

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ
УПРАВЛЕНИЯ И
КОММЕРЦИИ



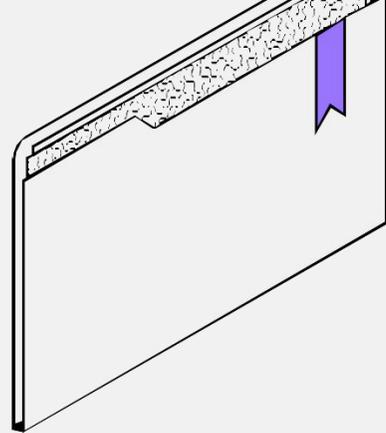
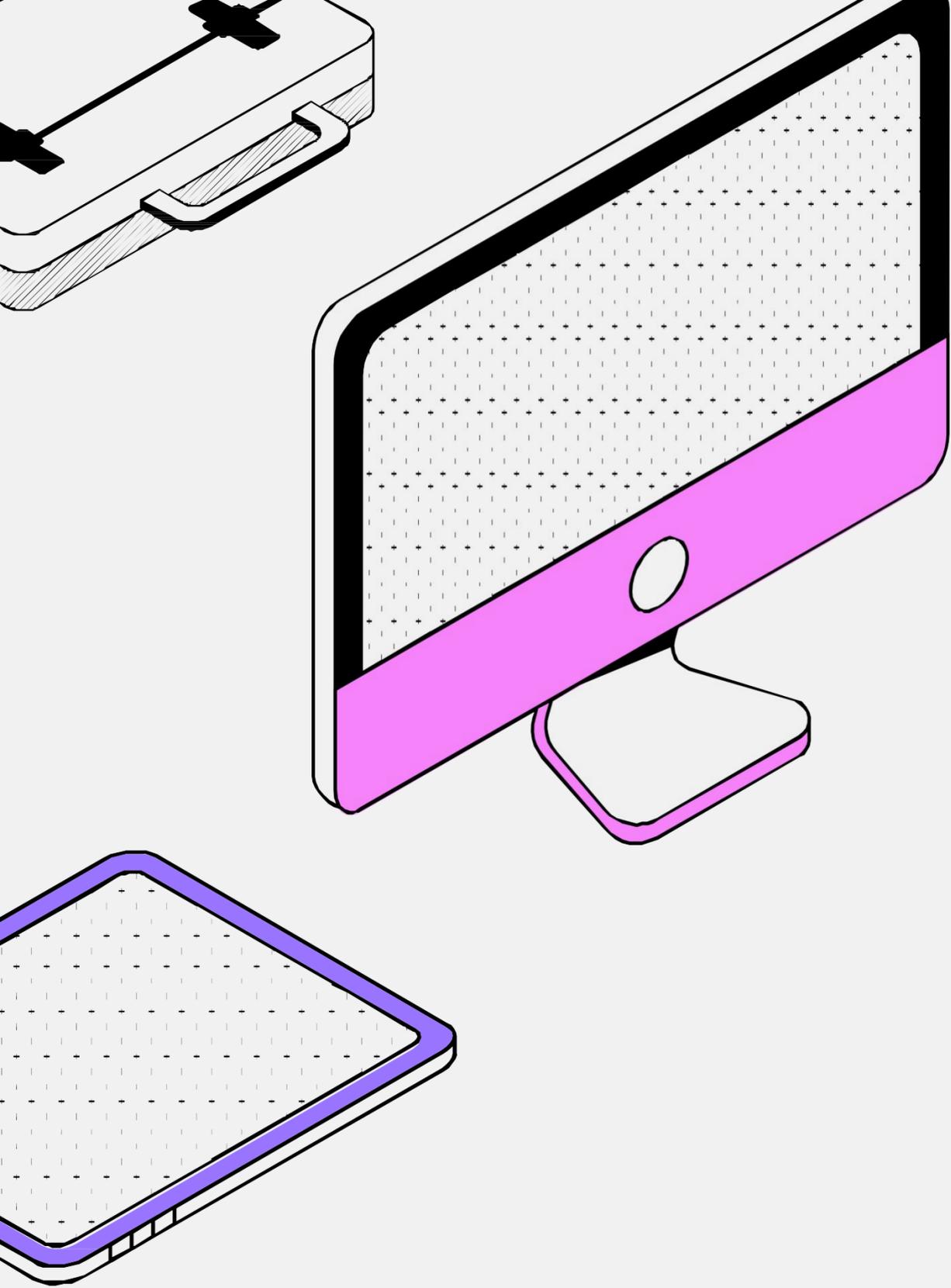
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.
И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)



Введение: инструктаж, знакомство



ЛАХМЕНЕВ АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ, ИНЖЕНЕР, ОПЕРАТОР БПЛА
СЫЧЕВ АЛЕКСАНДР МАКСИМОВИЧ, ЛАБОРАНТ, ОПЕРАТОР БПЛА
ОВЧАРЕНКО АЛЕНА ИГОРЕВНА, ЛАБОРАНТ



Инструкция по ТБ и ОТ

Принятые сокращения

Умные дома и города

Повышение уровня безопасности, качества освещения, звука и многое другое.

Беспилотные автомобили

Автономные транспортные средства будут лучше предвидеть опасности, взаимодействовать с другими автомобилями, видеть знаки и следовать картам.

Улучшенный потоковый стриминг и развлечения

Благодаря неограниченной емкости и коротким задержкам каждый сможет наслаждаться более быстрой и качественной потоковой передачей, иммерсивным опытом и мультисенсорным контентом.

Принятые сокращения

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ВПП – взлетно-посадочная полоса

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ЛА – летательный аппарат

РЭБ – радиоэлектронная борьба

ТРД – турбореактивный двигатель

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА)*

Это ЛА, не имеющий экипажа на борту.



DJI Phantom 4 — гражданский БПЛА компании DJI (Китай)

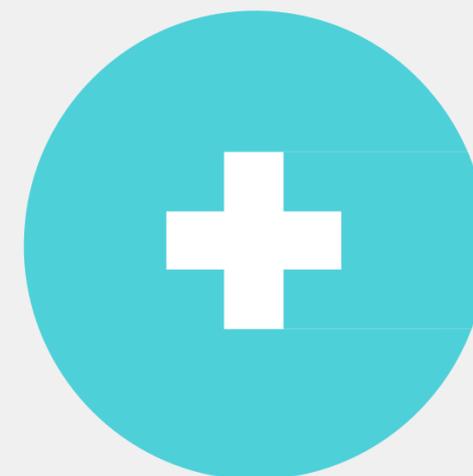
* Еще называют дрон (от англ. drone — трутень)

Достоинства и недостатки

The image features a dark background with the title 'Достоинства и недостатки' in white. Below the title, there are several horizontal lines of varying shades of gray and white, extending across the width of the page.

Достоинства

- нет опасности для жизни пилота
- меньше стоимость, чем у пилотируемых
- ЛА меньший расход топлива из-за
- малого веса
- можно использовать альтернативные источники энергии (солнечные батареи)

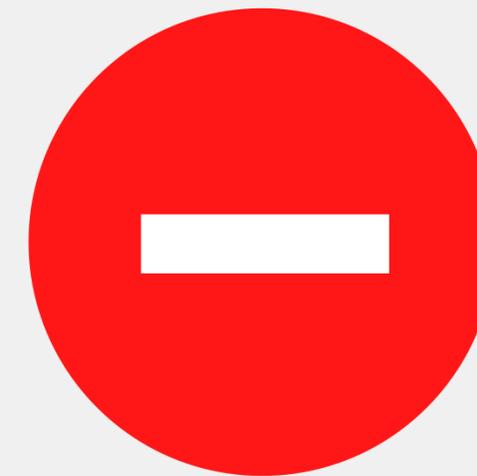


длина взлетно-посадочной полосы не более 600 м

Parrot AR.Drone 2.0, 2010 г.
Скорость до 18
км/ч Высота до
120 м Время полета
до 12 мин. Дальность . . .
. . . до 120 м Вес max.
. . . 0,42 кг Стоимость
. . . 30 млн. \$

Недостатки

ВОЗМОЖНОСТЬ
подавления или
перехвата
управления



MQ-1 Predator (США), 1994
г. Скорость до
217 км/ч Высота
до 8 км Время полета
до 40 ч.
Дальность до
740 км Вес max.
1020 кг Грузоподъемность .
. 1700 кг Стоимость
≈4 млн. \$

По назначению:

- научные;
- прикладные: военные (ударные);
- гражданские.

MQ-9 Reaper (США), 2001 г.

Скорость до 400

км/ч Высота 15

км

Время полета до 28 ч.

Дальность до 6

тыс. км Вес тах.

4760 кг Грузоподъемность .

. 1700 кг Стоимость

. 30 млн. \$



По массе:

- «микро» - до 10 кг, время полёта \approx 1 ч, высота до 1 км
- «мини» - до 50 кг, \approx 3 ч, до 5 км
- средние («миди») - до 1 т, \approx 12 ч, до 10 км
- тяжёлые - свыше 1 т, \approx 24 ч, до 20 км

Eagle Eye (США), 1997 г.

Скорость до 322 км/ч
Высота 6 км
Время полета до 5 ч.
Дальность до 260 км
Вес max. 1360 кг
Грузоподъемность 450 кг



По типу управления:

- управляемые автоматически
- управляемые оператором с пункта управления
- (ДПЛА) гибридные

Northrop Grumman X-47B (США),
2011 г. Скорость до 990
км/ч Высота до 12,2
км
Время полета до 80 ч.
Дальность до
3900 км Вес max.
20 215 кг Грузоподъемность .
. 2000 кг



По принципу полета:

- с жестким крылом (самолетного типа)
- с гибким крылом
- с вращающимся крылом (вертолетного
- типа) автожиры
- конвертоплан
- ы
- мультикоптер
- ы
- с машущим
- крылом
- аэростатические
- гибридные

С жестким крылом:

Подъемная сила создается напором воздуха, набегающего на неподвижное крыло.

Отличаются большой длительностью и высотой полета, высокой скоростью.

Proteus (Scaled Composites, США).
Есть пилотируемый и беспилотный варианты. Тандемное расположение крыльев.



Длина 17,1 м, размах крыльев 28 м, высота до 16 км, нагрузка 3,2 т, взлетная масса 5,6 т, максимальная скорость 520 км/ч, длительность полета до 18 ч.

Силовая установка – два ТРД тягой по 10,2 кН.

С жестким крылом:

Существует много БПЛА самолетного типа. компоновки самолета, которые встречаются в авиации, есть и в беспилотной.

Практически все в пилотируемой

RQ-4 Global Hawk (Northrop Grumman, США). В носовой части фюзеляжа размещено радиолокационное, оптическое и связное оборудование. Изготовлен из углеволокна и алюминиевых сплавов



Длина 13,5 м, размах крыльев 35 м, высота до 18 км, нагрузка 900 кг, взлетная масса 15 т, максимальная скорость 640 км/ч, длительность полета до 30 ч. Силовая установка – ТРД тягой 34,5 кН.

С жестким крылом:

В качестве движителей используются тянущие или толкающие винты, а также импеллеры или реактивные двигатели.

Viking 300 (L-3 Unmanned Systems, США).
Полностью из композитных материалов. Оснащен двухтактным ДВС мощностью 25 л.с. с толкающим винтом. Взлет и посадка могут выполняться с неподготовленных поверхностей.



Длительность полета до 10 ч., скорость до 100 км/ч.
Максимальная взлетная масса 144 кг, масса полезной нагрузки 13,5 кг. Радиус действия составляет до 75 км.

С жестким крылом:

Для взлета необходима ВПП, для некоторых типов – стартовые катапульты. Есть также легкие БПЛА, запускаемые «с руки». При посадке может применяться ВПП, парашют или тормозные тросы.



С жестким крылом:

Взлет и посадка – это процессы трудоемкие и затратные, поэтому применяют самолеты вертикального взлета и посадки (СВВП).

Бывают с вертикальным (тэйлситтеры) и с горизонтальным положением фюзеляжа.



Тэйлситтер SkyTote (AeroVironment, США, 2006)

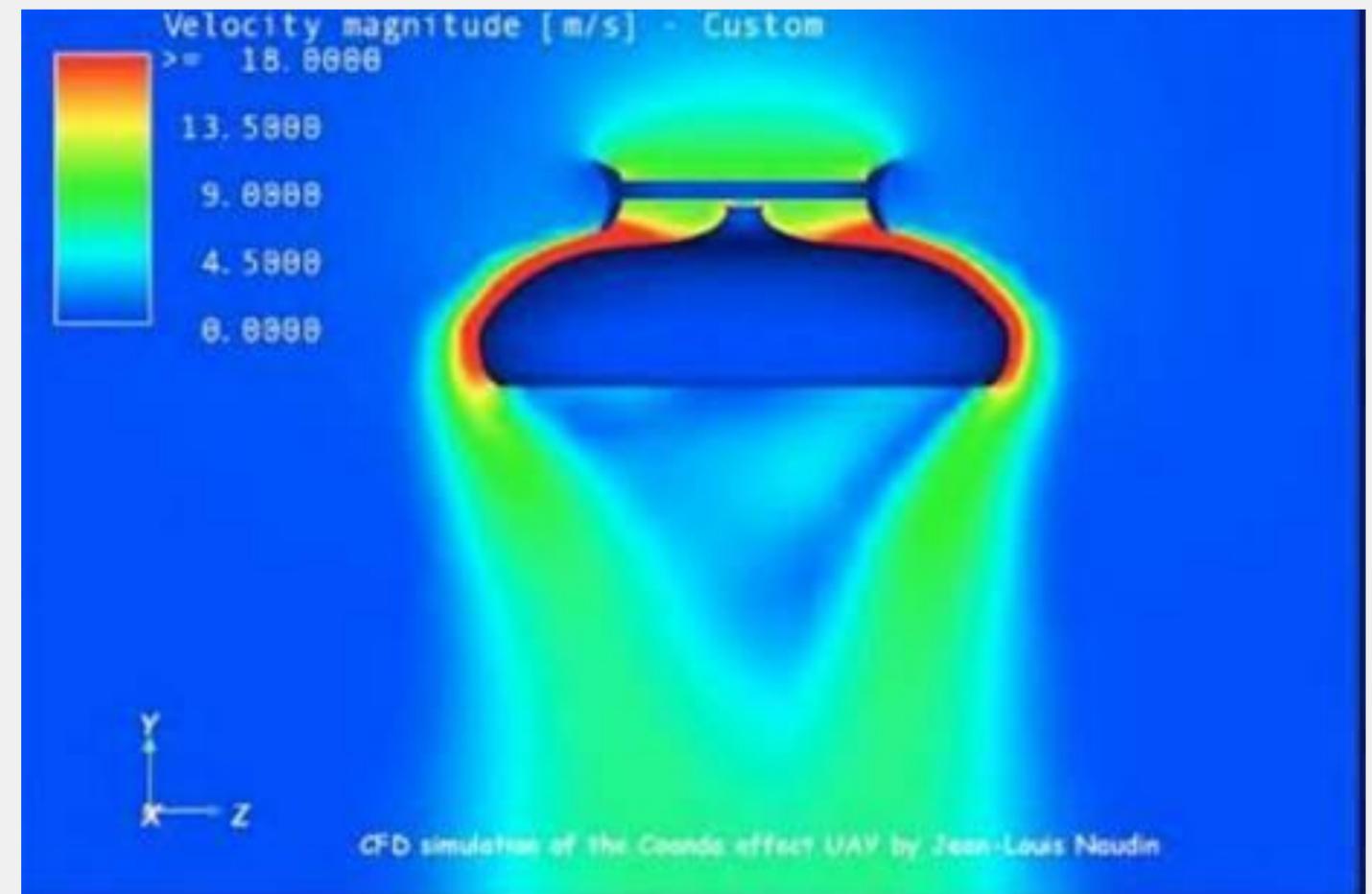


BattleHog 100x
(American Dynamics, США, 2006)

С жестким крылом:

Также существуют БПЛА с жестким зонтообразным крылом, использующие эффект Коанды.*

Над крылом установлен вентилятор или реактивный двигатель, создающий поток воздуха, выходящий через узкую щель и настилающий криволинейную поверхность.



*Анри Коанда – румынский учёный, обнаруживший этот эффект в 1932 г.

С жестким крылом:

В Великобритании фирмой AESIR испытан БПЛА Emblar. Корпус – из углепластика. Привод вентилятора – электромотор. Время полета до 10 мин. Управление рысканьем – с помощью заслонок в выходной щели вентиляторного канала, управление креном и тангажом – с помощью четырех закрылков у кромки зонтообразной поверхности.



С жестким

крылом.
Также компания AESIR объявила о построении крупного БПЛА Hoder. Он будет иметь 2 вентиляторных двигателя, приводимых от ДВС. Угол расположения лопаток вентиляторов регулируемый для управления полетом. Собственная масса 1500 кг, масса полезной нагрузки 500 кг. Продолжительность полета до 8 ч.



С гибким крылом:

Это дешевые и экономичные ЛА, в которых используется не жесткое, а гибкое (мягкое) крыло из ткани, эластичного или композитного полимерного материала.

Среди них можно выделить:

- моторизованные парапланы;
- моторизованные



БПЛА вертолетного типа:

Одновинтовая схема наиболее распространена.

Достоинства: простота конструкции и системы управления.

Недостатки: большие габариты; потеря мощности на рулевом винте (до 10%); уязвимость рулевого винта при полете у земли.

Вместо рулевого винта может быть фенестрон или система NOTAR.



RQ-8A Fire Scout (Northrop Grumman, США, 2005)



KO AX X-240 (Swiss UAV, Швейцария, 2010)

БПЛА вертолетного типа:

Двухвинтовая поперечная схема:

Достоинства: симметрия схемы; экономичность; высокая грузоподъемность. Недостатки: сложность конструкции; необходима синхронизация винтов; лобовое сопротивление фермы, поддерживающей крыло.

дополнительная масса и



Автожиры:

Вместо крыла используется свободно вращающийся винт. Есть также маршевый тянущий (толкающий) винт, который сообщает автожиру горизонтальную скорость.



Беспилотный автожир «Химик» (Россия, 2012)

Конвертопланы:

ЛА с поворотными винтами, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте – как тянущие.



Smart с поворотными винтами типа Tiltrotor (Южная Корея, 2011)



AD-150 с поворотными импеллерами (American Dynamics, США, 2008)



Tiltwing на вертикальном взлете (GH Craft, Япония, 2008)

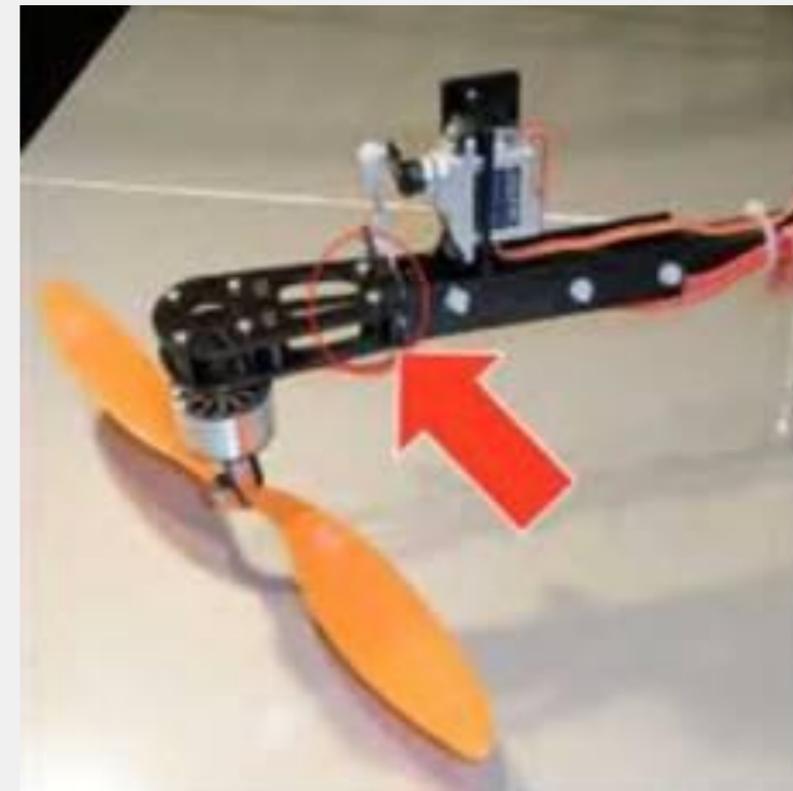


Spirit - БПЛА типа Freewing (Flight Technologies, США)

Мультикоптеры:

Имеют больше двух несущих винтов.

Трикоптер обычно движется двумя винтами вперед, а третий является хвостовым. Первые два винта имеют противоположные направления вращения и взаимно компенсируют реактивные моменты, у хвостового винта пары нет, поэтому для компенсации реактивного момента ось вращения этого винта немного наклоняют в сторону, противоположную направлению закручивания.



Трикоптер и сервопривод отклонения его хвостового ротора

Мультикоптеры:

Однако есть другие схемы, в которых корпуса всех двигателей жестко зафиксированы на своих местах. Причем все двигатели имеют симметричные им относительно горизонтальной плоскости двигатели с толкающими винтами, направленными вниз. Управление курсовым углом осуществляется изменением частоты вращения винтов.



У6-коптер

Мультикоптеры:

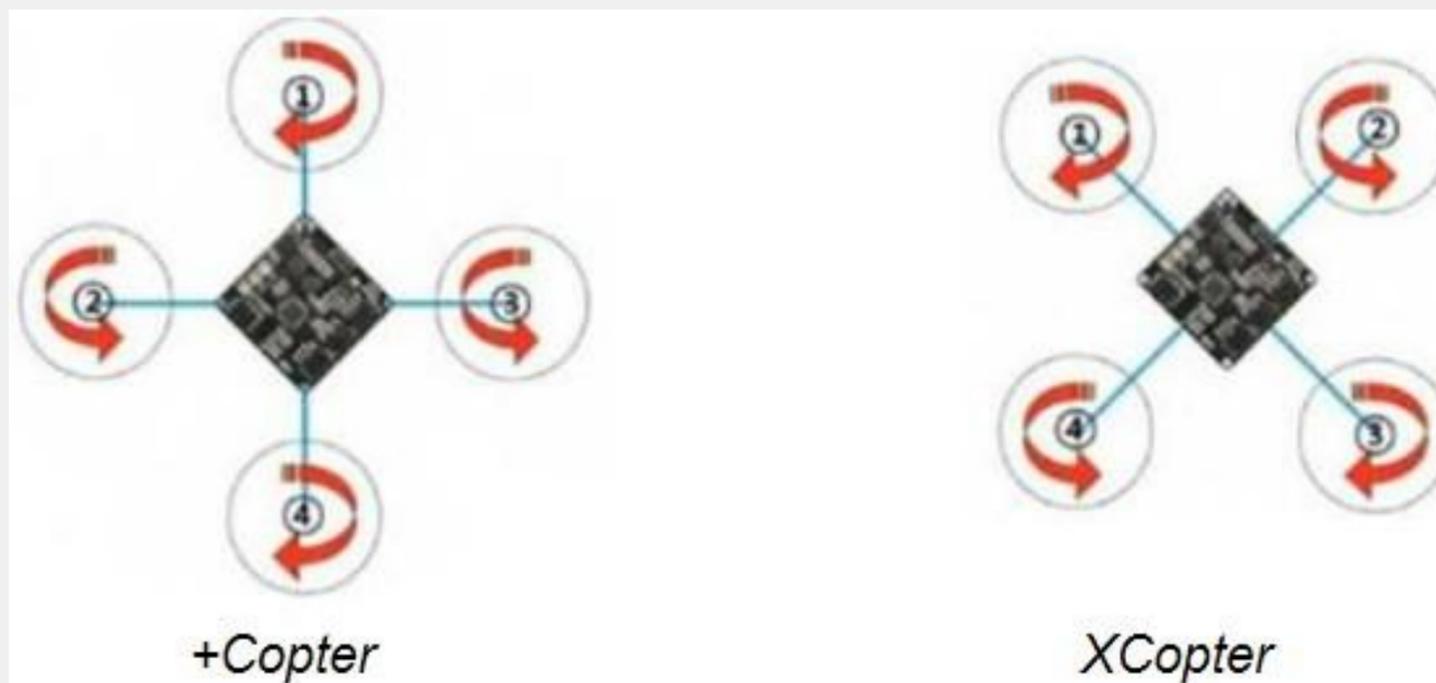
Квадрокоптер – самая распространенная среди мультикоптеров схема. Четыре жестко зафиксированных ротора дают возможность организовать довольно простое управление.



Квадрокоптер с видеокамерой

Мультикоптеры:

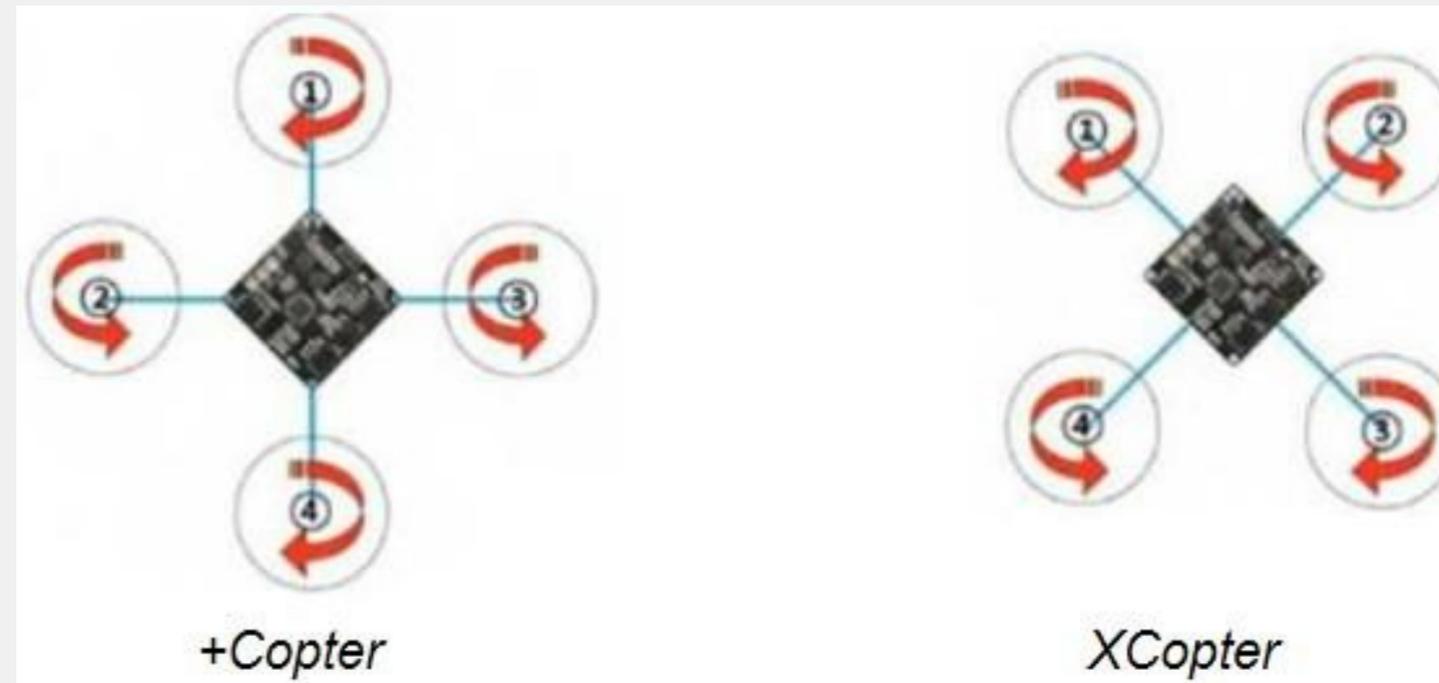
Существуют две схемы управления: схема «+» и схема «х».



В схеме «+» один из роторов является передним, противоположный ему – задним, и два ротора являются боковыми. В схеме «х» передними являются одновременно два ротора, два других являются задними, а смещения в боковом направлении также реализуются одновременно парой соответствующих роторов.

Мультикоптеры:

Существуют две схемы управления: схема «+» и схема «X».



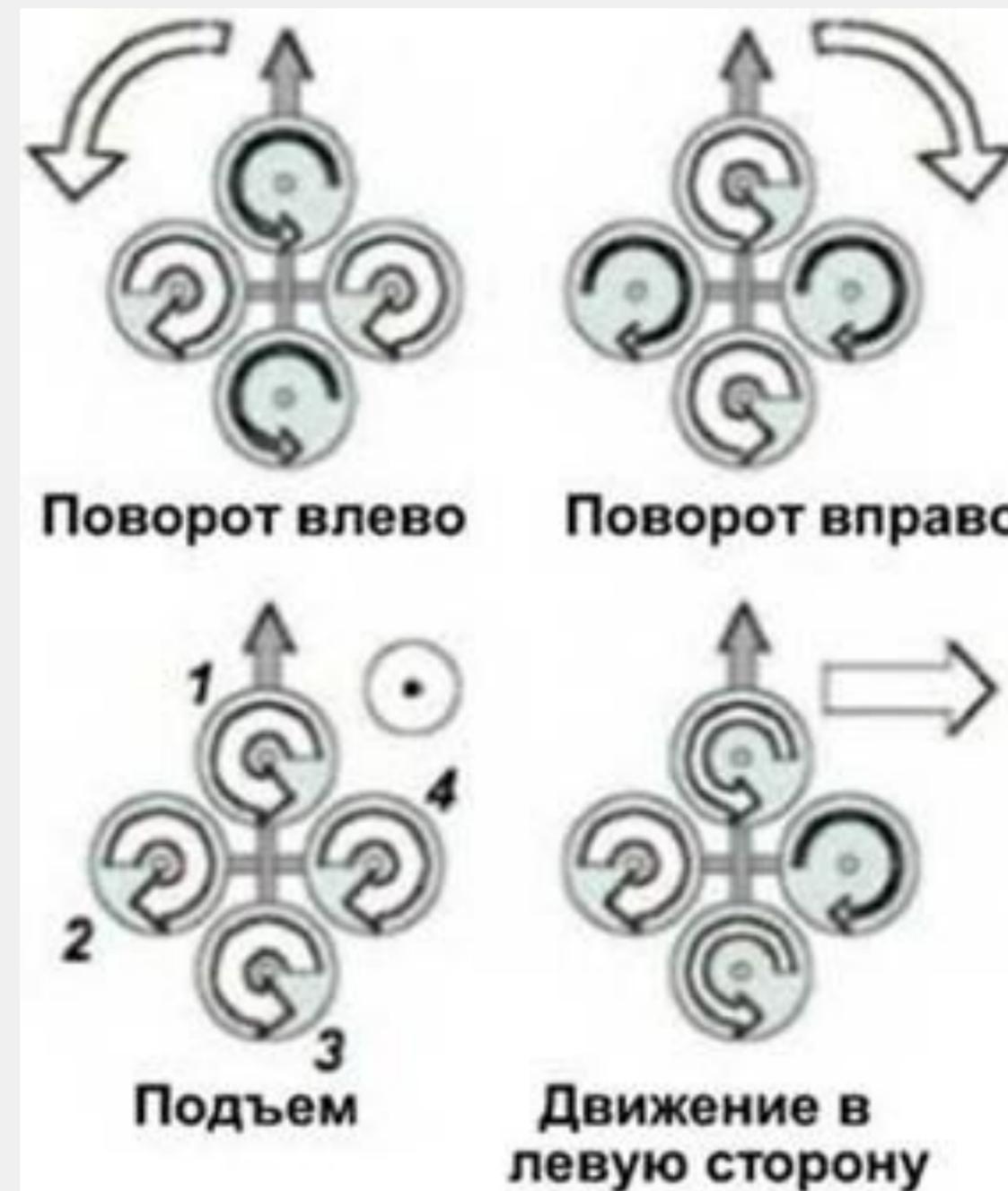
Управление частотами вращения винтов для схемы «+» проще, чем для схемы «X», однако последняя используется все же чаще из-за преимуществ: фюзеляж может иметь вытянутую форму, бортовая видеокамера имеет более свободный обзор.

Мультикоптеры:

Принцип движения квадрокоптера схемы «х»:
«х»:

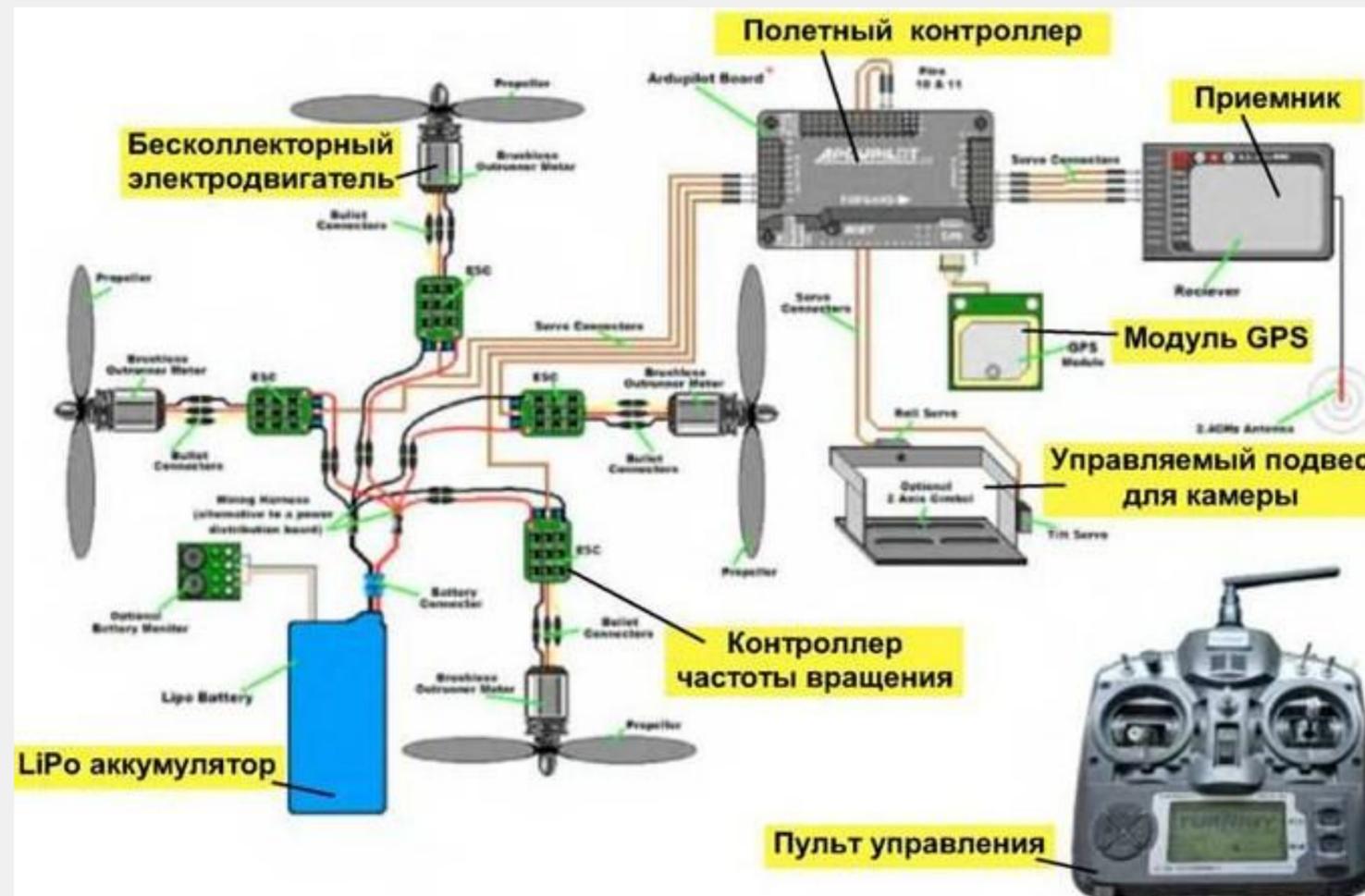
Одна пара винтов вращается по часовой стрелке, другая – против. Если частоты вращения пар одинаковы, то аппарат неподвижен относительно вертикальной оси.

Если увеличить частоту вращения одной пары, а другой – уменьшить на ту же величину (чтобы сохранить общий вертикальный вектор тяги неизменным), то будет поворот влево или вправо вокруг вертикальной оси.



Мультикоптеры:

Оборудование
квадрокоптера:



Команды, принятые приемником, поступают в полетный контроллер в виде широтно-импульсного сигнала. Здесь они с учетом текущей навигационной информации (получаемой от встроенных 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 (ESC – Engine Speed Control).

Мультикоптеры:

Основное назначение мультикоптеров – это фото- и видеосъемка, поэтому их обычно оснащают управляемыми подвесами для камер.

Компоновка оборудования может быть самой различной. Модуль GPS обычно выносят отдельно как

можно дальше от сильноточных цепей. Для защиты пропеллеров предусматривают специальные ограждения.

Для увеличения подъемной силы и повышения живучести часто объединяют на одной балке тянущ



Квадрокоптер с защитой пропеллеров (вверху – GPS- модуль)



Квадрокоптер схемы «х» с совмещенными тянущими и толкающими винтами

Мультикоптеры:

Гексакоптеры и октокоптеры имеют соответственно по 6 и 8 роторов, обладают большей грузоподъемностью по сравнению с квадрокоптерами. Способны устойчиво лететь при выходе из строя одного ротора. Отличаются гораздо меньшим уровнем вибраций, что особенно важно для видеосъемки.



Гексакопте
р

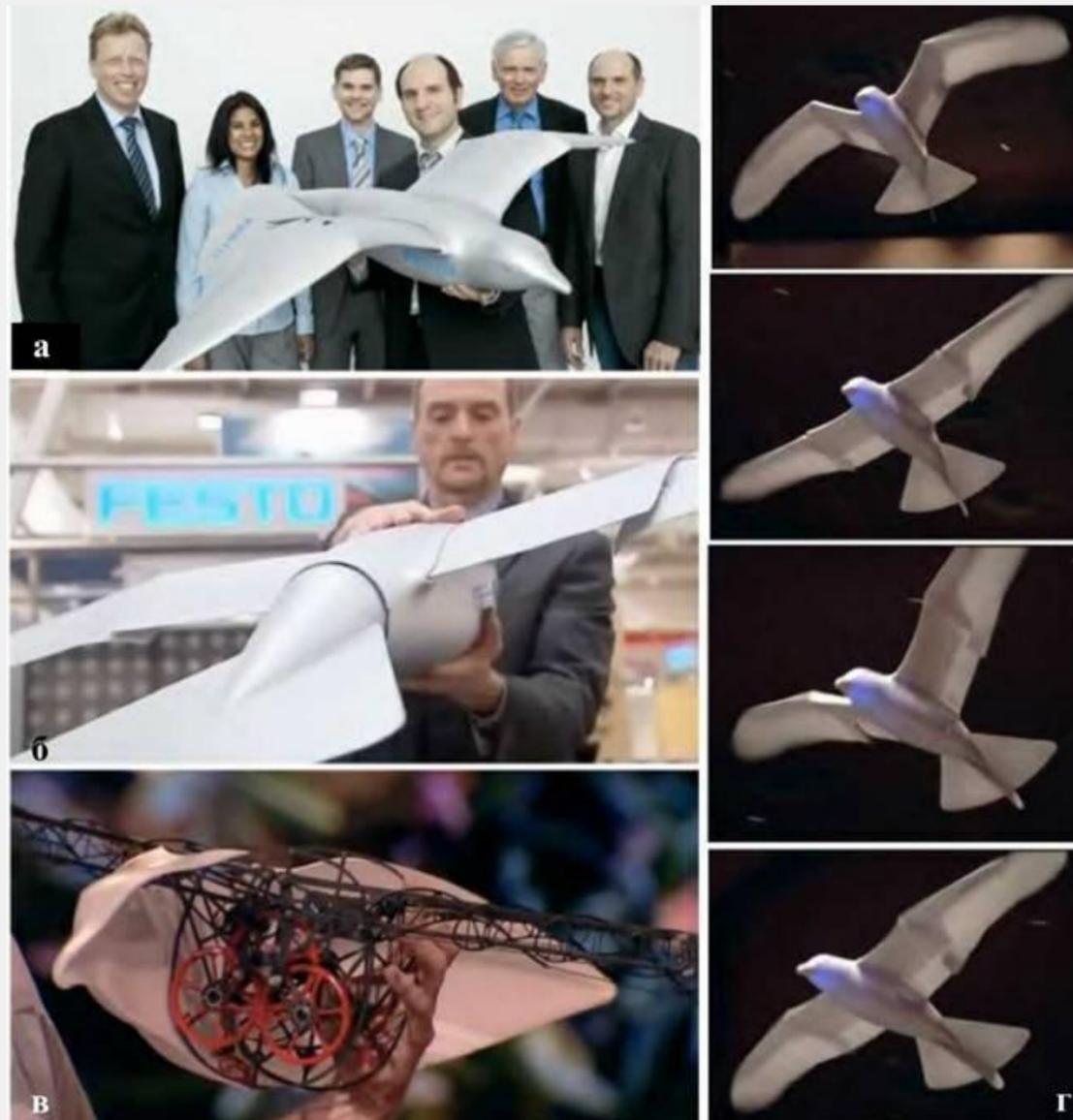


Октокопте
р

С машущим крылом:

Орнитоптеры:

Механическому привод крыльев должен обеспечивать необходимый набор движений и при этом быть простыми и легкими. Кроме махов вверх/вниз, система управления должна реализовывать режим парения, для того, чтобы ЛА мог максимально эффективно использовать набегающие и восходящие потоки воздуха.



Орнитоптер SmartBird (Festo, Германия, 2011) способен не только летать, но и совершать самостоятельные взлет и приземление. Крылья движутся вверх/вниз, а также поворачиваются вокруг собственной оси.

Имеет длину 1 м, размах крыльев 2 м, массу 450 г. Питание – от литий-полимерных аккумуляторов (7,4 В). Потребляемая мощность при маховых движениях всего 23 Вт, в режиме парения еще меньше – 18 Вт.

С машущим крылом:

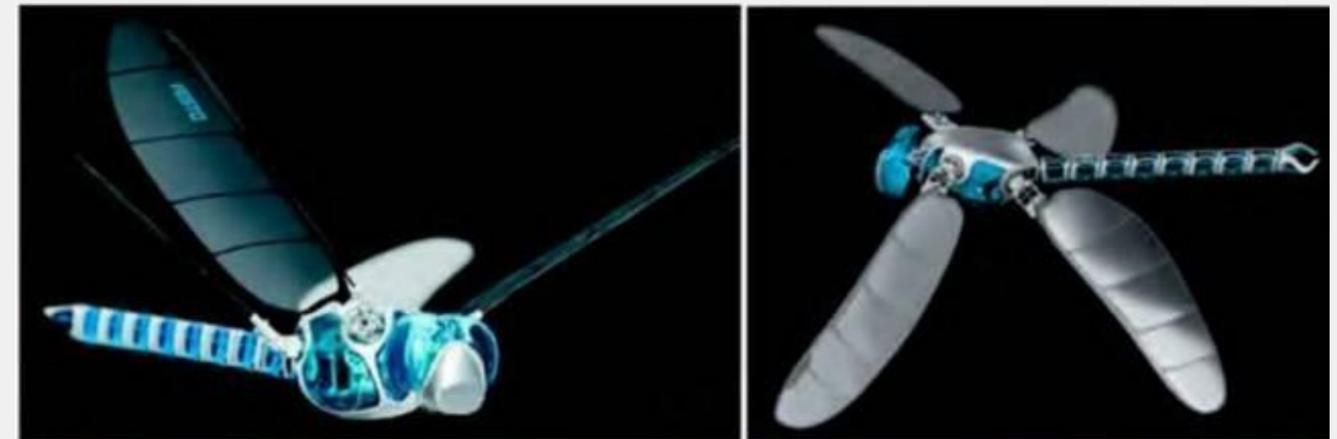
Энтомоптеры:

Подразделяются на имитаторы 4-крылых и 2-крылых насекомых. 4-крылые (стрекозы, бабочки) совершают более сложные движения, маневренность у них гораздо выше.

чем двукрылые,
и

Энтомоптер Bionicopter (Festo Германия, 2013). Длина 44 см, размах крыльев 63 см. Частота взмахов крыла 15..20 Гц. Масса 175 г. Питание – от Li-Po аккумулятора 7,4 В.

Крылья выполнены из углеродного волокна и полиэфирной плёнки. Управляется от смартфона. Имеет встроенный ARM-микроконтроллер для стабилизации полёта. Оснащен одним основным электродвигателем и восемью сервоприводами. Имеется набор сенсоров для предотвращения столкновений.

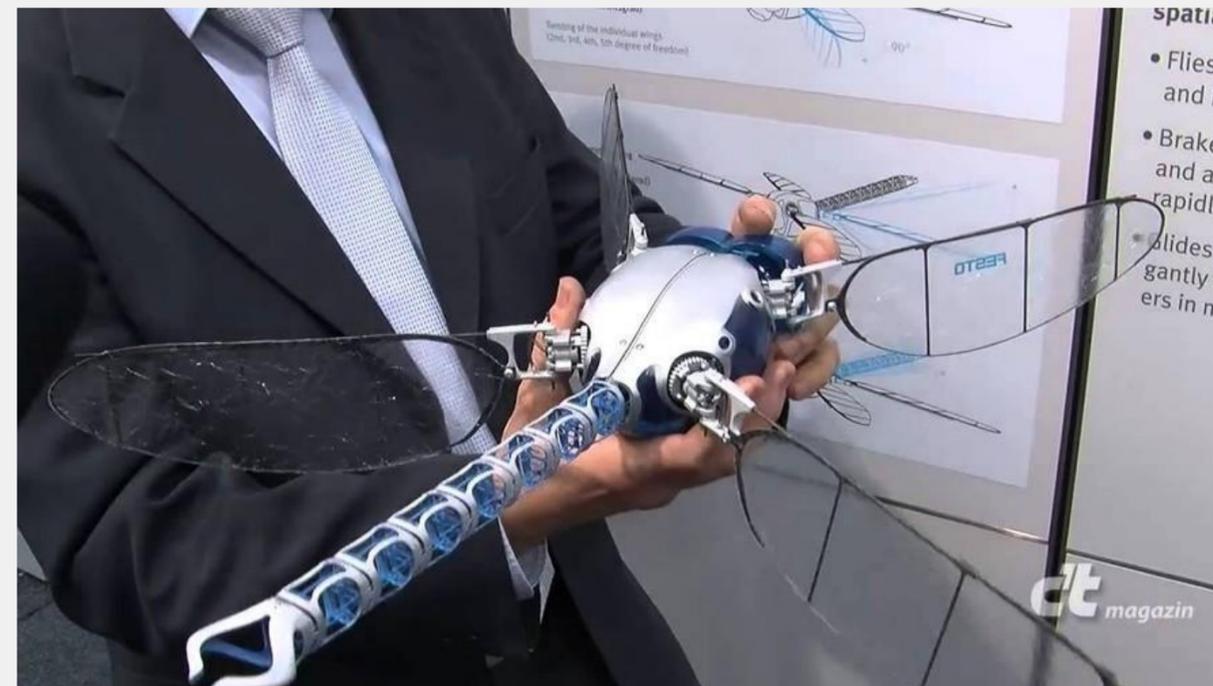


С машущим крылом:

Энтомоптеры:

Каждое крыло BionicOpter, кроме маховых движений, может совершать вращательные движения вокруг своей оси и угловые перемещения в горизонтальной плоскости. Кроме того, хвостовая часть может изгибаться, меняя положение центра тяжести.

Аппарат очень маневренный, может мгновенно зависать на месте и перемещаться в любую сторону, не изменяя угла тангажа.



Аэростатические:

Полужёсткие дирижабли имеют в нижней части оболочки жесткую ферму.

Дирижабль ДП-27 «Анюта». Дисквидная форма обеспечивает устойчивость к боковому ветру, простоту управления и высокую маневренность. Диаметр 17 м объём оболочки 522 м³, грузоподъёмность 200 кг, высота полет до 800 м.

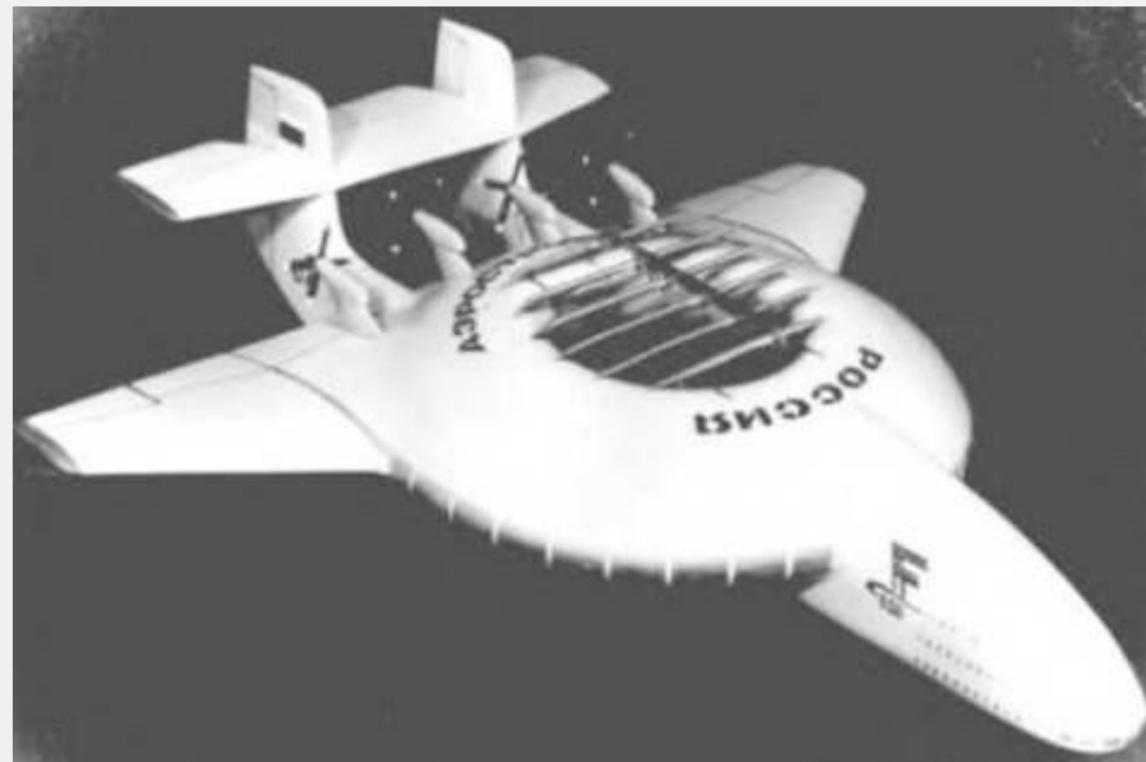
С помощью 4 двигателей по 25 л.с. развивает скорость до 80 км/ч, бензобак объемом 40 л, дальность полета до 300 км.



Гибридные

Проект БАРС - гибрид дирижабля, самолета, вертолета и судна на воздушной подушке (СибНИИА и ОАО «Тюменьэкотранс», Россия) .

Были исключены такие недостатки дирижабля, как парусность, сложная система обслуживания; самолета – необходимость в аэродроме; вертолета – небольшая дальность и дороговизна перевозок. Обеспечено безаэродромное базирование и эксплуатация с любой ровной поверхности (воды, болота, снега, грунта). Сохранение элементов самолета (крыло) и дирижабля (подъемный газ) обеспечило большую грузоподъемность (до 500 т), скорость (до 300 км/ч) дальность (до 4500 км) и высокую экономичность перевозок.



Гибридные

Гибрид дирижабля и дельтаплана (Nimbus, Италия, 2013).

Достоинства: легкость, экономичность, способность летать на низких скоростях, бесшумность, простота транспортировки, низкая стоимость.

Недостаток: невозможность полета при сильном ветре.



Гибридные

R-791 – гибрид самолета и дирижабля (Lockheed Martin, США, 2010). Разрабатывается в пилотируемом и в беспилотном вариантах. Для взлёта необходима ВПП. Для надёжной посадки используются 4 воздушные подушки-присоски. Обладает большой грузоподъёмностью – до 1000 т (проект «Морж» Walrus).



Области применения

The image features a dark background with the text 'Области применения' in white. Below the text, there are several horizontal lines of varying shades of gray and white, extending across the width of the page.

Прикладные:

Военные:

- наблюдательные
- разведывательны
- е ударные
- разведывательно-
- ударные
- бомбардировочные
- истребительные (для уничтожения воздушных
- целей)
- радиотрансляционны
- е РЭБ

транспортные

БПЛА-

мишени

многоцелевы

Прикладные:

Гражданские – разделены на 5 групп:

1. Мониторинг и подобные задачи:

- видеонаблюдение с целью охраны различных
- объектов; мониторинг лесных массивов службой
- лесоохраны; патрулирование заданных зон
- полицией;
- наблюдение за движением на железных и шоссейных дорогах, контроль
- судоходства; наблюдение за посевами фермерами и предприятиями с/х;
- контроль рыбного промысла;
- картографирование земной
- поверхности;
- разведка и составление планов помещений внутри опасных
- зданий; поиск полезных ископаемых;
- мониторинг нефтегазовых объектов, особенно
- трубопроводов; инспектирование строек;
- видео- и фотосъемка труднодоступных промышленных
- объектов; радиационная и химическая разведка на опасных
- территориях; метеорологические наблюдения;
- экологический мониторинг атмосферы и поверхности водоемов;
- мониторинг опасных природных явлений (извержений вулканов, лавин и т.п.); оценка результатов стихийных бедствий и ликвидации их последствий;
- наблюдение за дикими животными в заповедниках.

Прикладные:

1. Презентации, реклама, развлечения, творчество:

- видео- и фотосъемка объектов архитектуры, природы, бизнеса, а также массовых мероприятий с целью презентации или рекламы;
- использование БПЛА в качестве носителей рекламы;
- использование малых БПЛА в учебных целях в школах и вузах;
- авиамоделизм и авиаконструирование для многочисленных любителей; использование БПЛА в качестве арт-объекта или объекта развлечения



Прикладные:

1. Доставка грузов и подобные задачи:

- доставка почты;
- доставка инструмента, комплектующих и материалов на строительные объекты;
- монтаж различных конструкций;
- выполнение или обеспечение ремонтных работ на труднодоступных объектах;
- распыление химикатов и внесение удобрений на полях;
- прокладка кабеля в опасных зонах;
- доставка продуктов, горючего, запчастей, источников питания и т.д. в труднодоступные районы для обеспечения альпинистов, туристов, экспедиций;
- сброс маркеров (световых, радиоизлучающих) для обозначения каких-либо объектов;
- доставка медикаментов и медоборудования в зоны аварий и катастроф;
- эвакуация пострадавших из зоны бедствия;
- эвакуация дорогостоящих материальных ценностей из опасных зон;
- доставка спасательных средств терпящим бедствие на воде;
- сброс взрывных устройств в горах для организации превентивного схода лавин;
- дозаправка или подзарядка автономно работающих труднодоступных устройств (буев, маяков, метеостанций, ретрансляционных станций и так далее).

Прикладные:

1. Ретрансляция сигналов и подобные задачи:

- ретрансляция радиосигналов с целью увеличения дальности действия каналов связи;
- использование БПЛА в качестве носителей осветительного оборудования;
- установка на борту громкоговорителей для воспроизведения команд, музыки и т.п.;
- использование БПЛА для генерации или отражения лазерного луча.

2. Управление поведением живых объектов:

- использование БПЛА в качестве «пастуха» – управление передвижением табунов лошадей, отар овец и т.д.;
- отпугивание стай птиц от аэродромов.

Фильмы к просмотру:

1. Дроны. Нашествие беспилотников
2. Дроны. Революция в небе
3. 15 самых крутых дронов
4. 10 самых маленьких дронов в мире