



**Министерство образования и науки Украины**

**Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»**

# **БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГООБЪЕКТОВ**



**проф. Сокол Е.И.,  
ректор НТУ «ХПИ»,  
проф. Гриб О.Г.,  
проф. Резинкина М.М.**

**г. Харьков  
17.05.2017 р.**

# Цели мониторинга

- 1) Построение актуальной модели ЛЭП
- 2) Выявление проблемных участков ЛЭП
- 3) Предотвращение случаев несанкционированного доступа к ЛЭП
- 4) Обследование аварийных участков (ЛЭП и энергообъектов)
- 5) Мониторинг энергообъектов (небольшой протяженности)



# Основные задачи

- 1) Движение под управлением оператора с передачей данных с сенсоров на наземную станцию
- 2) Автоматическое движение по траектории и получение данных с бортовых сенсоров
- 3) Автоматическое движение по траектории и анализ данных с бортовых сенсоров в реальном масштабе времени



# Дополнительные задачи

- 1) Обучение операторов
- 2) Аварийное возвращение к наземной станции
- 3) Взлет и посадка
- 4) Хранение данных с сенсоров до момента посадки
- 5) Передача телеметрии на наземную станцию
- 6) Подготовка полетных маршрутов

# Ограничения

- 1) Разрешающая способность сенсоров (камеры различных диапазонов, тепловизоры, лидары)
- 2) Энергоемкость бортовых источников питания
- 3) Точность навигационной системы
- 4) Канал связи с наземной станцией
- 5) Электромагнитное излучение ЛЭП
- 6) Погодные условия

# Разрешающая способность сенсоров

- 1) Камера видимого спектра и ближнего ИК диапазона: до 500 метров  
(зависит от размера и контрастности объекта)
- 2) Тепловизор: до 200 метров  
(зависит от разности температур)

# Энергоемкость бортовых источников питания

- 1) Для БПЛА вертолетного типа: до 20 минут полета
- 2) Для БПЛА самолетного типа: до 60 минут полета
- 3) Работа бортового компьютера, полетного контроллера и сенсоров: до 240 минут (в зависимости от нагрузки)

## Точность навигационной системы с использованием GPS (u-blox NEO-M8)

- 1) Скорость до 0,05 м/с (до 500 м/с)
- 2) Направление до 0,3 градуса
- 3) Позиция в горизонтальной плоскости:  
до 2,5 м
- 4) Ускорение до 4g
- 5) Высота до 1 метра (до 50 км)

# Точность навигационной системы с использованием IMU MPU6050, HMC5883L

- 1) Скорость до 0,02 м/с
- 2) Направление до 1-2 градуса
- 3) Позиция в горизонтальной плоскости:-
- 4) Ускорение до 16g



# Точность навигационной системы с использованием барометра BMP085 и лидара

- 1) Высота до 0,25-0,5 метров по барометру (до 9 км)
- 2) Высота до 10 сантиметров по лидару (до 40 м)



# Канал связи с наземной станцией

- 1) Видеосигнал (5,8 ГГц): до 5 км
- 2) Телеметрия 433 МГц: до 10 км
- 3) Телеметрия 2,4 ГГц: до 5 км
- 4) Телеметрия 900 МГц: до 40 км
- 5) GSM: без ограничений (при условии наличия сотовой связи на маршруте)

**1-4 зависит от условий полета**

# Электромагнитное излучение ЛЭП

- 1) Негативно влияет на датчики навигационной системы
- 2) Потенциально может быть использовано для навигации БПЛА
- 3) Потенциально может быть использовано для зарядки источников питания БПЛА

# Погодные условия

- 1) Негативное влияние на автономность:
  - отрицательные температуры
  - ветер
- 2) Неблагоприятные погодные условия понижают надежность системы в целом: нестабильная работа оборудования, дополнительные затраты энергии, сложность управления



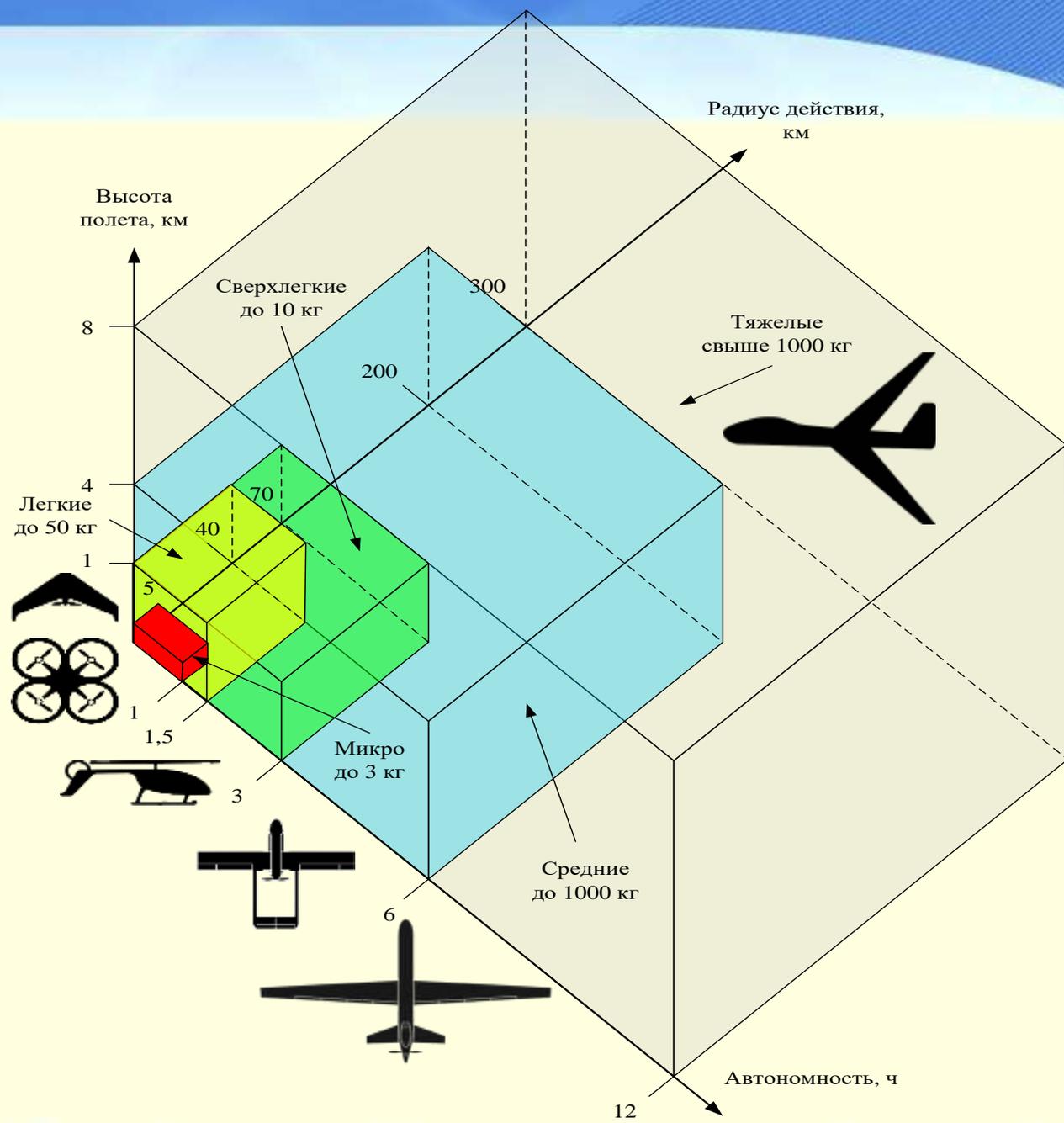
# Выбор типа БПЛА



# Виды БПЛА

- Аэродинамические самолетного типа
- Аэростатические и аэростатически разгруженные
- Реактивные
- Вертолетного типа

Класс	Масса, кг	Автономность, часов	Высота полета, км	Радиус действия, км
Микро	до 3	до 1	до 0,5	до 5
Сверхлегкие	до 10	до 1,5	до 1	до 40
Легкие	до 50	1-3	1-3	до 100
Средние	до 1000	5-12	3-8	100-500
Тяжелые	свыше 1000	12 и более	до 20	свыше 1200



# Фюзеляжные БПЛА самолетного типа



# БПЛА самолетного типа «летающее крыло»



# Мультироторный БПЛА вертолетного типа



# Выводы

На текущем уровне развития техники, БПЛА могут решить поставленные задачи, при определенных ограничениях

# Ограничения

- 1) Скорость ветра менее 10 м/с
- 2) Отсутствие интенсивных осадков
- 3) Удаленность от наземной станции менее 50 км

Для Харьковской области средняя скорость ветра не превышает 4,5 м/с, для 90% площади Украины – 5 м/с  
Для Харьковской области ~30% дней в году осадки

# Направление исследований

- 1) Повышение энергоэффективности
- 2) Алгоритмы навигации вдоль ЛЭП
- 3) Методы анализа, хранения и обработки данных с сенсоров
- 4) Структурные схемы БПЛА для решения различных задач

# Направление исследований

- 1) Моделирование движения БПЛА и функционирования всей системы мониторинга в целом
- 2) Разработка структурных схем получения данных с сенсоров
- 3) Повышение надежности
- 4) Обучение операторов

# Разработка алгоритмов и программного обеспечения

- 1) Бортового компьютера БПЛА
- 2) Наземной станции и системы сбора и хранения информации
- 3) Системы моделирования и обучения операторов

## Выводы 1

- 1) Оптимальная масса батареи от общей массы БПЛА 38%
- 2) Эффективность винтов в этом случае составит 78% от максимальной

При уменьшении массы батареи в 3.2 раза, время полета уменьшается на 22%

## Выводы 2

- 1) Оптимальным является выбор батареи с такой относительной массой, при которой угол наклона касательной к функции  $t$  будет близок к 45 градусам
- 2) Целесообразно выбирать батарею массой от 26% до 38% от общей массы БПЛА, при этом полетное время будет изменяться от 58% до 78% от максимального

# Получение данных с сенсоров



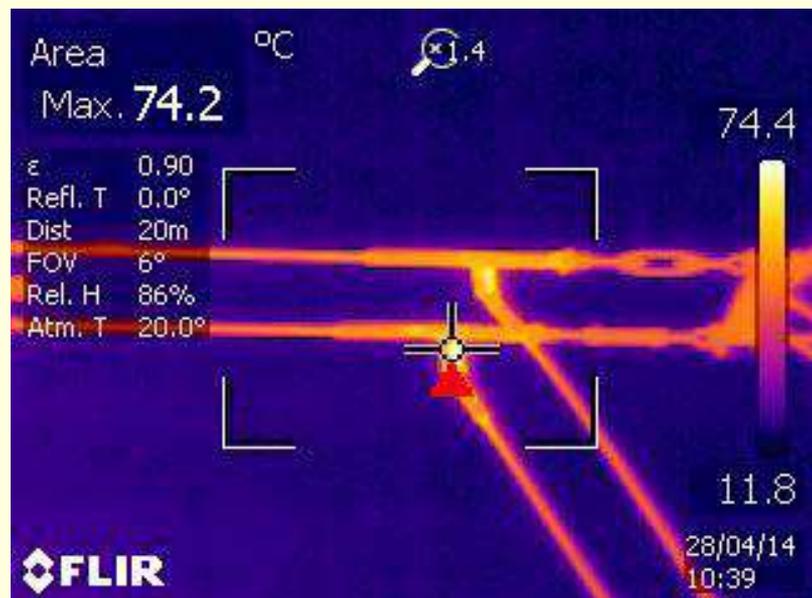
# Основные сенсоры

- Видео и фото камеры работающие в видимом спектре
- Мультиспектральные и гиперспектральные камеры
- Тепловизоры
- Лидары

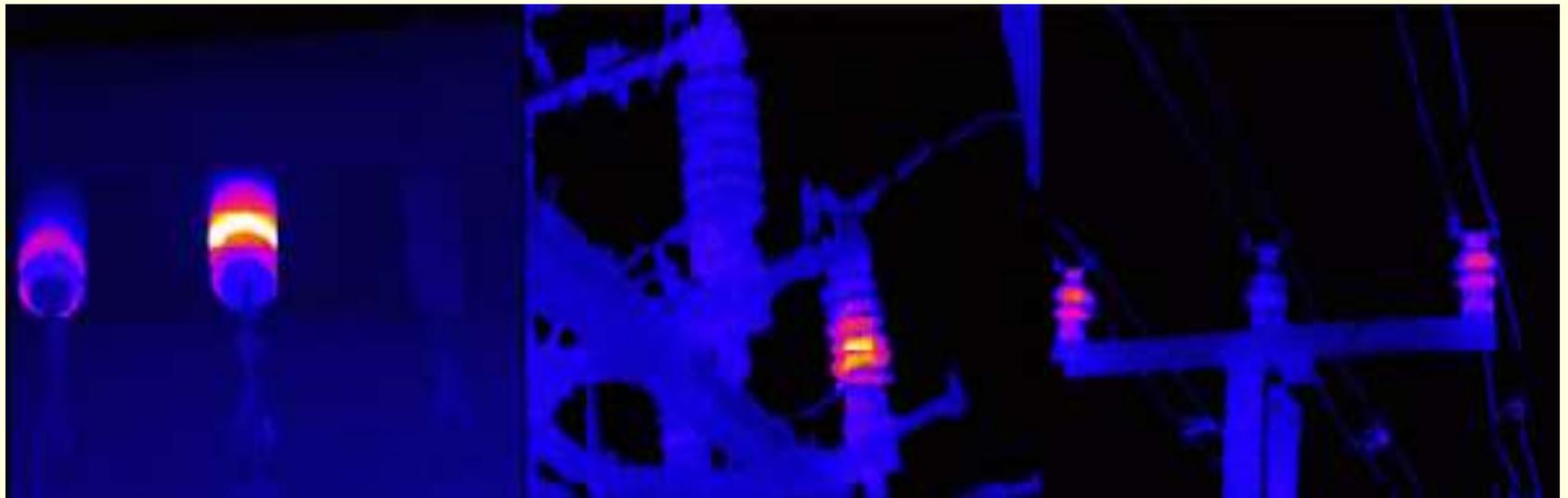
# Съемка с БПЛА в видимом спектре



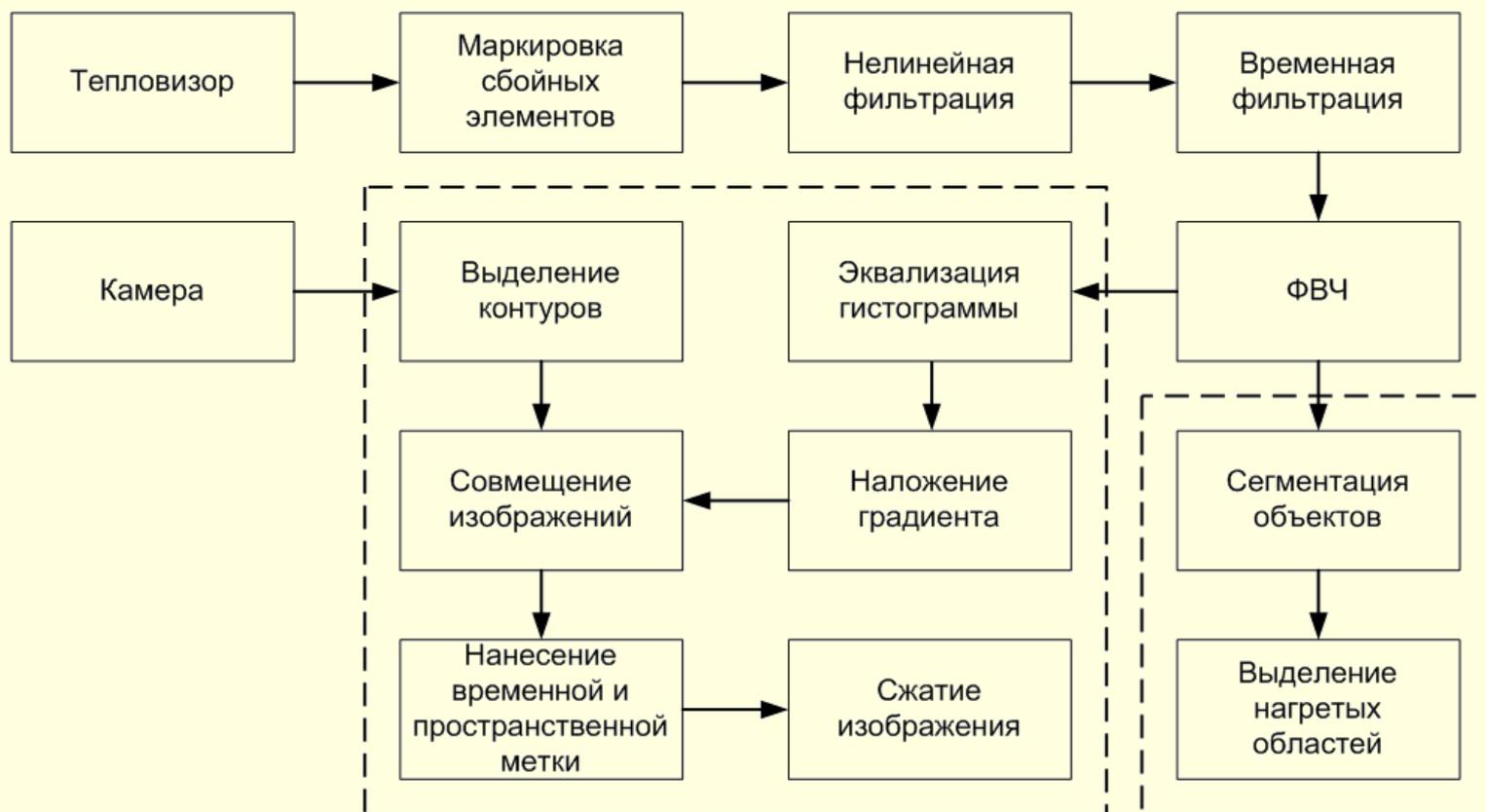
# Съемка с БПЛА в дальнем ИК диапазоне



# Определение повреждений изоляторов ЛЭП при помощи тепловизора



# Обработка изображения полученного камерой и тепловизором

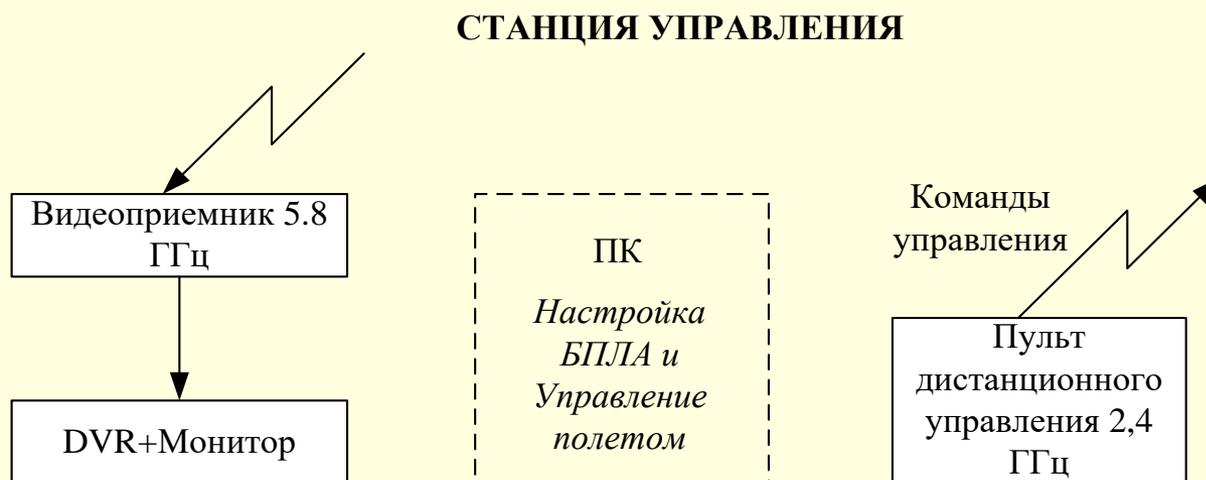
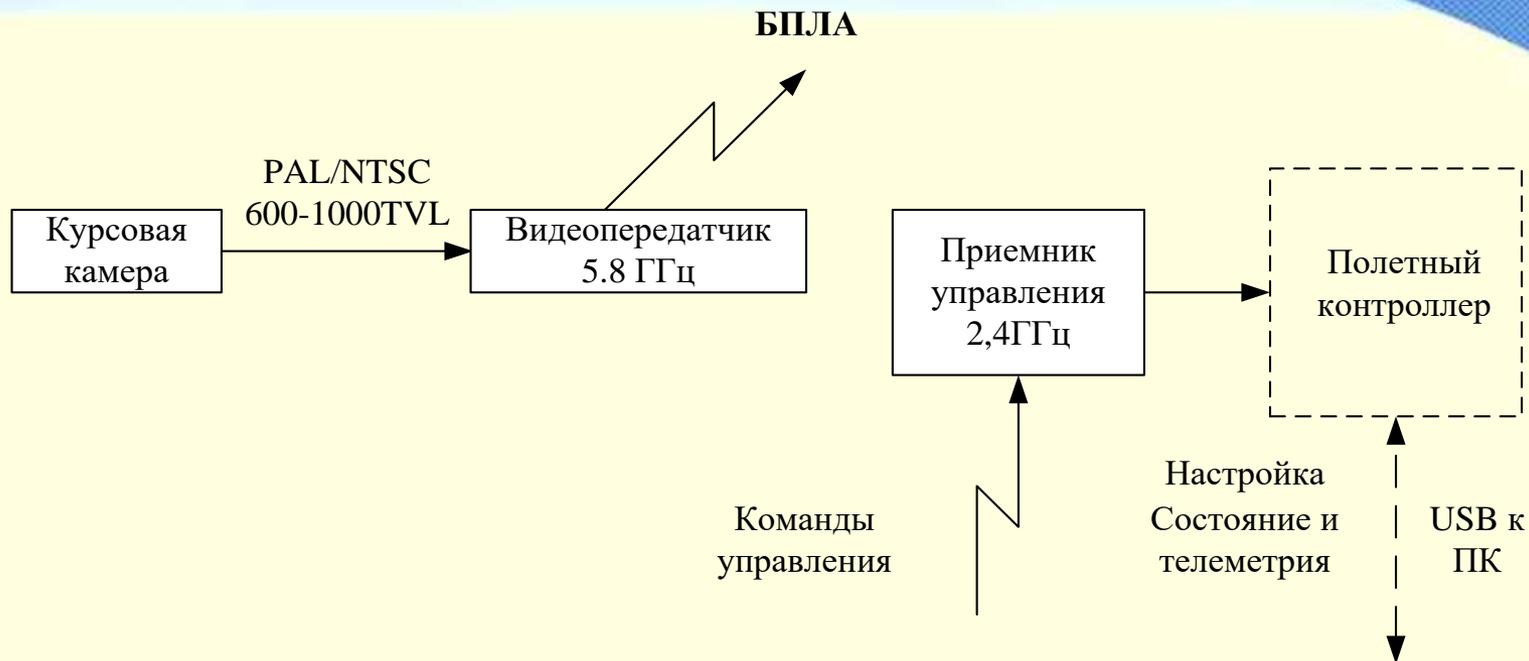


# **Передача данных на наземную станцию**

# Связь с наземной станцией

- 1) Видеосигнал (5,8 ГГц): до 5 км
- 2) Телеметрия 433 МГц: до 10 км
- 3) Телеметрия 2,4 ГГц: до 5 км

# Простейшая схема связи



# Выводы

- 1) Для повышения надежности целесообразно разделить передачу данных с борта БПЛА на 2 (или 3) канала
- 2) Необходимо разделить видеоканал и информацию от полетного контроллера
- 3) Наиболее критичную информацию (напряжение бортовой батареи) целесообразно передавать по всем каналам одновременно



**Спасибо за внимание!**