

*Московский государственный университет геодезии и картографии*



**МИИГАиК**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИРОТОРНЫХ БПЛА В ЦЕЛЯХ  
КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Студенты ФПКиФ 2-4:

**Барбасов В. К.**

**Гаврюшин Н.М.    Батаев М.С.**

Научный руководитель:

**проф. Алтынов Александр Ефимович.**

*E-mail:*

[Slavutich92@gmail.com](mailto:Slavutich92@gmail.com)

[N.Gavrushin@gmail.com](mailto:N.Gavrushin@gmail.com)

[Bataevm@gmail.com](mailto:Bataevm@gmail.com)

*тел.:*

+7 (909) 680-55-68

+7 (906) 729-09-76

+7 (926) 885-10-10

- **Аннотация.** В данной работе рассмотрены возможности мультироторных БПЛА и способы их применения в крупномасштабном мониторинге местности
- **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат (БПЛА) мультироторные, многомоторные БПЛА, аэрофотосъемка.
- **Abstract:** The goal of our project is to focus the readers attention to the possibilities of multi rotor UAV and methods of its usage in large-scale terrain monitoring.
- **Keywords:** unmanned aerial vehicle (UAV), multi rotor, multiengined UAV, aerial photography.



# БПЛА мультироторного типа (Гексалет)

- **Беспилотный летательный аппарат** - летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач

### Типы беспилотных летательных аппаратов

	Аэростатические	Аэродинамические			Реактивные
		Гибкое крыло	Фиксированное крыло	Вращающееся крыло	
Безмоторные	Аэростаты	Воздушные змеи и аналоги безмоторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	Планер		
Моторные	Дирижабли	Аналоги моторных аппаратов сверхлегкой авиации (парапланы, дельтапланы и др.)	БПЛА самолетного типа	<b>БПЛА вертолетного типа</b>	Космические реактивные аппараты

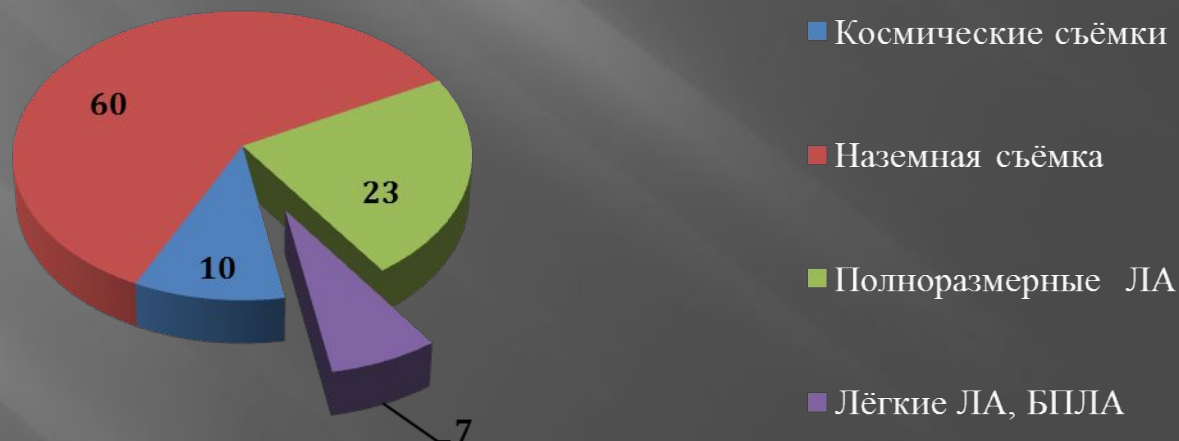
Классификация БПЛА в РФ включает следующие категории (классы):

Нано БПЛА ближнего радиуса действия	- взлетная масса до 0.25кг, дальность действия до 2км
Микро- и мини- БЛА ближнего радиуса действия	- взлетная масса до 5кг, дальность действия до 25...40 км
Легкие БЛА малого радиуса действия	- взлетная масса 5-50 кг, дальность действия 10...70 км
Легкие БЛА среднего радиуса действия	- взлетная масса 50-100 кг, дальность действия 70...150 (250) км
Средние БЛА	- взлетная масса 100-300 кг, дальность действия 150...1000 км
Средне-тяжелые БЛА	- взлетная масса 300-500 кг, дальность действия 70...300 км
Тяжелые БЛА среднего радиуса действия	- взлетная масса 500 кг, дальность действия 70...300 км
Тяжелые БЛА большой продолжительности полета	- взлетная масса 1500 кг, дальность действия 1500 км
Беспилотные боевые самолеты (ББС)	- взлетная масса более 500 кг, дальность около 1500км

Размер рынка геоинформационных и геопространственных продуктов составил 4,4 млрд. \$ по данным на 2010 год.

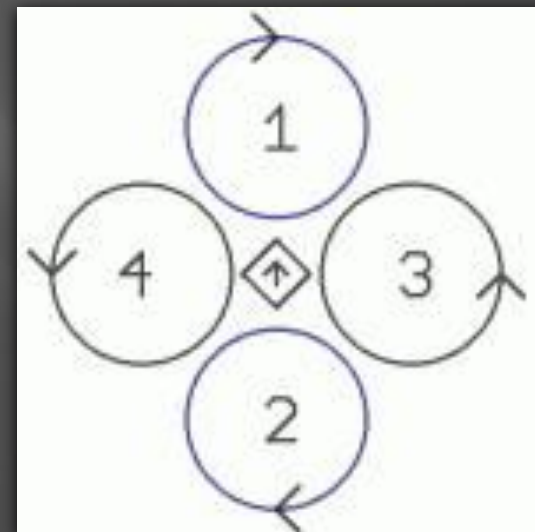
Рынок геоинформатики и дистанционного зондирования состоит из космической съёмки, наземной съёмки, съёмки с полноразмерных летательных аппаратов (ЛА), съёмки с легких ЛА в т.ч. БПЛА. На российском рынке оказания услуг в сфере аэрофотосъёмки наблюдается высокий уровень конкуренции.

Доли рынка геоинформатики%



## БПЛА вертолетного типа

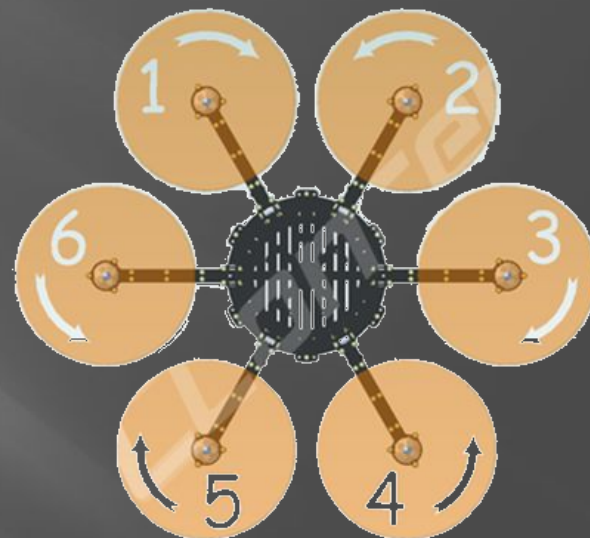
Данный БПЛА представляет собой радиоуправляемую летающую платформу на которой установлено от 3 - 16 бесколлекторных двигателей с пропеллерами. В полете платформа занимает горизонтальное положение относительно поверхности земли, может зависать над определенным местом, перемещаться влево, вправо, вперед, назад, вверх и вниз. В настоящее время, благодаря разработанному дополнительному оборудованию аппарат имеет возможность осуществлять фактически полуавтономные и автоматические полеты.





## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Полетный вес: 1.5 кг
- Диаметр: 85 см
- Тяга: 6x850 грамм
- Длительность полета: 25 минут
- Максимальная скорость: 50 км/ч
- Максимальная дальность:
  - Управление: 2 км
  - Видео: 3 км



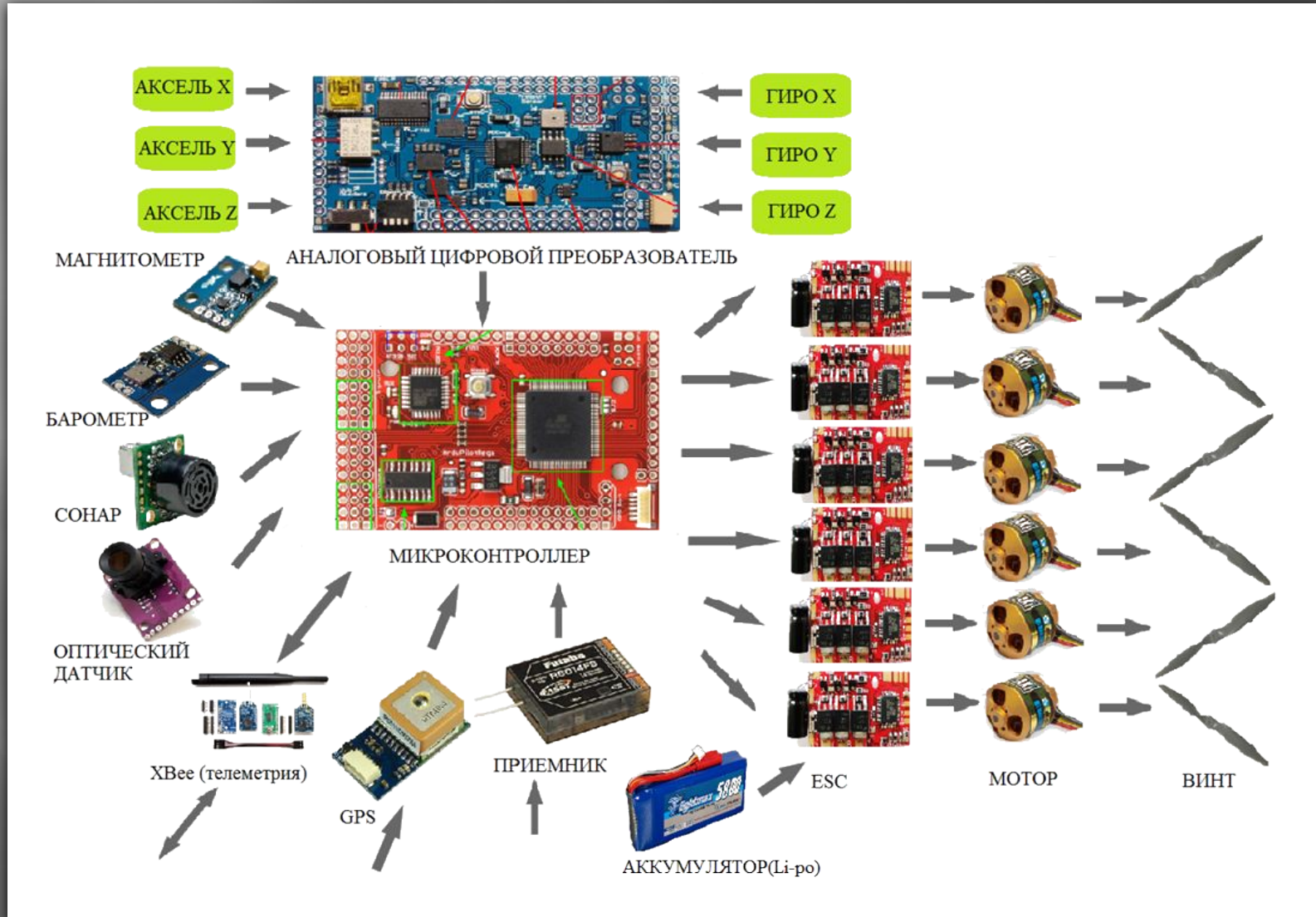
## РЕЖИМЫ ПОЛЕТА

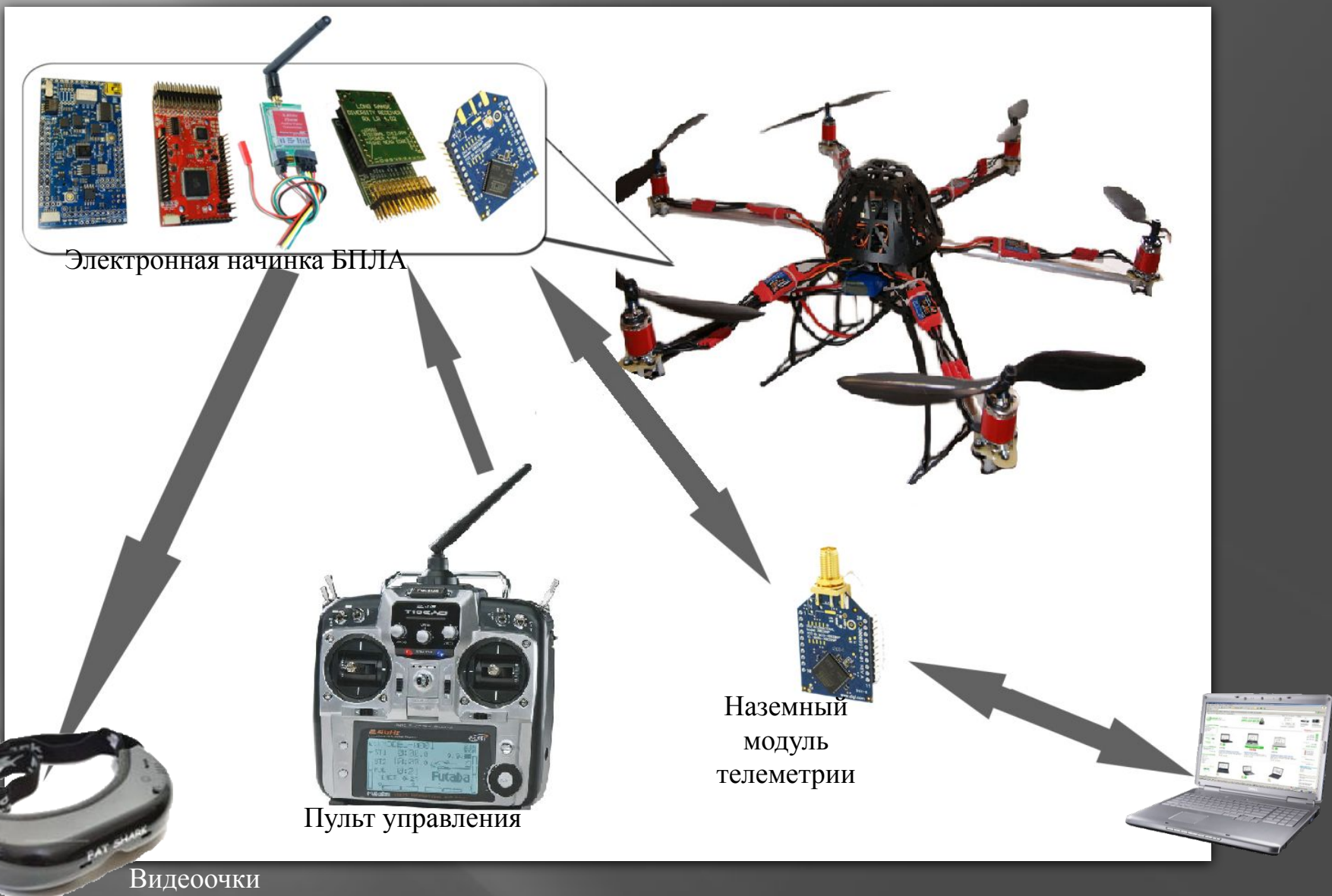
- Ручной (без стабилизации)
- Ручной (со стабилизацией)
- Удержание высоты
- Удержание позиции
- Круговой облет вокруг точки
- Полет в заданную точку
- Полет в автоматическом режиме по заданному маршруту
- Автоматический взлет / посадка

## Рассмотрим “+” применения мультироторного БПЛА для целей аэрофотосъемки:

- Возможность снимков с малых и очень малых высот, вблизи объектов приближаясь к ним буквально вплотную, и как следствие высокое разрешение снимков.
- Оперативность получения снимков. (Возможно получать снимки во время или сразу после полета)
- Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.
- Немалым плюсом “коптера” как и практически любого БПЛА является его рентабельность:
- обучение персонала сильно упрощается из-за большой автоматизации процесса

## Взаимодействие элементов системы управления





## Информация получаемая операторами



## Сравнение БПЛА, вертолетов и мультироторных.

### Мультироторный:

- Более стабилен (хотя это в немалой степени зависит от электроники и конструкции аппарата)
- Дешевле и проще в ремонте, имеет меньше механических узлов и меньше подвержен механическим воздействиям.



- Легче в управлении.
- Менее "прожорлив", чтобы вертолет мог нести такую же полезную нагрузку он должен быть с ДВС.

## Способы использования мультироторного БПЛА в задачах мониторинга окружающей среды:

- Картографический мониторинг
- Топографическая съемка
- Многозоональная съемка
- Тепловизионная съемка
- Геология
- Кадастр (стереопара)
- Контроль ЧС
- Задачи агропромышленного комплекса
- снимки для создания 3D
- контроль условий сельскохозяйственных угодий (полей)
- Экологический мониторинг:
  - радиоактивного излучения;
  - химического загрязнения;
  - бактериологического загрязнения.



## Функции и элементы наземной станции

Для целей картографического мониторинга мультироторный БПЛА должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и полезной нагрузкой – БАС (Беспилотная авиационная система)

БАС, помимо самого БПЛА, в котором установлен бортовой комплекс управления, состоит из полезной нагрузки и наземной станции управления.

Функции наземного пункта управления:

- Автоматическое управление полетом;
- Навигационное обеспечение полета;
- Ввод и обработка задания на полет;
- Организация беспроводного канала связи с оператором;
- Приём, обработка и хранение полученной информации (видеоданные и телеметрия);
- Выдача сигналов управления БПЛА.



К полезной нагрузке для задач БПЛА могут относиться:

- цифровая фотокамера (видеокамера)
- тепловизор
- ИК-камера
- радиолокационное оборудование (эхолот)
- счетчик Гейгера



# Полетное задание БПЛА

Flight Data

Flight Planner

Configuration

Simulation

Firmware

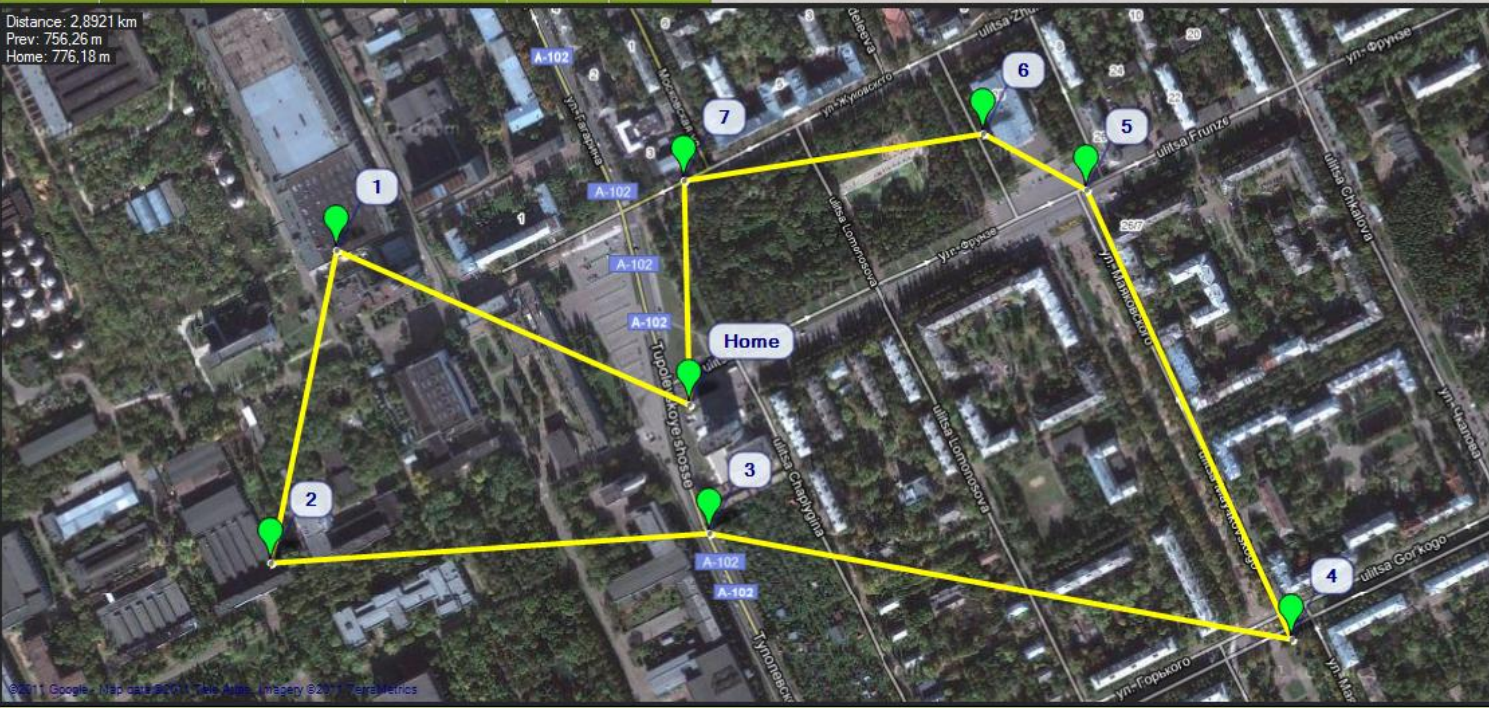
Terminal

Help

ArduCopter2 | 57600 | **Connect**

Distance: 2,8921 km  
Prev: 756,26 m  
Home: 776,18 m

Zoom | Action >>



1. Connect  
2. Read WP's if you need to.  
3. Ensure your Home location and ALT is set  
4. Click on the map to start adding WP's

Mouse Location  
Lat 55.59735922!  
Long 38.12590599!  
Alt 0

GoogleHybrid  
Status: loaded tiles

[Load WP File](#)

[Save WP File](#)

[Read WP's](#)

[Write WP's](#)

[Home Location](#)  
Lat 55.59557700!  
Long 38.11397552!  
Alt (abs) 110

**Waypoints**

WP Radius 3 | Loiter Radius -24 | Default Alt 10 |  Absolute Alt |  Hold default Alt |  Verify Height

[Add Below](#) | [Elevation Graph](#) | [Prefetch](#) | [Grid](#)

	Command	Delay	Alt	Lat	Long	Delete	Up	Down
▶ 4	WAYPOINT	0	10	55.5934552	38.1236100	X	⬆	⬇
▶ 5	WAYPOINT	0	10	55.5975168	38.1203270	X	⬆	⬇
▶ 6	WAYPOINT	0	10	55.5980260	38.1186748	X	⬆	⬇

№ п/п	Характеристики	БАФК Кречет Самолет	БАФК Кречет Мультироторный	БАФК Кречет Аэростат
1	Рабочий Размер д*ш*в, мм	1800*1500*430	720*720*300	2000*2000*4000
2	Транспортировочный размер д*ш*в, мм		720*170*150	400*400*400
3	Скорость горизонтального полета км/ч	40...100	0...60	0..ветра
4	Рабочая высота полёта над уровнем земли, м	60...1000	5...300	0.300
5	Продолжительность полета в мин, кг	до 50	До 30	неограниченно
6	Макс взлетный вес, кг	3,5	2,5	8
7	Макс масса полезной нагрузки	1,2	0,8	5
8	Диапазон рабочих температур, °С	-25°.. +50°С	-25°.. +50°С	-20°.. +50°С
9	Скорость ветра на старте, не более, м/с	8	10	12
10	Скорость ветра на высоте 300м, не более чем м/с	15	12	12
12	Размер посадочной площади, не менее м*м	2*30	1*1	3*3
13	Обслуживающий персонал, чел	2-3	1-2	2-3
14	Двигательная установка электромотор шт	1	6	-



# Существующие разновидности:



	Класс коптера	Масса пустого	Масса взлетная	Размер (м)	Варианты на рынке
1	Нано	... - 0,6	... - 0,7	... - 0,3	ПУСТЕЛЬГА
2	микро	0,6 - 1,2	0,7 - 1,3	0,3 - 0,6	CyberQuad MINI
3	Легкий	1,2 - 2	1,3 - 2,2	0,6 - 0,8	ZALA 421-21 Колибри Draganflyer X8
4	Тяжелый	2 - 4	2,2 - 5,2	0,8 - 1,2	md4-200 (microdrones GmbH)
5	Очень тяжелый	4 - 10	5,2 - 12	1,2 - 2	md4-100
6	Сверх тяжелый	10 - ...	12 - ...	2 - ...	HoverMast



md4-200  
(microdrones GmbH)



HoverMast



md4-100

Существующие разновидности:



Фото мультироторного БПЛА разработанного в СИГ «КРЕЧЕТ»



## Выводы:

Использование мультироторного БПЛА типа в качестве аэросъёмочной платформы снимков с малых и очень малых высот, вблизи объектов приближаясь к ним буквально вплотную, и как следствие высокое разрешение снимков, имеет большие перспективы при съёмке небольших по протяженности площадных (точечных) объектов и при съёмке линейных объектов в большом разрешении.

Отсутствие перегрузок характерных для самолетных БПЛА таких как удары, возникающие во время таких экстремальных этапов полета, как взлёт с катапульты, или посадка на парашютной системе посадки\спасения, негативным образом влияют на незащищенные элементы ПН и в особенности на Фотооборудование. Элементы внутреннего ориентирования камеры определенные во время калибровки с высокой точностью способны изменяться, и особенно это заметно у малогабаритных камер - компактов . Согласно инструкции, если аэрофотокамера подверглась удару, или даже толчку – необходимо произвести повторную калибровку, что мешает производственному процессу.



## Возможности мультироторных БПЛА.

- - в зависимости от решаемых задач аппарат может иметь конфигурацию от 3-х до 12-16-ти) двигателей
- - поднимать на высоту до 350 метров полезную нагрузку весом до 2 кг (в зависимости от конфигурации аппарата). В качестве полезной нагрузки может быть фото-, видеооборудование, датчики, сенсоры, арматура для их крепежа и др.;
- - «зависать» на заданной оператором высоте с возможностью ее плавного увеличения и уменьшения;
- - перемещаться во всех направлениях с полезной нагрузкой со скоростью до 50 км/ч (на данный момент рекорд скорости 120км/ч);
- - полетное время аппарата зависит от конфигурации аппарата и его полезной нагрузки, но в пределах от 5 до 50 минут;
- - максимальное удаление аппарата от оператора ограничено возможностями радиосвязи (Стандартные пульты рассчитаны на связь до 2.5км, потом на передатчик можно ставить патч антенну, но в городских условиях безопасное использование до 700 м.) но прежде всего – возможностями оператора по определению ориентации аппарата и его контроля;
- - при управлении аппаратом посредством изображения, передаваемого бортовой видеокамерой дальность полета ограничена только дальностью радиосвязи может составлять от 100 м до 3-5 км (с антеннами клеверами и патчами). (Управление аппаратом на основании получаемого с борта изображения требует высокой квалификации оператора);
- - эксплуатироваться в широком диапазоне температур наружного воздуха, а также при ветре до 20-25 м/с, эксплуатация в дождливую погоду и во время снегопада затруднительна, но возможна;
- - осуществлять автономный полет по маршруту, обозначенному точками на карте с остановками в данных точках на заданное оператором время и совершение в местах остановки действий по аэрофотосъемке и т.п. в зоне, удерживать заданную оператором высоту и положение по координатам GPS;
- - возвращаться к месту взлета от любой точки маршрута и от любого удерживаемого положения по сигналу оператора;
- - осуществлять преследование объекта с размещенной на нем меткой и поворота подвеса камеры на этот объект;
- - удержание позиции по сигналам GPS;
- - осуществлять полет с зафиксированной в определенном направлении осью аппарата;
- - имеется возможность телеметрического контроля оператором на земле всех параметров полета летящего аппарата (его положения по координатам GPS, заряд батареи, полетное время, ориентацию по сторонам света, количество спутников в системе GPS и др.);
- - при потере радиосвязи аппарат осуществляет снижение с заранее запрограммированной скоростью или возвращается в точку старта по GPS;
- - осуществлять полеты с поверхности для взлета, находящейся на высоте до 2 тыс. метров над уровнем моря;
- - аппарат может иметь мобильную конструкцию (примерно 30x30x50 см в сложенном состоянии), позволяющую привести его в рабочее состояние из походного за 1-5 минут;
- - система передачи видео-изображения с борта мультикоптера может обеспечить контроль оператором территории, по которой осуществляется полет, а также обеспечить наведение объектива установленной на аппарате камеры на объект съемки;
- - конструкцией аппарата может быть предусмотрена возможность компенсации подвесом фото-, видеооборудования наклона летающей платформы в 2-3-х направлениях, для обеспечения горизонтальности снимков, а также кругового поворота подвеса камеры (полезной нагрузки). Во время полета оператором возможно осуществление наклона камеры вниз и вверх, а также осуществление поворота подвеса камеры вокруг собственной оси;

## Способы использования мультироторных БПЛА

- **Видео и фотографирование с воздуха.**
- Мультикоптер может быть использован как дешевое и безопасное средство для получения фото и видео изображений с воздуха для многих целей, таких как:
  - снимки археологических участков;
  - видео и фотографии для топографической съемки как GoogleEarth или Maps;
  - снимки с воздуха актуальных новостей и событий для размещения в различных сервисах, таких как YouTube;
  - инспекция крыш и труб;
  - снимки для создания 3D поверхностей (позиционирование камеры осуществляется при помощи возможностей основной платы);
  - контроль популяций диких животных;
  - контроль условий сельскохозяйственных угодий (полей).
- Основная плата мультикоптеров обеспечивает управление подвесом камеры для получения стабильных снимков.
- **Полетно-измерительная платформа**
- Без пилота на борту, мультикоптер может летать в места и на территории небезопасные для человека:
  - загрязненные радиоактивным излучением;
  - химически загрязненные;
  - с загрязнением воздуха.
- **Помощь в обеспечении безопасности.**
- В случаях естественных или технологических катаклизмов, на территорию которых доступ людей ограничен в связи с пожаром, наводнением или землетрясением, мультикоптеры, как любые беспилотные аппараты, способные нести видеокамеру, могут быть использованы в качестве воздушной разведки для помощи в обследовании и нахождении потерпевших, а также для координации спасательных действий.
- Небольшой полезный груз, который могут нести мультикоптеры – еда, медицинские препараты и др. могут быть с помощью мультикоптеров переправлены людям, доступ спасателей к которым ограничен, а использование вертолетов невозможно и опасно.
- Мультикоптеры могут обеспечивать мобильный беспроводной доступ к удаленным местам. Для этого необходимо использовать два мультикоптера, для обеспечения непрерывного обслуживания (с поочередной сменой и зарядкой батарей).
- Имеется много других случаев, при которых снимки с воздуха, таких объектов как лесные и другие большие пожары, происшествия могут быть полезны для поддержки служб спасения и документирования нанесенного ущерба.
- **Строительство.**
- Мультикоптеры могут быть использованы для протяжки первых тонких веревок через реки и каньоны, которые потом будут использованы для натяжения крепких мостовых тросов.
- Установка объектов.
- Возможные способы использования:
  - установка отражателей радаров на лед для более легкого обнаружения льдин кораблями;
  - исследование кратеров вулканов и размещение сенсоров предупреждения об извержениях.
- **Информирование:**
- В случае недоступности обычных каналов информирования населения, мультикоптеры могут применяться в качестве альтернативного способа информирования. Для примера: «Не пейте воду из этой реки – заболаете!». Для этого необходимо загрузить мультикоптеры листовками, которые они поднимут и донесут до необходимого места, после чего сбросят их в нужном месте.
- **Военная сфера:**
- Все вышеперечисленные возможности также применимы в военной сфере

Спасибо за внимание

