

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

N.Gavrushin@gmail.com

Bataevm@gmail.com

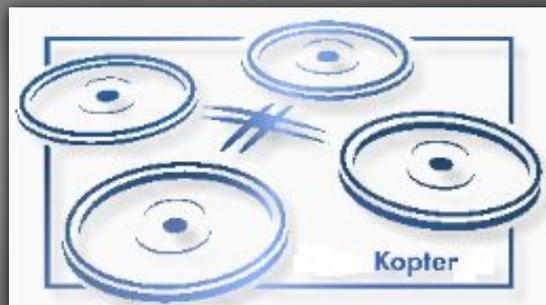
тел.:

+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	БПЛА вертолетного типа	Космические реактивные аппараты

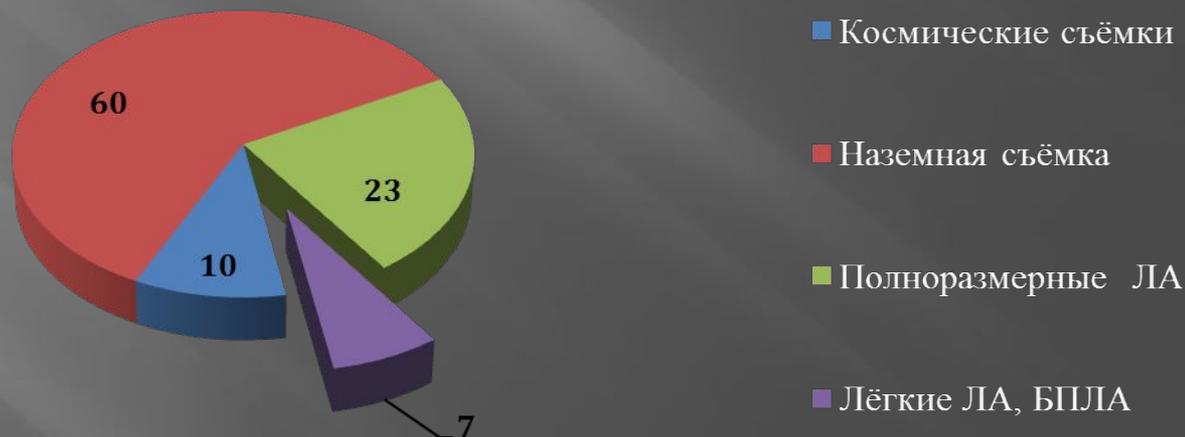
Классификация БПЛА в РФ включает следующие категории (классы):

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.

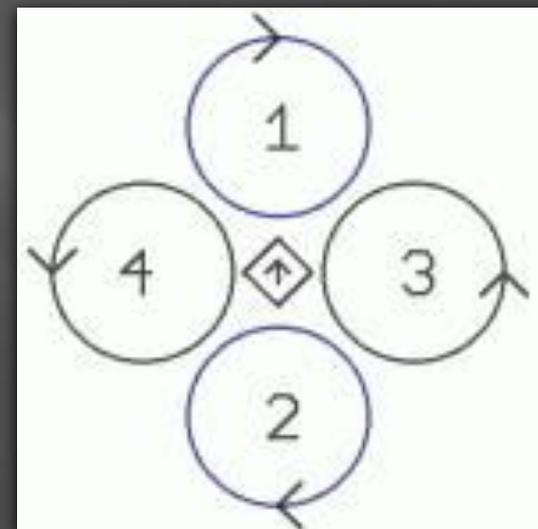
Рынок геоинформатики и дистанционного зондирования состоит из космической съёмки, наземной съёмки, съёмки с полноразмерных летательных аппаратов (ЛА), съёмки с легких ЛА в т.ч. БПЛА. На российском рынке оказания услуг в сфере аэрофотосъёмки наблюдается высокий уровень конкуренции.

Доли рынка геоинформатики%



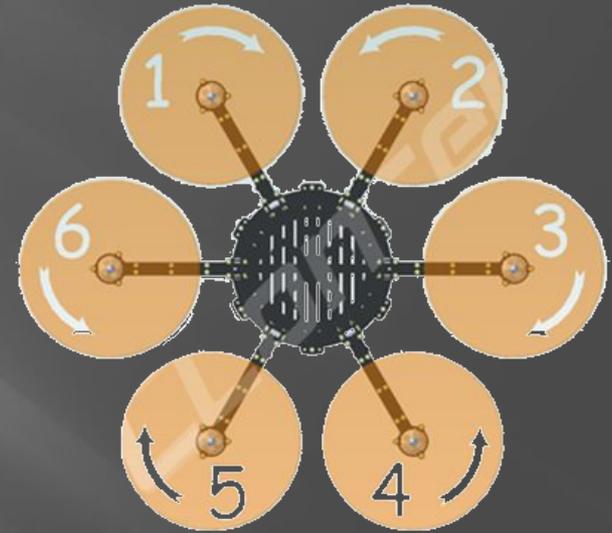
БПЛА вертолетного типа

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



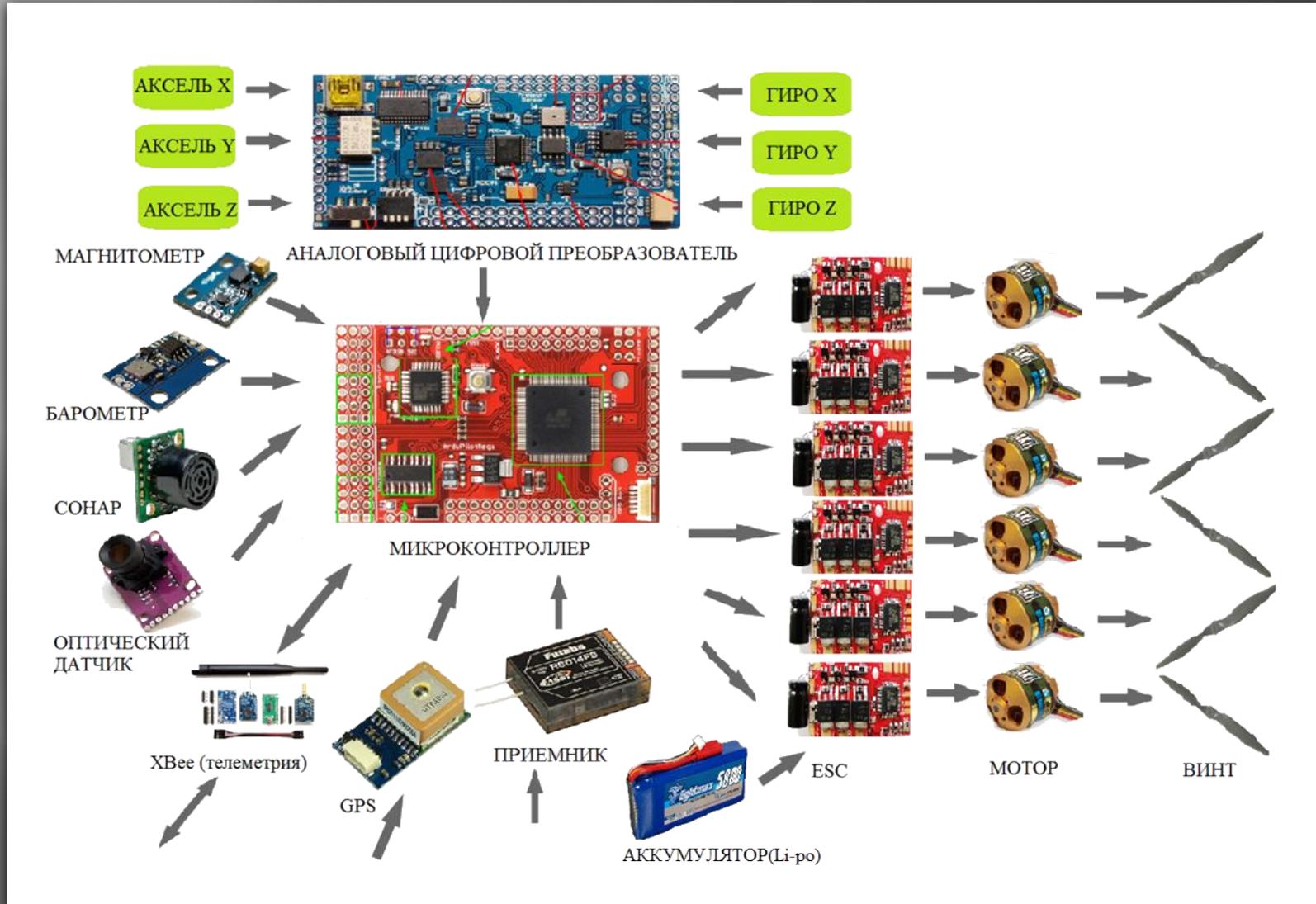
РЕЖИМЫ ПОЛЕТА

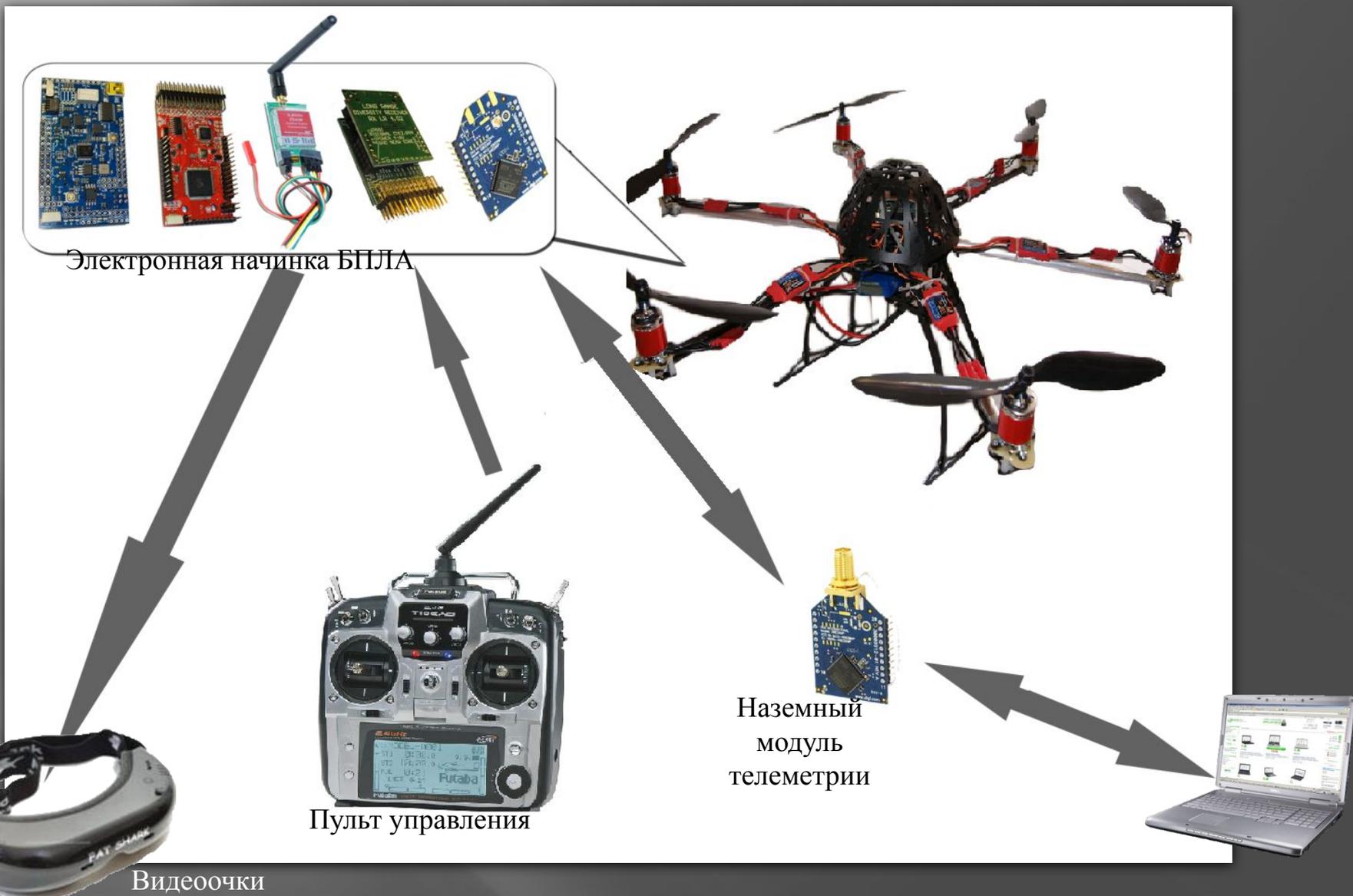
- Ручной (без стабилизации)
- Ручной (со стабилизацией)
- Удержание высоты
- Удержание позиции
- Круговой облет вокруг точки
- Полет в заданную точку
- Полет в автоматическом режиме по заданному маршруту
- Автоматический взлет / посадка

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

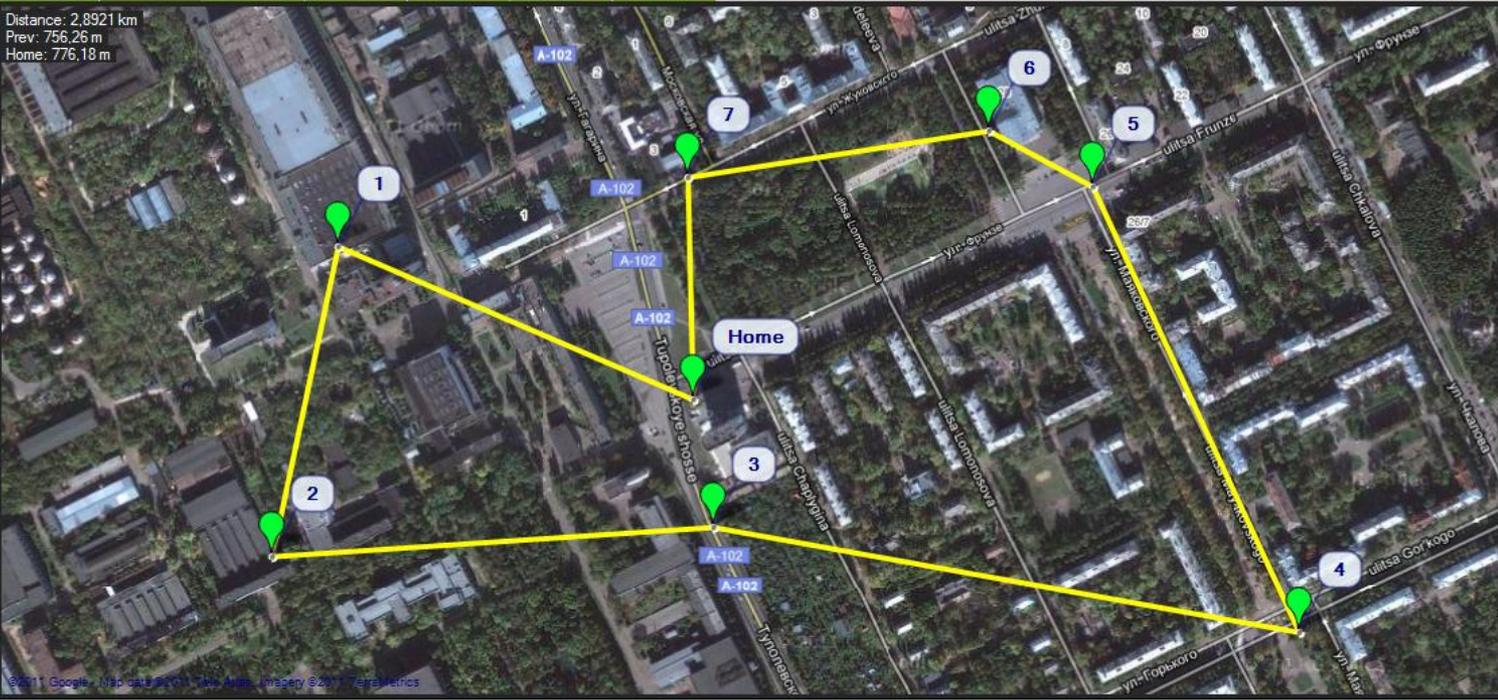
Terminal

Help

ArduCopter2 | 57600 | Connect

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

Zoom Action >>



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	⬆	⬇

Mouse Location

Lat 55.59735922 | Long 38.12590599 | Alt 0

GoogleHybrid | Status: loaded tiles

Load WP File | Save WP File | Read WPs | Write WPs

Home Location

Lat 55.59557700 | Long 38.11397552 | Alt (abs) 110

№ 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, °C	-25°.. +50°C	-25°.. +50°C	-20°.. +50°C
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



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 пульта 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 возвращаться 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

