляет 10 000 рублей (72 часа) за одного слушателя. Ввиду того, что годовой фонд рабочего времени составляет 1770 часов, а оценить время эксплуатации беспилотников обученным специалистом на текущем этапе

реализации проекта невозможно, дополнительными расходами можно пренебречь. [9]

На сегодняшний день при помощи квадрокоптера можно значительно сократить время обхода линии электропередач, использование квадрокоптера позволяет в короткие сроки обнаружить проблему и устранить ее, так же при использовании БЛА сокращается риск получения травм электромонтеров. Сейчас можно сделать выбор, каким методом производить осмотр, метод в основном зависит от труднодоступности линий электропередач, чаще всего, работы выполняются с применением БЛА.

Для обоснования экономического эффекта нужно составить примерный расчет стоимости работ с использованием квадрокоптера и без при обычном осмотре линии электропередач. Для этого проведем расчет используя формулы из предыдущей главы.

Для расчета возьмем средние зарплаты персонала, взятые с предприятия в городе Шимановск. Для начала нужно произвести расчет стоимости работ персонала данного предприятия.

- Водитель – 195 рубля.
- Электрогазосварщик – 205 рублей.
- Электромонтер – 205 рублей.
- Старший мастер участка – 368 рублей.
- Мастер участка – 340 рублей.
- Техник – 150 рубля.
- Инженер – 320 рублей.
- Ведущий инженер – 551 рублей.
- Начальник службы – 730 рубля.

Для проведения осмотров с помощью квадрокоптера потребуется два человека водитель, мастер участка. Суммарное время водителя возьмем равное трем часам, из них два часа на дорогу и один час ожидания пока проводится осмотр. Суммарное время работы старшего мастера участка составляет пять часов, из них один час осмотр линии электропередач, два часа для обработки и анализа полученного материала, два часа на дорогу.

Произведем расчет, стоимости работы водителя используя формулу 8.1

$$СРПб = 3 \cdot 195 = 585$$

по аналогии рассчитываем стоимость работы старшего мастера участка:

$$СРПб = 5 \cdot 368 = 1840$$

Суммарная стоимость работ персонала с внедрением квадрокоптера 2425 рублей.

При осмотри линии электропередач стандартным потребуются водитель, мастер участка и электромонтер. Суммарное время работы водителя составит шесть часов, из которых два часа на дорогу и четыре часа пока длится осмотр. Суммарное время мастера участка составит восемь часов, из которых два часа на дорогу и шесть часов на работу и анализ информации по осмотру, время работы электромонтера составит шесть часов, включая время, затраченное на дорогу.

Расчет стоимости работы водителя представлен ниже:

$$СРв = 6 \cdot 195 = 1170$$

По аналогии считается стоимость работы мастера участка и стоимость работы электромонтера:

$$СРму = 8 \cdot 340 = 2720$$

$$СРэм = 6 \cdot 205 = 1230$$

Суммарная стоимость работ персонала по стандартной методике составила 5120 рублей.

Следует произвести расходы на транспорт по формуле 8.2 без применения квадрокоптера и по формуле 8.3 с внедрением квадрокоптера. Как уже говорилось выше, при использовании квадрокоптера применяется один транспорт, в случаи, когда квадрокоптер не используется два.

Возьмем средний расход топлива, по данным организации, в зимний и летний периоды. Используемое топливо по конкретному виду транспорта представлено в таблице 8.1, для бульдозера Т-130 и транспортера ГТ-Т расчет ведется по мото-часам.

Таблица 8.1 – Расход зимнего и летнего топлива для транспорта

Транспорт	Топливо	Зимняя норма (литров на 100 км)	Летняя норма (литров на 100 км)
УРАЛ 4320	ДТ	38,4	30,2
ЗИЛ 131	АИ-80	30,2	20,6
НИВА 2121	АИ-92	19,4	16,7
ГТ-Т	ДТ	105,6 в час	96 в час
БУРАН АД	АИ-80	26,6	18,8
УАЗ ХАНТЕР	АИ-92	18,5	15
Т-130	ДТ	92 в час	70 в час

Цена за литр топлива на АЗС Роснефть по амурской области составляет:

– АИ-80 – 40 рублей за литр;

– АИ-92 – 42,75 рублей за литр;

– ДТ – 48 рублей за литр.

Для расчета, с применением квадрокоптера, возьмем автомобиль «нива 2121», время использования 2 часа, расстояние до пункта 100 км, при учете в летнее время. Транспортные расходы рассчитывает по формуле 8.2.

$$ТР_6 = \frac{42,75 \cdot 16,7}{100} \cdot 100 = 714$$

При проведении осмотра без применения квадрокоптера используются «ЗИЛ 131» и «УАЗ хантер». Расходы на транспорт рассчитываем по формуле 3.3 представленной выше. Время использования: «ЗИЛ 131» – 1 час, «УАЗ хантер» – 1,5 часа. Расстояние, которое прошли «ЗИЛ 131» – 100 км, «УАЗ хантер» – 100 км.

$$ТР = \left(\frac{40 \cdot 20,6}{100} \cdot 100\right) + \left(\frac{42,75 \cdot 15}{100} \cdot 100\right) = 1465,25$$

Далее нужно рассчитать расходы, связанные напрямую с квадрокоптером, для этого используется формула 3.4 представленная выше.

$$СР_6 = 1 \cdot 810,7 = 810,7$$

Дополнительные расходы, которые представлены в сравнении самодельного квадрокоптера и фирменного, вынесены в таблицах 8.3-8.6. Эти расходы включены в суммарную стоимость работы квадрокоптера.

Таблица 8.2 – Сравнение дополнительных расходов на аккумуляторы для самодельного и фирменного квадрокоптера.

Наименование	Аккумуляторы			
	Необходимое количество, штук	Эксплуатационный срок службы, часов	Цена, рублей	Итог, рублей
Самодельный квадрокоптер	100	20	2100	210000
Phantom 4	80	25	13000	1040000

Таблица 8.3 – Сравнение дополнительных расходов на лопасти для самодельного и фирменного квадрокоптера

Наименование	Аккумуляторы			
	Необходимое количество, штук	Эксплуатационный срок службы, часов	Цена, рублей	Итог, рублей
Самодельный квадрокоптер	200	10	143	28600
Phantom 4	200	10	700	140000

Таблица 8.4 – Сравнение дополнительных расходов на двигатели для самодельного и фирменного квадрокоптера

Наименование	Аккумуляторы			
	Необходимое количество, штук	Эксплуатационный срок службы, часов	Цена, рублей	Итог, рублей
Самодельный квадрокоптер	4	100	1300	5200
Phantom 4	4	150	2500	10000

Таблица 8.5 - Сравнение дополнительных расходов на защиту лопостей моторов для самодельного и фирменного квадрокоптера

Наименование	Аккумуляторы			
	Необходимое количество, штук	Эксплуатационный срок службы, часов	Цена, рублей	Итог, рублей
Самодельный квадрокоптер	200	30	420	84000
Phantom 4	200	30	1500	300000

Произведем расчет итоговой стоимости работы. Итоговая стоимость указана в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Итоговая стоимость работы с квадрокоптером и без квадрокоптера.

Параметры	С квадрокоптером, руб	Без квадрокоптера, руб
Стоимость работы персонала	2425	5120
Транспортные расходы	714	1465,25
Стоимость работы беспилотника	810,7	
Итого:	3949,7	6586,25

Стоимость работы с внедрением квадрокоптера на 2635,55 рублей меньше, чем стоимость работы по стандартному методу. К тому же стоит отметить что при работе с использованием БЛА сокращается риск получения травм у рабочего персонала, увеличивается объем проделанной работы за тоже время, улучшается качество работы, посредством сохранения подробной фото и видео документации.

9 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БПЛА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЭП

Техническое обслуживание ЛЭП включает в себя следующие виды работ:

1. Проведение осмотров
2. Выполнение профилактических проверок и измерений
3. Устранение мелких неисправностей

Перед выполнением любых операций при использовании квадрокоптера, нужно подготовить модель. После транспортировки на квадрокоптер ставятся все негабаритные элементы (антенны, винты, ножки, подвес камеры) снятые в процессе доставки модели на местность. Перед началом использования дрона стоит убедиться, что все элементы установлены и подключены правильно далее модель стоит подключить к аккумулятору это позволит определить дрону его координаты при помощи встроенных систем GPS и глонас. После проведения данных процедур можно начинать использование модели.

Методические указания для проведения дневных осмотров.

Дневные осмотры представляют собой основной вид всех проводимых осмотров. Для проведения осмотров при помощи дрона следует поднять модель на нужную высоту используя стик газа (левый стик на передатчике) при отклонении стика от себя, модель набирает высоту, при выставлении в нейтраль модель зависает и удерживается при помощи барометра находящегося в бортовом компьютере, далее посредством рулежки квадрокоптера (правый стик отвечающий за тангаж и крен) производится осмотр ВЛ, осматриваются провисы проводов, управляя моделью можно осмотреть опоры и изоляторы на наличие внешних повреждений.



Рисунок 9.1 - Проведение дневных осмотров

Методические указания для проведения ночных осмотров.

Для проведения ночных осмотров квадрокоптер оснащается дополнительным оборудованием. На подвес устанавливается инфракрасная камера, а модель снабжается дополнительным освещением для контроля в темноте. Это оборудование позволяет проверить состояние контактных соединений и уличное освещение.



Рисунок 9.2 - Ночные осмотры ВЛ

Методические указания для проведения контрольных осмотров.

Для проведения контрольных осмотров в приложении Mission Planner составляется маршрут облета, в котором на карте обозначаются места где квадрокоптер должен выполнять определенные команды, например, нужно осмотреть определенную опору детально, для этого задается высота и интервал с которым квадрокоптер совершит облет, после осмотра квадрокоптер поднимется на базовую высоту и продолжит выполнять остальной список команд. Команды могут быть разными, это зависит от того, что именно нужно сделать дрону. Можно использовать режим патрулирования определенной области, для этого на карте отмечают маршрут, по которому пройдет БЛА. Для управления квадрокоптером через приложения не нужен передатчик, достаточно зайти в приложение на смартфоне или компьютере и произвести соединения с дроном.

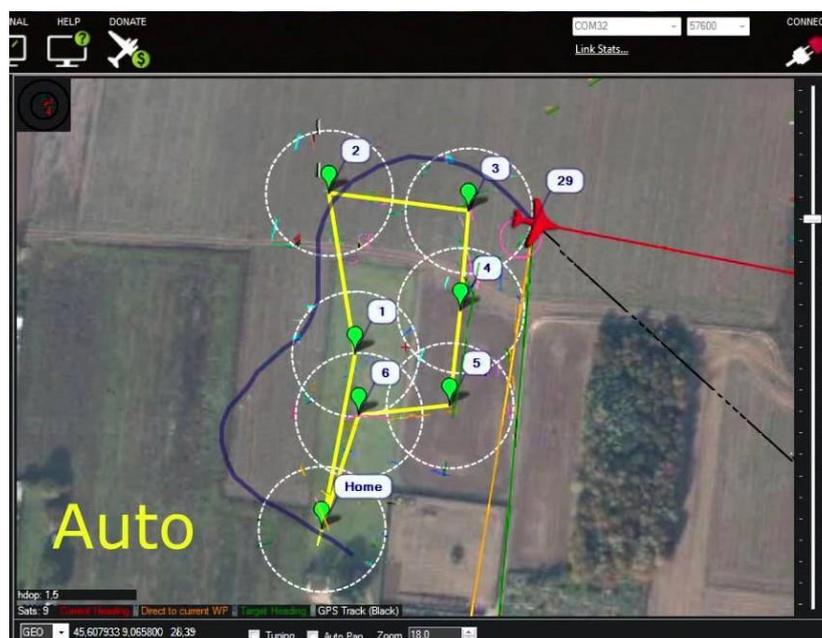


Рисунок 9.3 – Маршрут контрольного обследования составленный в Mission Planner

Методические рекомендации при выполнении внеочередных осмотров.

Так же при помощи приложения Mission Planner квадрокоптер можно отправить на внеочередные осмотры. В приложении задается карта действия которые должен совершить дрон, например можно указать маршрут пролегания линии и задать скорость прохождения определенных участков. После выполнения облета дрон вернется в точку старта и совершит автоматическую посадку.

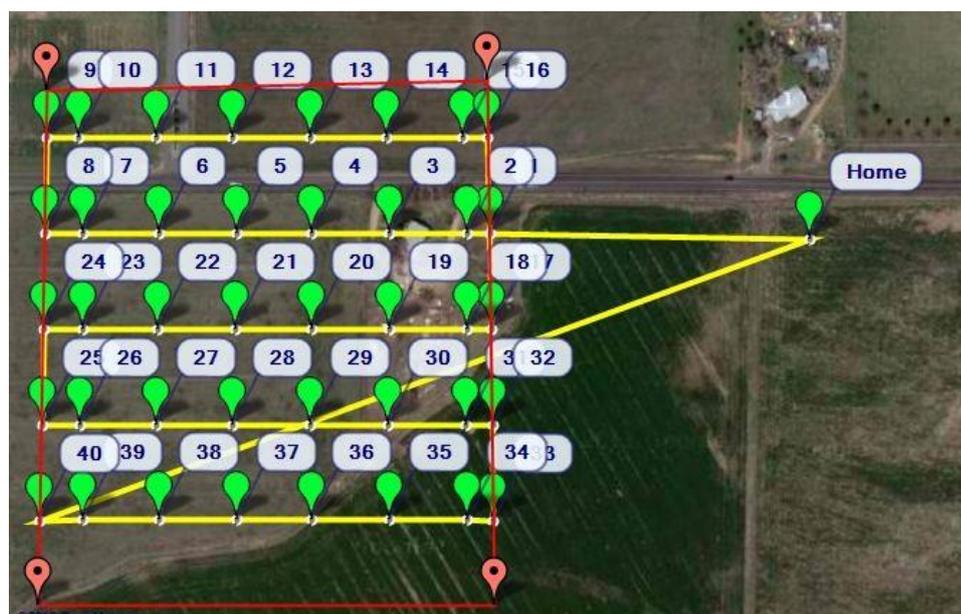


Рисунок 9.4 - Карта внеочередного маршрута обследования составленная в Mission Planner

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами было дано определение, что такое квадрокоптер, мы описали принципы его работы. При постройке квадрокоптера были описаны все его технические параметры, полная комплектация и правила его управления, так же были описаны наиболее частые проблемы, которые могут возникнуть при использовании дрона.

В работе была предложена и описана тактика осмотра линии электропередач с использованием дрона. Даны советы как правильно использовать квадрокоптер, было обращено внимание на закон регулирующий полеты дронов на территории Российской Федерации.

Все вышеперечисленные пункты были изучены для определения возможностей квадрокоптера и рассмотрения вариантов его использования на практике при осмотре ЛЭП.

Нами было выяснено что, с помощью дрона можно повысить эффективность работы выездной бригады, а также сократить время проведения осмотров линии электропередач. При проведении эксперимента, на практике было выяснено, что использование дрона не только повышает уровень безопасности специалистов при мониторинге линий электропередач, но и повышает эффективность выполнения работ. Использование квадрокоптеров позволяет существенно увеличить оперативность мониторинга и сократить сроки проведения обследований и ремонтных работ.

Наиболее эффективно применение БЛА в труднодоступных районах и при сложном рельефе местности. Использование дрона при мониторинге состояния линий электропередач дает существенную экономию. Следовательно, можно сделать вывод, что нами было доказано преимущество в использовании квадрокоптера при внедрении его для работы с линиями электропередач, а именно использовать дрон для осмотра поврежденных участков или же линии в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Что такое квадрокоптер [Электронный ресурс] Режим доступа: https://digbox.ru/news/chto_takoe_kvadrokopter_i_zachem_on_nuzhen
Дата обращения: 16.10.2018
2. Авиация: Энциклопедия [Текст] / Гл. ред. Г. П. Свищёв. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994.
3. Применение современных мультикоптеров [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-kvadrokopter.html>
Дата обращения: 16.10.2018
4. Школа для электриков [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1672-tehnicheskoe-obsluzhivanie-vozdushnykh.html> Дата обращения: 16.10.2018
5. "Воздушный кодекс Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред.от31.12.2017)–[Электронный]–URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/ Дата обращения: 16.10.2018
6. Постановление Правительства РФ от 14 февраля 2017 г. № 182 “О внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации [текст]
7. Методические указания по оценки технического состояния ВЛ [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.240.55.111-2011.pdf Дата обращения: 18.10.2018
8. Строительные нормы и правила (СНиП) [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org> 18.10.2018
9. Эффективности использования БЛА [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://shablova> Дата обращения 18.11.2018.
10. Емельянова О. В. Изучение движения квадрокоптера в вертикальной плоскости [Текст] / О. В. Емельянова, С. Ф. Яцун, Н. И. Попов //

Актуальные вопросы технических наук: материалы II междунар. науч. конф. (г. Пермь, февраль 2013 г.). — Пермь: Меркурий, 2013.

11. Способ диагностики высоковольтных линий электропередачи [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=8&docId=84e65f497d8153e19d4430f342811d65 Дата обращения: 20.11.2018.
12. Способность мониторинга и оценки состояния критически важных объектов и система диагностики для него [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=38&docId=97d0a5592cd4ea350fee3920110b9371 Дата обращения: 20.11.2018
13. Закон утверждения федеральных авиационных правил «Выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» [Текст]:
14. Обзор квадрокоптера DJI Phantom 3 Professional [Электронный ресурс]: Все о квадрокоптерах – Режим доступа: <https://mirquadroptero.ru/populyarnye-modeli/universalnye-drony/obzor-djiphantom-3-professional.html>. Дата обращения: 21.02.2019.
15. Квадрокоптер DJI Matrice 100 [Электронный ресурс]: vidooo.com – Режим доступа: <https://vido.com.ua/article/12253/kvadrokoptier-dji-matrix-100/>. Дата обращения: 22.02.2019.
16. Квадрокоптер DJI Inspire 1 [Электронный ресурс]: dronreview.com – Режим доступа: <http://dronreview.com/kvadrokopter-dji-inspire-1/>. Дата обращения: 23.02.2019.
17. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2009 г.
18. Мониторинг ЛЭП электросетей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.geoscan.aero/ru/application/energetics> Дата обращения: 23.02.2019.

19. Митрахович, М.М. БЛА: Методики расчетов главных параметров и характеристик / В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович. – К. Дата обращения: 28.04.2019.
20. Красильщиков, М.Н. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / М.Н. Красильщикова. – Москва: Физматлит,
21. Патент РФ № 2421746 (от 20.06.2011), МПК G01R31/08. Способ диагностики высоковольтной линии электропередачи / В.Е. Качесов, Д.Е. [Электронный ресурс]: <http://www.freepatent.ru/patents/2421746> Дата обращения: 28.04.2019.
22. Арбузов Р.С., Овсянников А.Г. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи. [текст] – Новосибирск: Наука, 2009.
23. Об утверждении федеральных авиационных правил полетов в воздушном пространстве РФ [Текст]: Приказ Министерства обороны Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Российского авиационно-космического агентства 31 марта 2002 г. №136/42/51.
24. Применения беспилотных летательных аппаратов в военных целях [Электронный ресурс]: Наука и военная безопасность – Режим доступа: <http://militaryarticle.ru/nauka-i-voennayabezopasnost/2008/12084-vozmozhnosti-ispolzovanija-bespilotnyh-letatelnyh>. Дата обращения: 28.04.2019.
25. Объекты применения беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]: uavstart.com - Режим доступа: http://www.uavstart.ru/?uic_map=05012013202859&login_map=us. Дата обращения: 28.04.2019.
26. Сибикен, Ю.М. “эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – Москва: Высшая школа, 2003. [Текст]

27. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинг воздушных линий электропередач [Электронный ресурс]: Российские дроны – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/vozhnozhnosti-primeneniya-bespilotnykhaviatsionnykh-sistem-dlya-monitoringa-vozdushnykh-lep/>. Дата обращения: 28.04.2019.
28. Эксплуатация ВЛ 10 кВ [Электронный ресурс]: электроэнгетека Режим доступа: <http://forca.com.ua/instrukcii/rospodilni-merezhi/ekspluataciya-vl-do-10-kv.html> Дата обращения: 28.04.2019.
29. Воздушные линии электропередач и токопроводы [Электронный ресурс]: Sonel Режим доступа: http://www.sonel.ru/ru/biblio/standards/pteep/division_2/head_2.3/printable.php Дата обращения: 29.04.2019.
30. Монтаж и эксплуатация воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс]: «электрические сети». – Режим доступа: <https://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=content>. Дата обращения: 11.05.2019.
31. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС [Электронный ресурс]: ГЛОНАСС – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.php>. Дата обращения: 11.05.2019.
32. GPS – глобальная система определения координат [Электронный ресурс]: система информационного обеспечения. – Режим доступа: <http://ppcmnic.ru/gnss/gps>. Дата обращения: 11.05.2019.
33. Барбасов В.К., Гречищев А.В. Мультироторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор // Инженерные изыскания. — 2014. — № 8. — С. 27–31.
34. ГК «Геоскан». — www.geoscan.aero. Дата обращения: 11.05.2019.

- 35.Группа компаний «Беспилотные системы». — <http://unmanned.ru>. 4.
Компания «АФМ_Серверс». — <http://ptero.ru>. Дата обращения:
11.05.2019.
- 36.Компания «СЪЕМКА С ВОЗДУХА». — <http://съемкасвоздуха.рф>. Дата
обращения: 11.05.2019.
- 37.Способ определения места повреждения линии электропередачи
[Электронный ресурс] ФИПС– Режим доступа:
[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=0&docId=8d41162900
2d56fbdb7675c4a210b4d8](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=0&docId=8d411629002d56fbdb7675c4a210b4d8) Дата обращения: 11.05.2019.
- 38.Способ диагностики высоковольтных линий электропередачи
[Электронный ресурс] ФИПС – Режим доступа:
[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=8&docId=84e65f497
d8153e19d4430f342811d65](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=8&docId=84e65f497d8153e19d4430f342811d65) Дата обращения: 18.06.2019.
- 39.Способ локации дефектных гирлянд изоляторов на воздушных
линиях электропередачи высокого напряжения [Электронный ресурс]
ФИПС – Режим доступа:
[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=9&docId=d22917974
5d3d17dd1d78fe4fd10662e](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=9&docId=d229179745d3d17dd1d78fe4fd10662e) Дата обращения: 18.06.2019.
- 40.Автоматизированная система обнаружения [Электронный ресурс]
ФИПС– Режим доступа:
[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=39&docId=25dffe81a
ec91f308f18f3c02ebbb4e3](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=39&docId=25dffe81aec91f308f18f3c02ebbb4e3) Дата обращения: 18.06.2019.
- 41.Способность диагностики удаленного мониторинга и оценки
состояния критически важных объектов и система диагностики для
него [Электронный ресурс] ФИПС– Режим доступа:
[http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=38&docId=97d0a559
2cd4ea350fee3920110b9371](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=38&docId=97d0a5592cd4ea350fee3920110b9371) Дата обращения: 18.06.2019.

СПРАВКА о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Демьянков Тимофей Олегович
Подразделение	Дальневосточный ГАУ, ЭЭФ
Тип работы	Магистерская диссертация
Название работы	Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских условиях при помощи квадрокоптера
Название файла	Демьянков Т.О. 2019.pdf
Процент заимствования	18,98%
Процент цитирования	0,74%
Процент оригинальности	80,28%
Дата проверки	11:17:49 17 июня 2019г.
Модуль поиска	Кольцо вузов; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска "ДАЛЬГАУ"; Модуль поиска переводных заимствований; Цитирование; Сводная коллекция ЗЭС

Работу проверил
Ижевский Андрей Станиславович
ФИО проверяющего

Дата подписи

17.06.2019г.


Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
подтвердит ссылку на отчет.



Отвечая на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

Факультет _____ электроэнергетический _____
Кафедра _____ электропривода и автоматизации технологических процессов _____
Направление / специальность _____ 35.04.06 – Агринженерия _____
Направленность (профиль) / специализация _____ Электрооборудование и
электротехнологии в АПК _____

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу Демьянкова Тимофея Олеговича
на тему: Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских
условиях при помощи quadroконтера

Состав выпускной квалификационной работы:

пояснительная записка на 68 с., графический материал на 21 листе,
приложения на _____ с.

1 Характеристика выпускной квалификационной работы

В работе выполнен обзор парка наиболее используемых quadroконтеров,
возможности их применения в отраслях сельского хозяйства и
промышленности, в экспериментальной части диссертации представлена
разработка конструкции quadroконтера и его использование при осмотре
линий электропередач. Представлены результаты обхода ЛЭП и
методические рекомендации к выполнению отдельных операций при
проведении обходов.

2 Недостатки работы

1. Стр.15 – рис.1.14 необходимо привести сигналы для всех блоков
БЦЛА.
2. В экспериментальной части необходимо сравнить характеристики
стандартного quadroконтера с разработанным.
3. Стр.45 – для оформления результатов обследования необходимо было
разработать бланк с учётом выполнения части операций по обходу
БЦЛА.

3. Рекомендации

Для определения оптимального времени затрачиваемого на каждую операцию выполняемую при обходе ДЭП необходимо провести хронометраж для двух вариантов, с использованием БПЛА и без него.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

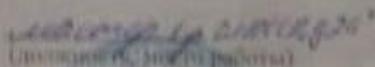
Выпускная квалификационная работа / научно-квалификационная работа (диссертация) соответствует / не соответствует требованиям основной профессиональной образовательной программы и заслуживает оценки отлично, а автор Демьянков Тимофей Олегович

(Ф.И.О. обучающегося)

может быть рекомендован к присвоению квалификации магистр по направлению подготовки / специальности 35.04.06 – Агроинженерия / электрооборудование и электротехнологии АПК

(код и наименование направления / специальности)

Рецензент


(подпись рецензента)


(подпись)

А.С. Яценко
(и. о. фамилия)



« 2 » 08 2018 г.

¹ Предоставляется в случае, если рецензентом является специалист из предприятия-спонсора.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

Факультет электроэнергетический
Кафедра электропривода и автоматизации технологических процессов
Направление / специальность 35.04.06 – Агроинженерия
Направленность (профиль) / специализация Электрооборудование и электротехнологии

ОТЗЫВ

о выпускной квалификационной работе на тему: Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских условиях при помощи квадрокоптера

обучающегося Демьянкова Тимофея Олеговича

Использование современных технических средств во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства связано с необходимостью информатизации нужд общества. Одним из перспективных направлений в этом случае является использование БПЛА как источника информации о труднодоступных или опасных объектах. Одним из таких объектов являются ЛЭП. Применение БПЛА позволит получить точную информацию с меньшими затратами как денежных так и человеческих ресурсов. В процессе работы над темой разработана конструкция коптера, проведены её летные испытания, проведен обход ЛЭП при помощи БПЛА. Работа полностью выполнена самостоятельно, разработана методика использования БПЛА при обходах ЛЭП.

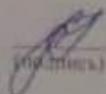
Полученные результаты актуальны и могут быть внедрены в работу электроснабжающих предприятий. По теме исследования опубликовано 2 статьи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обучающийся Демьянков Тимофей Олегович может
(Ф.И.О. полностью)

быть допущен к защите выпускной квалификационной работы.

Руководитель
канд.с-х.наук., доцент каф. ЭиАТЭиЭФ
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ



О.А.Пустовая
(инициалы, фамилия)

М.П. «16» 06 2019г.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
(Минсельхоз России)
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Дальневосточный государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

НАПРАВЛЕНИЕ НА ЗАЩИТУ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Факультет Электроэнергетический

Направление 35.04.06 Агроинженерия

(код и наименование направления подготовки/специальности/профиля направления/специальности)

Кафедра электропривода и автоматизации технологических процессов

Направляется обучающийся Демьянков Тимофей Олегович

(Фамилия, Имя, Отчество (при наличии) обучающегося)

На защиту выпускной квалификационной работы на тему:

Разработка комплекса операций по контролю ЛЭП в городских условиях при помощи квадрокоптера

СПРАВКА ОБ УСПЕВАЕМОСТИ

Обучающийся Демьянков Тимофей Олегович

(Фамилия, Имя, Отчество (при наличии) обучающегося)

за время обучения в ФГБОУ ВО Дальневосточном ГАУ с 2017 года по 2019 год полностью выполнил учебный план по направлению подготовки (специальности) со следующими оценками: отлично 72,22 %, хорошо 27,78 %, удовлетворительно 0 % и средним баллом 4,72.

Прилагается: зачетная книжка обучающегося, отзыв руководителя выпускной квалификационной работы, рецензия (при наличии)

Специалист по УМР _____

Бессарабова М.Ю.

Декан факультета _____

Воякин С.Н.

" 02 " 09 2019 г.