

КУРС ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

ЗАДАНИЕ №1

«ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ И ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ»

Выполнил:

Щербаков Дмитрий Игоревич

Студент НГТУ

28.07.2022г.

Поставленные задачи:

1. Ознакомление с СТО 56947007- 29.200.10.235-2016
2. Определить допустимое расстояние съёмки в автономном режиме БПЛА
3. Выбор полезной нагрузки БПЛА
4. Выбор подходящей платформы

1. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Произведено ознакомление со СТО 56947007 - 29.200.10.235-2016 «Методические указания по применению беспилотных летательных аппаратов для обследования воздушных линий электропередачи и энергетических объектов», в котором 96 страниц.

Данный стандарт состоит из следующих разделов:

- Область применения.
- Нормативные ссылки.
- Обозначения и сокращения.
- Общие положения.
- Методичка и алгоритм использования комплекса БПЛА.

Также в СТО содержатся следующие приложения:

- Обобщение опыта анализа фото-видео изображений объектов, в том числе, в инфракрасном и ультрафиолетовом спектре для выявления различных дефектов на воздушной линии электропередачи (Приложение А).
- Алгоритм проведения планового и внеочередного мониторинга воздушной линии электропередачи, включая алгоритмы определения дефектов, рекомендации по мониторингу мест аварийно-восстановительных работ, алгоритм для краткосрочного прогнозирования распространения лесного пожара, алгоритм для построения 3D моделей элементов ВЛ. (Приложения Б1-Б4).
- Рекомендации по сбору и синтезу картографического массива данных его анализа, хранения и экспорта в геоинформационную систему ПАО «ФСК ЕЭС» (Приложение В).
- Рекомендации по внедрению технологий с использованием БПЛА в производственный процесс (Приложение Г).

- Описание основных аспектов правового регулирования применения БПЛА в РФ, перспективы развития законодательства и требований к организации работ с применением БПЛА. (Приложение Д).
- Образцы документов для согласования полета БПЛА (Приложение Е).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО РАССТОЯНИЯ СЪЁМКИ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ БПЛА

Ссылаясь на СТО 56947007- 29.200.10.235-2016, а именно пункт 4.3. подпункт б, можно установить, что расстояние до исследуемого объекта (линий электропередачи ЛЭП) составляет 20-50 метров. Следовательно, минимальное допустимое расстояние будет **20 метров**. Аналогичное мнение у лектора данного курса.

Есть примечание, что минимальное допустимое расстояние может быть 5 метров, но оно рассчитано по данному СТО для ручного режима управления.

3. ВЫБОР ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ БПЛА

Целевой объект диагностики:

- **Провод АС 240/32 для ЛЭП 330кВ** (на основе ГОСТ 839-80 и Приказа Минэнерго России от 20.05.2003 N 187 (ред. от 20.12.2017)) . **Его наружный диаметр составляет 21,6 мм.**

Для данного объекта диагностики была выбрана тепловизионная экшен-камера FLIR Duo Pro R 640 с тепловой линзой 25мм (25×20°). Ниже представлена таблица с техническими характеристиками данного устройства.

Таблица 1. Технические характеристики FLIR Duo Pro R 640 25мм

Тип детектора	Неохлаждаемый микроболометр VOx
Спектральный диапазон	7,5 – 13,5 мкм
Температурная чувствительность	< 50 мК
Разрешение детектора	640×512
Объективы тепловизора	13 мм: 45×37° 19 мм: 32×26° 25 мм: 25×20° (выбран)
Погрешность измерения	±5 °С или 5% показаний в диапазоне от -25 до +135 °С ±20 °С или 20% от показаний в диапазоне от -40 до +550 °С
Частота кадров	30 Гц
Разрешение видеокамеры	4000×3000
Поле зрения видеокамеры	56×45°
Входное напряжение	5.5 - 26.0 В (10-pin JST Port) 5.0 В (USB-C Port)
Размер (Д x Ш x В)	85 x 86.5 x 68.5 мм
Вес	375 г

Особенности:

- несколько параметров отображения: видимое, тепловое с режимом MSX, «картинка в картинке»;
- передача изображения в режиме реального времени на приёмное устройство;
- широкий диапазон напряжения питания для работы с разными дронами, 5 – 26 В;
- два варианта вывода видеоизображения: аналоговое видео или цифровое видео по micro-HDMI;
- возможность переключаться между тепловизором и цветными изображениями в полёте;
- запись фото и видео на две карты microSD.

Для наглядности была найдена 3D модель FLIR Duo Pro R 640 (рис. 1).

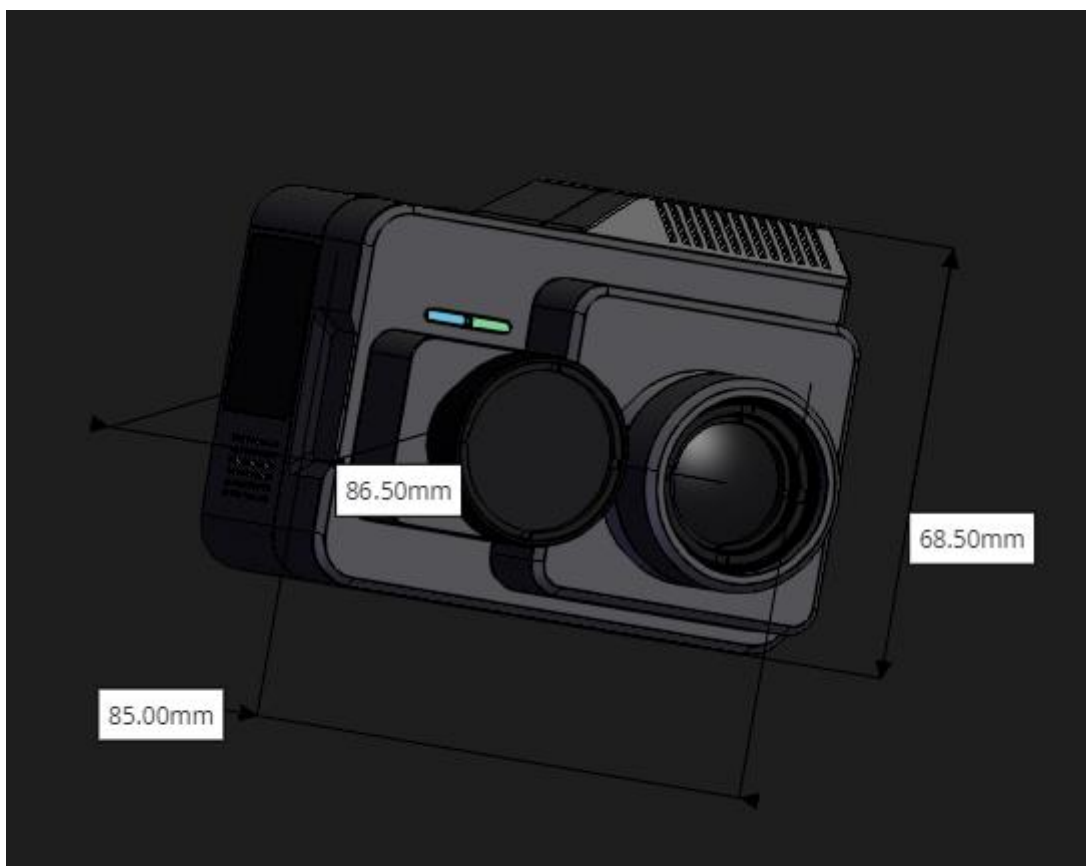


Рис. 1. Габаритные размеры тепловизионной экшен-камеры FLIR Duo Pro R 640 25мм объектива

Для проверки минимальный размера объекта, приходящегося на один пиксель детектора был использована программа для вычисления FOV (Field of View) по ссылке <http://www.thermoview.ru/articles/fov/>. Итог составил 1.386 см (рис. 2).

Расчет:

Введите размер детектора (матрицы) тепловизора(кол-во элементов в приемнике излучения), в пикселях (по горизонтали x по вертикали):

x

Введите оптическое поле зрения (FOV-Field of View), в градусах (по горизонтали x по вертикали):

Введите расстояние до объекта в метрах (разделяя точкой целую и дробную часть):

Результаты расчета:

Ширина обзора по горизонтали (в поле зрения попадает по горизонтали) X = метра.

Ширина обзора по вертикали (в поле зрения попадает по вертикали) Y = метра.

Минимальный размер объекта (сторона квадрата) - S(приходящийся на один пиксель детектора) = см. *

Рис. 2. Результат проверки поля зрения для минимального размера установленного объекта диагностики

Как можно заметить, представленная экшен-камера может быть использована и для более маленьких объектов при ранее указанном расстоянии.

4. ВЫБОР ПОДХОДЯЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ

Для данной ПН возможные многие варианты платформ. Выбрана была конфигурация DJI Matrice 600 Pro + Gremsy S1 (в настоящее время актуальна S1V3) с демпфиром + FLIR DUO PRO R 640. Также в конфигурации с данной платформой и камерой можно использовать Gremsy T1 с демпфиром.

4.1. Тепловизионная экшен-камера FLIR DUO PRO R 640

Тепловизионная камера была ранее рассмотрена. Стоит повторить, что масса экшен-камеры составляет 375 г.



Рис. 3. Внешний вид FLIR DUO PRO R 640

4.2. Подвес Gremsy S1V3

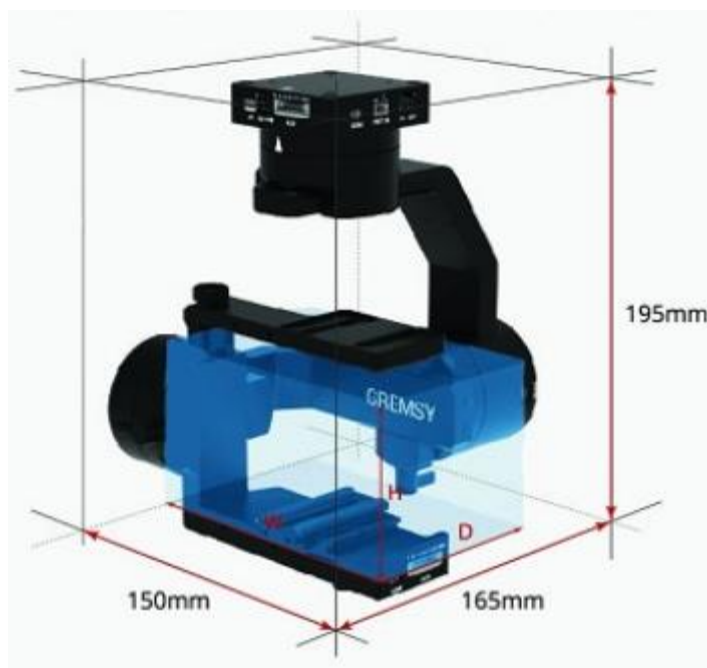


Рис. 4. Габаритные размеры подвеса Gremsy S1V3

Рассматриваются следующие технические характеристики:

- Масса подвеса составляет 830 г.
- Максимальная полезная нагрузка составляет 750 г.

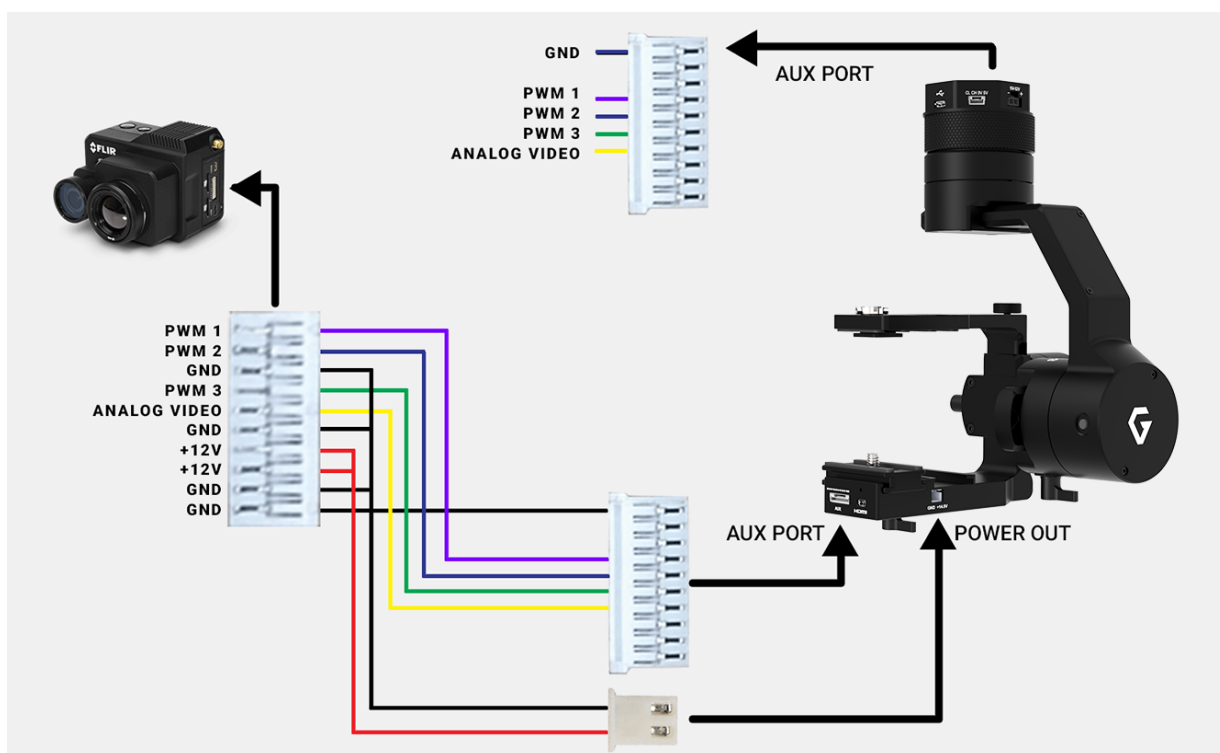


Рис. 5. Совместимость Gremsy S1V3 с FLIR DUO PRO R 640

4.3. Подвес Gremsy T1



Рис. 6. Габаритные размеры подвеса Gremsy T1

Рассматриваются следующие технические характеристики:

- Вес подвеса составляет 750 г.
- Максимальная полезная нагрузка составляет 700 г.

4.4. Демпфер

В данных случаях для соединения подвеса с платформой необходим демпфер от производителя Gremsy (рис. 7). Поддерживает все подвесы серии T и S, кроме Gremsy T7.

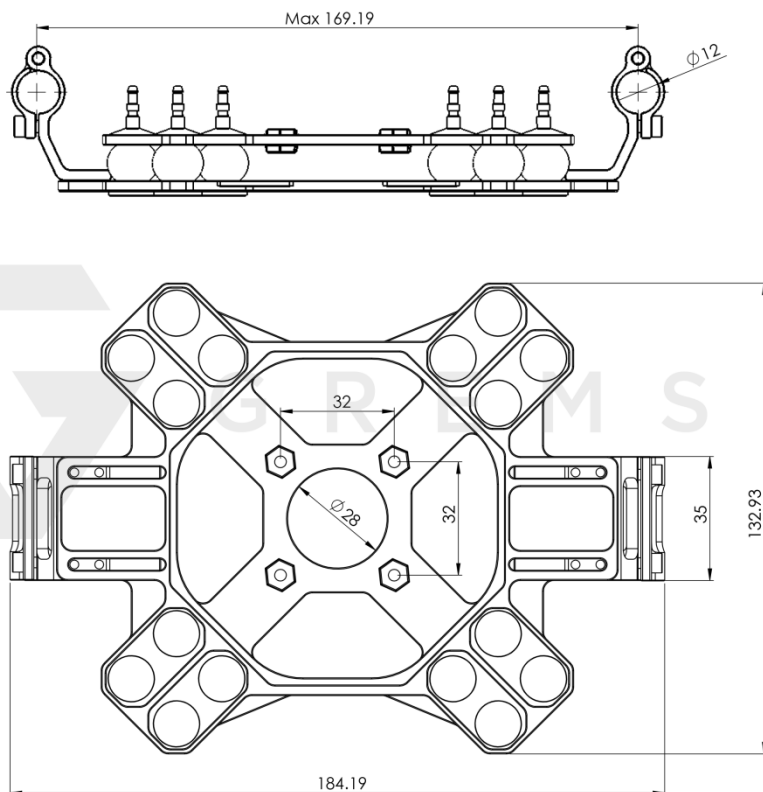


Рис. 7. Габаритные размеры демпфера для подвеса Gremsy S или T серий и DJI Matrice 600 Pro

4.5. Платформа DJI Matrice 600 Pro



Рис. 8 .Внешний вид DJI Matrice 600 Pro

Таблица 2. Технические характеристики DJI Matrice 600 Pro

Размер базы по диагонали	1 133 мм
Габаритные размеры	1668×1518×727 мм (если раскрыты пропеллеры, лучи и крепление GPS, с учетом шасси) 437×402×553 мм (если сложены пропеллеры, лучи и крепление GPS, без учета шасси)
Размеры в упаковке	525×480×640 мм
Масса (с 6 аккумуляторами TB47S)	9,5 кг
Масса (с 6 аккумуляторами TB48S)	10 кг
Максимальный взлетный вес	15,5 кг
Точность позиционирования (В режиме позиционирования, при работающей GPS)	По вертикали: ±0,5 м, по горизонтали: ±1,5 м
Максимальная угловая скорость	Поворот: 150°/с Наклон: 300°/с,
Максимальный угол наклона	25°
Максимально допустимая скорость ветра	8 м/с
Максимальная скорость набора высоты	5 м/с
Максимальная скорость снижения	3 м/с
Максимальная скорость (без ветра)	65 км/ч
Макс.высота полета над уровнем моря	С пропеллерами 2170R: 2500 м, С пропеллерами 2195: 4500 м
Полетный контроллер	A3 Pro
Модель двигателей	DJI 6010
Модель пропеллеров	DJI 2170R
Диапазон рабочих температур	-10°...+40° C

Таблица 3. Характеристики зарядного устройства (модель MC6S600)

Напряжение	26,1 В
Номинальная мощность	600 Вт
Мощность одного аккумулятора на выходе	100 Вт

Таблица 4. Характеристики аккумулятора TB47S

Вместимость	4500 мАч
Напряжение	22,2 В
Энергия	99,9 Втч

Таблица 5. Характеристики аккумулятора TB48S

Вместимость	5700 мАч
Напряжение	22,8 В
Энергия	129,96 Втч

Данный Коптер предназначен для работы при хороших и умеренных погодных условиях. К неблагоприятным погодным условиям относятся: ветер свыше 8 м/с, снег, дождь, смог, град, гроза, торнадо или ураган.

Далее представлен график зависимости времени полёт от полезной нагрузки (рис. 9).

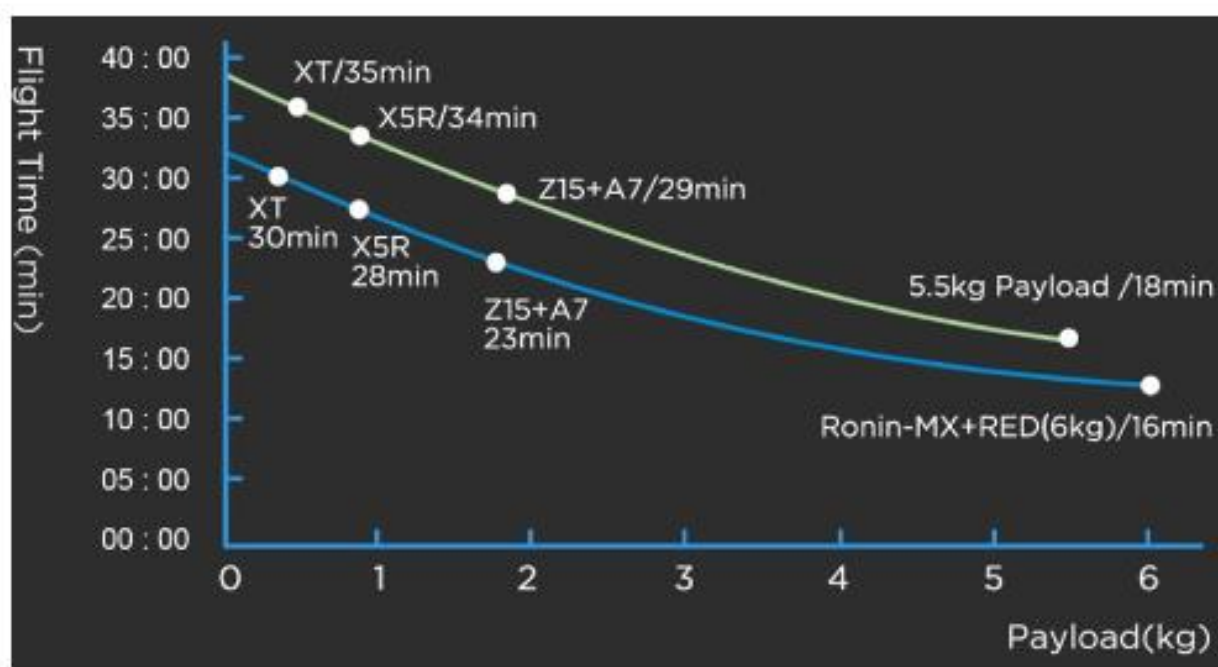


Рис. 9. График зависимости времени полёт от полезной нагрузки: синяя - с аккумулятором модели TB47S, зелёная - с аккумулятором модели TB48S