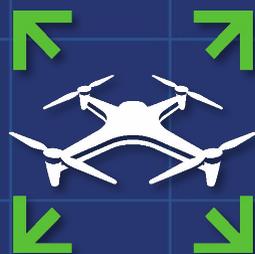




Всероссийский конкурс  
«КАДРЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. СОЗДАНИЕ ЗАКОНЧЕННЫХ  
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ В РЕЖИМЕ СОРЕВНОВАНИЙ  
«КИБЕРДРОМ»



**Кибердром** 2022

Название предприятия, учреждения

Модуль: ВВЕДЕНИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ»

Название темы: Устройство и конструкция БПЛА. Обзор существующий  
решений.

Преподаватель: Бакустина Маргарита Игоревна, руководитель группы разработки  
и сопровождения образовательных мероприятий



Москва, 2022





1. Классификация БПЛА по конструкции
2. Проблематика осуществления полётов.
3. Конструктивные отличия БПЛА разных типов
4. Обзор все существующих конструкторских решений БПЛА для разных задач (с точки зрения аэродинамики).

# Цель занятия



Кибердром<sup>2022</sup>

МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ

1. Обзор современных БПЛА с точки зрения конструкторских решений.
2. Исследование конструктивных особенностей БПЛА каждого типа.



# Согласование полётов

Для осуществления полетов дронов и квадрокоптеров необходимо получить специальное разрешение на использование воздушного пространства. Разрешение выдает Зональный центр Единой системы организации воздушного страхования. Если вес дрона или квадрокоптера больше 30 кг, его нужно обязательно зарегистрировать.

Чтобы запустить дрон или квадрокоптер над населенным пунктом, нужно в обязательном порядке получить разрешение от органов местного самоуправления. За сутки до предполагаемого полета следует подать представление на установление режима полета в зональный центр по организации воздушного движения. За 2 часа до вылета внешний пилот должен связаться с диспетчером.

Есть места, где использование квадрокоптеров, дронов и других беспилотных летательных аппаратов полностью запрещено:

- Аэропорты и вокзалы
- Опасные производства
- Военные объекты
- Стратегические государственные объекты



# Классификация БПЛА по конструкции





# БПЛА самолётного типа

Такой тип аппаратов известен также как БПЛА с жестким крылом. Подъемная сила у них создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью полета, большой максимальной высотой полета и высокой скоростью.

Существует большое разнообразие подтипов БПЛА самолетного типа, различающихся по форме крыла и фюзеляжа. Практически все схемы компоновки самолета и типы фюзеляжей, которые встречаются в пилотируемой авиации, применимы и в беспилотной.

В качестве движителей аппаратов самолетного типа обычно используются тянущие или толкающие винты, а также импеллеры или реактивные двигатели. Для аппаратов самолетного типа обычно необходима взлетно-посадочная полоса (ВПП) или же стартовые катапульты. При посадке может применяться ВПП, парашют или специальные уловители (тросы, сетки или растяжки).





# БПЛА мультироторного (вертолётного) типа

Одним из наиболее массовых БПЛА является мультикоптер. К этой группе относятся БПЛА, имеющие больше двух несущих винтов. Реактивные моменты уравниваются за счет вращения несущих винтов попарно в разные стороны или наклона вектора тяги каждого винта в нужном направлении.

Квадрокоптер – самая распространенная схема построения мультикоптеров. Наличие четырех жестко зафиксированных роторов дает возможность организовать довольно простую схему организации движения.

Существуют две таких схемы движения: схема «+» и схема «х». В первом случае 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.





# Беспилотные конвертопланы и гибридные

## СХЕМЫ

Гибридные винтокрылые аппараты – автожиры и конвертопланы, имеют некоторые признаки как вертолетов, так и самолетов.

Автожир (другие названия: гирокopter, гироплан, ротоплан) – схема, подобная самолету, у которого в качестве крыла установлен свободно вращающийся винт. Как и вертолету, автожиру несущий винт необходим для создания подъемной силы, однако создание подъемной силы основным винтом автожира основано на другом принципе. Он создает виртуальную дисковую поверхность, при набегании на которую встречного потока воздуха и создается подъемная сила. Здесь существенно, что в полете этот винт наклонен назад, против потока – подобно фиксированному крылу с положительным углом. Кроме несущего ротора, автожир обладает еще и тянущим или толкающим маршевым винтом (пропеллером), как и у обычного самолета. Этот маршевый винт и сообщает автожиру горизонтальную скорость.

Большинство автожиров не могут взлетать вертикально, но им требуется гораздо более короткий разбег для взлета (10-50 м, с системой предраскрутки ротора), чем самолетам. При отказе мотора автожир не падает, вместо этого он снижается (планирует), используя эффект авторотации. При посадке автожиру не требуется посадочная полоса.

Конвертоплан – летательный аппарат с поворотными винтами, которые на взлете и при посадке работают как подъемные, а в горизонтальном полете – как тянущие, при этом в полете подъемная сила обеспечивается крылом самолетного типа. Таким образом, этот аппарат ведет себя как вертолет при взлете и посадке, но как самолет в горизонтальном полете. Большие винты конвертоплана помогают ему при вертикальном взлете, однако в горизонтальном полете они становятся менее эффективными по сравнению с винтами меньшего диаметра традиционного самолета.

Среди конвертопланов можно выделить три принципиально различающихся подкласса: аппараты с поворотными винтами, с поворотным крылом и со свободным крылом.

В конвертопланах с поворотными роторами обычно поворотными являются не сами винты, а гондолы с винтами и двигателями. Крылья (обычно небольшой площади) при этом остаются неподвижными. В конвертопланах с поворотным крылом поворачивается все крыло. В конвертопланах со свободным крылом в зависимости от фазы полета отклоняются винты, создавая вертикальную или горизонтальную тягу, а крылья свободно вращаются вокруг оси, перпендикулярной фюзеляжу. Под напором воздуха, создаваемого винтами, крылья принимают вертикальное, горизонтальное или какое-либо промежуточное положение. Аппараты такой конструкции отличаются стабильностью полета.





# БПЛА аэростатического

## типа

БПЛА аэростатического типа – это особый класс БПЛА, в котором подъемная сила создается преимущественно за счет архимедовой силы, действующей на баллон, заполненный легким газом (как правило, гелием). Этот класс представлен, в основном, беспилотными дирижаблями.

Дирижабль (от фр. dirigeable – управляемый) – летательный аппарат легче воздуха, представляющий собой комбинацию аэростата с двигателем (обычно это винт (пропеллер, импеллер) с электрическим двигателем или ДВС) и системы управления ориентацией благодаря которой дирижабль может двигаться в любом направлении независимо от направления воздушных потоков.

Отличительное преимущество дирижабля - большая грузоподъемность и дальность беспосадочных полетов. Достижимы более высокая надежность и безопасность, чем у самолетов и вертолетов. Меньший, чем у вертолетов, удельный расход топлива и, как следствие, меньшая стоимость полета в расчете на единицу массы перевозимого груза. Размеры его внутренних помещений могут быть очень велики, а длительность нахождения в воздухе может измеряться неделями. Дирижаблю не требуется взлетно-посадочной полосы (но зато требуется причальная мачта) — более того, он может вообще не приземляться, а просто «зависнуть» над землей (что, впрочем, осуществимо только при отсутствии сильного бокового ветра).





# Основные элементы мультироторных БПЛА

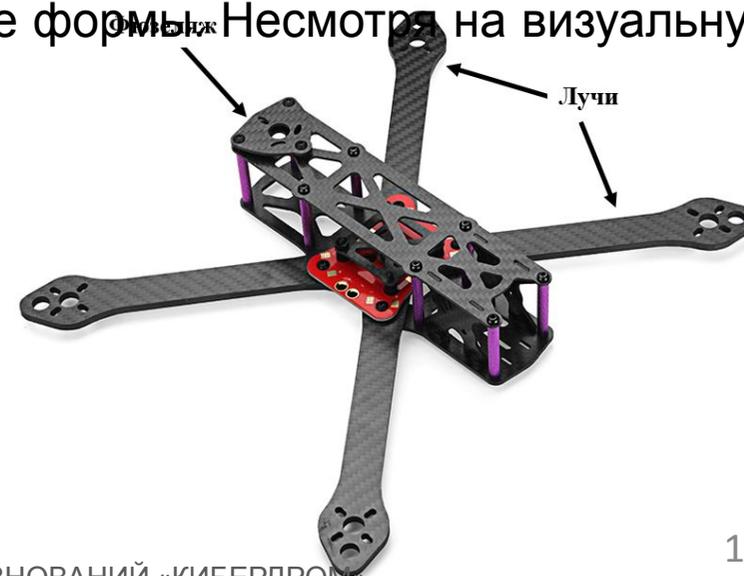
- Рама — это основной, и несущий элемент конструкции квадрокоптера, к которому крепятся все прочие комплектующие.
- Защита – конструкция, которая защищает моторы и корпус квадрокоптера от ударов.

Рама состоит из двух частей: фюзеляж и лучи

Фюзеляж нужен для размещения электроники, например, полётного контроллера или камеры. Обычно центральная часть состоит из двух пластин, нижней и верхней, соединённых стойками.

Лучи нужны для установки моторов и регуляторов. Эти детали должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать не только вес самой конструкции квадрокоптера, но и противостоять ударам и падениям.

Расположение лучей и их крепление во многом определяет форму рамы. В зависимости от потребностей пилотов рамы принимают самые разные формы. Несмотря на визуальную схожесть расположения моторов, у каждой из этих рам есть свои достоинства и недостатки.

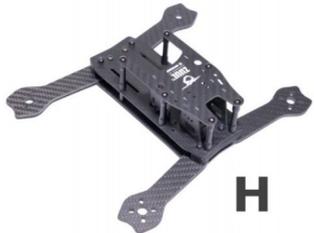


# Самые популярные рамы



Рама типа «X» или «True-X»

Фюзеляж этой рамы делается коротким, в виде квадрата, вся электроника собирается в центре, а лучи располагаются четко по углам квадрата. Рама получается одинаковая по длине и ширине. Т.к. вес сосредоточен в центре, вес распределён равномерно, коптер становится более манёвренным. Все компоненты приходится размещать «бутербродом», друг под другом, что не всегда удобно.



H

Рама типа «H»

По сравнению с рамой «X» центральная часть данной рамы более длинная. Камеру и аккумулятор в такой раме размещают по верхней пластине, распределяя всё по одному направлению, что приводит к неравномерному распределению момента инерции, особенно по тангажу.



Hybrid-X

В попытках объединить преимущества обеих рам были созданы гибриды.

Гибридная рама «X» имеет фюзеляж от рамы «H», а лучи соединены как в раме «X». С точки зрения физики, разница будет в передаче вибраций от моторов к полётному контроллеру.



Рама типа Квадрат: между лучами добавили соединяющие их рёбра. За счёт жесткости соединений получается достаточно крепкая рама, которую не просто сломать. Данная рама обладает повышенным воздушным сопротивлением и большим весом.



Unibody или цельные рамы особенны тем, что обладают несъемными лучами, то есть нижняя пластина фюзеляжа и лучи соединены в одну деталь. Делается так для того, чтобы упростить сборку и устранить вес деталей крепления.



# Материалы и размеры рамы



## Материал для рамы

- Пластик
  - Дерево
  - Текстолит
  - Стекловолокно
  - Алюминий
  - **Карбон** (основной материал ввиду своей лёгкости, прочности, долговечности и высокой жесткостью; однако имеет и свои недостатки: проводит электричество и глушит радиосигналы).
- ## Размер рамы

Размер рамы – это расстояние между диагонально расположенными моторами. При разработке рамы нужно учитывать, что размеры рамы будут влиять на:

- Момент инерции (чем дальше моторы от центра, чем длиннее лучи, тем больший момент )
- Общий вес
- Максимальный размеров винтов
- Сопротивление воздуху.



# Защитные конструкции рамы

Защитная конструкция квадрокоптеру нужна для защиты лопастей и моторов. Конечно, наличие защиты приводит к увеличению веса и сопротивления воздуху, но именно она является гарантией безопасности квадрокоптера и его долговечности. Материалами защиты обычно является стекловолокно или пластик.

## Дуговая защита

Являются самым простым и лёгким вариантом защиты, защищает винты и моторы за счёт своей упругости.



## Корпусная защита

Защищает не только моторы, но и раму в целом. По сравнению с предыдущим вариантом, данная защита более эффективна при прямых столкновениях коптера с объектами и стенами.



## Сферическая защита

Предотвращает столкновение коптера по всем осям и направлениям, но минус данной защиты её сопротивление воздуху. Наличие такой защиты эффективно только на маленьких квадрокоптерах или игрушках.



## Клетка

Данная защита напоминает клетку за счёт своей конструкции. Надевается на моторы как клетка, защищая от попадания в них объектов. Минус такой защиты в том, что клетка мешает воздушному потоку моторов, что приводит к ухудшению полётных характеристик.





Сегодня мы рассмотрели вопрос согласования полётов, конструктивные особенности БПЛА основных типов.

Изучили основные элементы и материалы рамы, а также определили особенности защитных конструкций рамы.

# Вопросы для самоподготовки



1. Из каких частей состоит рама?
2. В чём особенность Unibody рам в сравнении с остальными типами?
3. Самый популярный материал для изготовления рамы?
4. Как определяется размер рамы? На что влияют размеры рамы?

# Домашнее задание *обязательно*



Найти на рынке БПЛА дроны следующих типов:

- Самолетного типа
- Мультироторного типа
- Аэростратического типа

Необходимо найти по три дрона на тип. Нельзя использовать дроны компании Геоскан

# Дополнительные материалы



Кибердром<sup>2022</sup>

МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ

1. Статья «Влияние рамы на характеристики коптера»  
[\\*https://habr.com/ru/company/makeitlab/blog/409161/\\*](https://habr.com/ru/company/makeitlab/blog/409161/) Содержание: Подробное описание влияния разных факторов при выборе рамы на полёт и характеристики коптера
2. Статья «Дрон своими руками. Урок 2. Рамы»  
[\\*https://dronomania.ru/faq/dron-svoimi-rukami-urok-2-ramy.html\\*](https://dronomania.ru/faq/dron-svoimi-rukami-urok-2-ramy.html) Содержание: В статье описаны разные подвиды рам коптеров и материалы для изготовления.
3. Сайт Российские беспилотники [электронный ресурс] <https://russiandrone.ru/>
4. Сайт ГК Геоскан [электронный ресурс] <https://www.geoscan.aero/ru>



**Бакустина Маргарита**  
**Руководитель группы разработки и**  
**сопровождения образовательных**  
**мероприятий отдела образовательных**  
**проектов ГК "Геоскан"**

**Telegram - канал**