

**Эксплуатация и применение
беспилотных летательных
аппаратов (FPV-дронов).
Книга врага ворожою мовою**

В посібни изложены вопросы устройства, аэродинамики и динамики полета БПЛА мультироторного типа, особенности подготовки и тактики применения FPV-дронов, рекомендации по практическому обучению операторов FPV-дронов на симуляторах, а также на открытой местности и в помещениях.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ

**БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
(FPV-ДРОНОВ)**



КНИГА ВОРОГА

ВОРОЖОЮ МОВОЮ

Издательский дом
«СВАРОГ»
Киев – 2024

УДК 623.76
Э 41

**Эксплуатация и применение беспилотных летательных аппаратов
Э 41 (FPV-дронов): Учебное пособие.** КНИГА ВОРОГА, ВОРОЖОЮ МОВОЮ. —
Киев: Изд. дом «СВАРОГ», 2024. — 168с.

ISBN 978-611-01-3184-1

В пособии изложены вопросы устройства, аэродинамики и динамики полета БпЛА мультироторного типа, особенности подготовки и тактики применения FPV-дронов, рекомендации по практическому обучению операторов FPV-дронов на симуляторах, а также на открытой местности и в помещениях.

ISBN 978-611-01-3184-1

УДК 623.76

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ, ТТХ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	9
1.1 Классификация БпЛА по конструкции.....	9
1.2 Принципы полета БпЛА квадрокоптерного типа.....	11
1.3 Основные ТТХ коммерческих БпЛА квадрокоптерного типа.....	16
1.4 Виды полезных нагрузок БпЛА.....	18
1.5 Конструкция БпЛА коптерного типа.....	19
2 АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА.....	49
2.1 Основы распространения радиоволн.....	49
2.2 Диапазоны частот FPV-дронов.....	49
2.3 Аппаратура управления БпЛА.....	51
2.4 Система передачи и приема видеосигнала FPV-дронов.....	59
2.5 Антенны FPV-дронов.....	64
2.6 Радиобезопасность.....	68
3 ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРА FPV-ДРОНА К ПОЛЕТУ И УЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ БПЛА.....	71
3.1 Подготовка к выполнению полетного задания и визуальная ориентировка....	71
3.2 Влияние метеоусловий на полеты FPV-дронов.....	76
3.3 Технические возможности и ограничения по применению БпЛА.....	80
4 ПОДГОТОВКА FPV-ДРОНА К РАБОТЕ И НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ.....	88
4.1 Сборка FPV-дрона и подготовка к полету.....	88
4.2 Подготовка FPV-дрона к работе и настройка каналов управления и передачи данных.....	97
4.3 Техническое обслуживание и ремонт FPV-дронов в полевых условиях. Инструменты и ЗИП.....	110
4.4 Техника безопасности при сборке и техническом обслуживании.....	111
4.5 Обеспечение безопасности при работе со средствами поражения.....	112
5 ПИЛОТИРОВАНИЕ FPV-ДРОНОВ НА ТРЕНАЖЕРЕ.....	114
5.1 Интерфейс программного обеспечения и его возможности.....	114

5.2 Выполнение упражнений «Взлет. Удержание высоты. Прямолинейный полет. Повороты. Посадка».....	121
5.3 Выполнение упражнений «Преодоление полосы препятствий. Полет в замкнутом пространстве. Воронка. Посадка внутри дома».....	123
6 ПИЛОТИРОВАНИЕ FPV-ДРОНОВ	125
6.1 Общие рекомендации по управлению FPV-дроном. Полет FPV-дрона под управлением инструктора.....	125
6.2 Самостоятельное управление FPV-дроном. Выполнение упражнения «Взлет. Полет по маршруту. Посадка». Разбор полета.....	128
6.3 Итоговый контроль подготовки.....	130
6.4 Техника безопасности при подготовке к полету, перед взлетом и после посадки	133
6.5 Безопасность полета. Действия оператора FPV-дрона в особых случаях в полете.....	134
7 НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ	137
7.1 Основы организации воздушного движения в Российской Федерации ..	137
7.2 Получение разрешения на полеты и производство полетов.....	138
7.3 Ответственность за нарушение правил использования воздушного пространства	142
7.4 Штрафы за нарушение порядка использования воздушного пространства	143
8 ОСНОВЫ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА	146
8.1 Основы тактики применения FPV-дронов.....	148
8.2 Общие тактические приемы применения БПЛА	150
8.3 Выполнение задач разведки и объективного контроля.....	152
8.4 Работа в условиях огневого поражения и радиоэлектронного противодействия силами и средствами вооруженных сил Украины.....	154
8.5 Информационная безопасность	161
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	163
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	164

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БАС	–	Беспилотная авиационная система
БВС	–	Беспилотное воздушное судно
БпЛА	–	Беспилотный летательный аппарат
ВВС	–	Военно-воздушные силы
ГЛОНАСС	–	Глобальная навигационная спутниковая система
ДВС	–	Двигатель внутреннего сгорания
ДН	–	Диаграмма направленности
ЗИП	–	Запасные части, инструменты и принадлежности
ИВП	–	Использование воздушного пространства
ИНС	–	Инерциальная навигационная система
КПД	–	Коэффициент полезного действия
КСВ	–	Коэффициент стоячей волны
ЛА	–	Летательный аппарат
ЛЗП	–	Линия заданного пути
ЛФП	–	Линия фактического пути
ЛЭП	–	Линия электропередачи
ОСШ	–	Отношение сигнал / шум
ПВО	–	Противовоздушная оборона
ПК	–	Полетный контроллер
ПО	–	Программное обеспечение
ПУ	–	Пульт управления
РЭБ	–	Радиоэлектронная борьба
СВО	–	Специальная военная операция
СНС	–	Спутниковая навигационная система
ТТХ	–	Тактико-технические характеристики
ШИМ	–	Широтно-импульсная модуляция (англ. PWM)
AUX	–	От англ. Auxiliary port – линейный асинхронно-последовательный аудиовход
ВЕС	–	От англ. Battery Eliminator Circuit – схема отключения батареи
ССД	–	От англ. Charge-coupled device – прибор с обратной зарядной связью
ССW	–	От англ. Counterclockwise – против часовой стрелки
CMOS	–	От англ. Complementary metal-oxide-semiconductor – дополнительный металл-оксид полупроводник
CW	–	От англ. Clockwise по часовой стрелке
DVR	–	От англ. Digital video recorder – цифровой видеорегистратор
ESC	–	от англ. Electronic Speed Controller – электронный контроллер скорости
FOV	–	От англ. Field of view – угол обзора
FPV	–	От англ. First Person View – вид от первого лица
FC	–	От англ. Flight Controller – полетный контроллер

GPS	–	От англ. Global Positioning System – система глобального позиционирования
IMU	–	От англ. Inertial Measuring Unit – инерциальный измерительный блок
LiPo	–	От англ. lithium-ion polymer battery – литий-полимерные батареи
OSD	–	От англ. On Screen Display – отображение на экране телеметрии БПЛА
PAL / NTSC	–	Видеоформаты, применяемые в FPV-камерах и дисплеях.
PDB	–	От англ. Power Distribution Board – плата распределения питания
PID	–	От англ. Proportional-integral-derivative – пропорционально-интегрально- дифференцирующий
RTX	–	От англ. Radio transmitter – устройство управления полетом FPV дрона оператором
RX	–	От англ. Receiver – приемник
TX	–	От англ. Transmitter – передатчик
TVL	–	От англ. TV Lines – телевизионные линии
UART	–	От англ. Universal Asynchronous Receiver/Transmitter – универсальный асинхронный приемопередатчик
UBEC	–	От англ. Universal Battery Eliminator Circuit – универсальная схема отключения батареи
USB	–	От англ. Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина
WDR	–	От англ. Wide Dynamic Range – расширенный динамический диапазон

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития мировой авиации характеризуется созданием комплексов с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) различного функционального назначения и непрерывным расширением их номенклатуры. Стремительное развитие комплексов с БПЛА обусловлено их потенциальными достоинствами и преимуществами, в первую очередь по показателю эффективность-стоимость, как в сравнении с пилотируемыми авиационными комплексами, так и другими видами вооружений и военной техники.

В ходе специальной военной операции наиболее активно применяются комплексы с БПЛА поля боя и барражирующие боеприпасы. Стоит отметить, что в подразделениях Сухопутных и Воздушно-десантных войск, морской пехоты, сил специальных операций основными БПЛА поля боя являются БПЛА мультироторного типа. С их помощью выполняется около 80 % всех задач. Причем БПЛА мультироторного типа при низкой стоимости обеспечивают достаточно высокую эффективность поражения объектов противника, около 75 %.

Существующие БПЛА мультироторного типа целесообразно разделить на разведывательные и ударные БПЛА. Особым видом ударных БПЛА мультироторного типа являются высокоманевренные БПЛА-камикадзе (FPV-дроны). FPV (First Person View) дроны – это квадрокоптеры или мультироторные беспилотные летательные аппараты, оснащенные камерой и передающие видео в реальном времени на устройство пилота (очки или монитор). Это означает, что пилот может управлять дроном, как будто он находится в кабине дрона.

Особенность применения FPV-дронов связана с необходимостью управления БПЛА, имеющим высокие скоростные и маневренные характеристики, при этом управление дроном происходит в ручном режиме, с видом от первого лица. Это требует от операторов узкоспециализированных знаний в области конструкции, эксплуатации и тактики применения БПЛА, а также специфических навыков, которые могут быть получены только в результате тренажной подготовки на симуляторах и в ходе практических полетов как на открытых площадках, так и в замкнутых помещениях. Поэтому подготовка оператора FPV-дрона должна включать теоретическую, тренажную и летную подготовки.

Необходимость обучения курсантов военных профессиональных образовательных организаций и военных образовательных организаций высшего образования Министерства обороны Российской Федерации вопросам эксплуатации и применения беспилотных летательных аппаратов (FPV-дронов), с учетом особенностей подготовки операторов FPV-дронов, а также отсутствие систематизированной учебной литературы предопределило необходимость разработки единого учебного пособия.

Учебное пособие разработано коллективом 4 факультета беспилотной авиации Военного учебно-научного центра ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и позволяет в срок до 10 учебных дней

(54 учебных часов) курсантам военных образовательных учреждений МО РФ получить знания, умения и навыки в соответствии с требованиями к минимуму содержания и уровням обученности, утвержденным 27.10.2023 года Статс-секретарем-заместителем Министра обороны РФ генералом армии Панковым Николаем Александровичем, по вопросам эксплуатации и применения БПЛА (FPV-дронов).

В пособии изложены вопросы устройства, аэродинамики и динамики полета БПЛА мультироторного типа, особенности подготовки и тактики применения FPV-дронов, рекомендации по практическому обучению операторов FPV-дронов на симуляторах, а также на открытой местности и в помещениях.

Коллектив авторов выражает благодарность и признательность центру подготовки специалистов разведывательно-ударных БПЛА Группы войск (сил) «Запад» в лице Матвеева М.Н., Савельева Н.В., Ефремова А.А. и др., принявших активное участие в разработке пособия, а также интернет-сообществу, способствующему активному внедрению способов боевого применения FPV-дронов в рамках СВО, за систематизацию, обобщение опыта и анализ особенностей применения и эксплуатации БПЛА мультироторного типа, что привнесло в учебное пособие передовые идеи в области подготовки операторов FPV-дронов.

1 НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ, ТТХ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Развитие беспилотной авиации определило многообразие сфер применения БпЛА. Наиболее активно их используют в военном деле, что существенно повлияло на тактику применения многих видов вооружения и военной техники.

Назначение беспилотных летательных аппаратов, применяемых в военном деле, определяется решаемыми задачами. Задачи подразделяются на ударные, разведывательные, специальные, учебные и другие. Для их решения разрабатываются БпЛА различной конструкции со специализированными полезными (целевыми) нагрузками.

БпЛА различают не только по способу их применения, но и по конструкции, тактико-техническим характеристикам (по размерам самих аппаратов, взлетной массе, дальности, высоте, скорости, продолжительности полета и др.). Рассмотрим более подробно классификацию БпЛА по конструкции.

1.1 Классификация БпЛА по конструкции

Как известно конструкция летательного аппарата (ЛА) зависит от принципа создания подъемной силы, который заложен в основу его полета. Известны следующие принципы полета [1]:

1. Баллистический.
2. Аэродинамический.
3. Ракетодинамический (реактивный).
4. Аэростатический.

Баллистический принцип полета – это полет свободно брошенного тела, происходящий под действием силы тяжести. Подъемная сила определяется силой инерции летящего тела. Для совершения полета по баллистическому принципу тело должно обладать начальным запасом высоты или скорости, поэтому баллистический полет называют также пассивным.

Аэродинамический принцип полета основан на третьем законе Ньютона, согласно которому пластина, помещенная под каким-то углом в воздушный поток, надавливает на него и испытывает ответное давление со стороны потока.

Реактивный принцип полета также основан на третьем законе Ньютона, но взаимодействие летательного аппарата с окружающим его воздухом не является обязательным для него условием. Сущность реактивного принципа заключается в том, что необходимая для полета подъемная сила создается в результате сгорания топлива, при котором образуются газы, обладающие большой энергией. Эти газы, вытекая с большой скоростью из сопла двигателя наружу, создают реактивную силу противоположного направления.

Аэростатический принцип полета основан на законе Архимеда, по которому на тело, находящееся в газовой среде, действует подъемная сила, равная весу вытесненного им газа. По такому принципу летают дирижабли, аэростаты, воздушные шары.

В настоящее время наибольшее распространение конструкции БПЛА использующие аэродинамический и аэростатический принципы создания подъемной силы (рисунок 1.1).

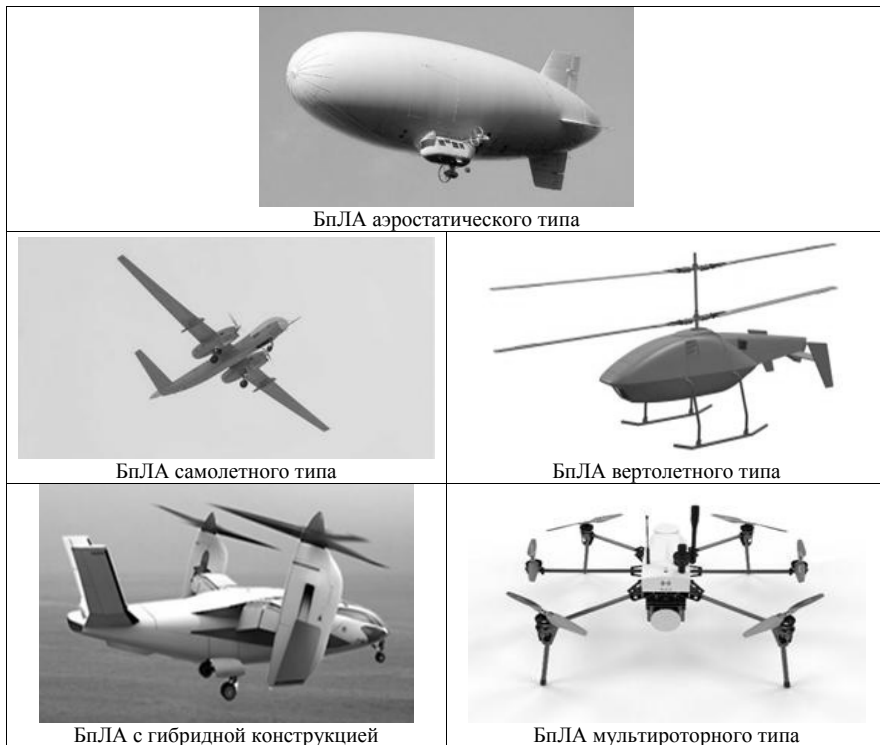


Рисунок 1.1 – Виды БПЛА по конструкции

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

Этот класс представлен, в основном, беспилотными дирижаблями – летательными аппаратами легче воздуха, представляющими собой комбинацию аэростата с двигателем (обычно это винт (пропеллер, импеллер) с электрическим двигателем или ДВС) и системы управления ориентацией [1]. Основным недостатком этого типа БПЛА является низкая маневренность, поэтому они как правило применяются в привязном варианте (на тресе).

БпЛА самолетного типа – это класс БпЛА, в которых подъемная сила создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. БпЛА самолетного типа, как правило, отличаются большой длительностью полета, большой максимальной высотой полета и высокой скоростью. Недостатками БпЛА самолетного типа являются необходимость использования пусковых установок, взлетно-посадочных полос, невозможность неподвижного зависания в воздухе на одном месте.

БпЛА вертолетного типа – класс БпЛА, в которых подъемная и движущая силы на всех этапах полета создаются одним или несколькими несущими винтами с приводом от одного или нескольких двигателей [2]. Крыло либо отсутствует вовсе, либо играет вспомогательную роль. Очевидными преимуществами БпЛА вертолетного типа являются способность зависания в точке и высокая маневренность. Основным недостатком вертолетной схемы БпЛА является невысокая скорость полета.

БпЛА с гибридной конструкцией – это класс БпЛА с вертикальным взлетом и посадкой. Под этими аппаратами подразумеваются все БпЛА, которые способны контролируемо менять направление вектора тяги и совмещает в себе конструкционные принципы самолета и квадрокоптера. Он имеет преимущества вертикального взлета за счет наличия дополнительных двигателей, установленных в горизонтальной плоскости, и одновременно может развивать высокую скорость, благодаря аэродинамической схеме с неподвижным крылом за счет толкающего или тянущего винта.

БпЛА мультироторного типа – особый класс БпЛА вертолетного типа. Мультикоптер (многороторный вертолет) – летательный аппарат, построенный по вертолетной схеме, с тремя и более несущими винтами [3]. Их достоинством является относительно низкая стоимость, легкость в управлении, возможность вертикального взлета с неподготовленной площадки и способность зависания в воздухе, а также высокая точность позиционирования. Недостатками являются низкая скорость, высокие энергозатраты, ограниченный радиус действия, непродолжительное время полета.

Существует несколько разновидностей мультикоптеров, различающихся количеством и расположением двигателей относительно центра аппарата: бикоптер; трикоптер; квадрокоптер; гексакоптер; октокоптер.

Квадрокоптер – самый популярный мультикоптер, так как четыре – это оптимальное число электродвигателей для баланса цены, производительности, стабильности и времени полета.

1.2 Принципы полета БпЛА квадрокоптерного типа

Для того, чтобы эффективно применять FPV-дроны, оператор БпЛА должен в совершенстве овладеть навыками управления этим типом БпЛА. Выполняя полет по маршруту и осуществляя боевое маневрирование, оператор FPV-дрона должен постоянно оценивать положение БпЛА в пространстве и прогнозировать его реакцию на перемещение органов управления. Для этого ему необходимо понимать, какие силы действуют на квадрокоптер в полете, а

также от каких параметров зависят его динамические и маневренные характеристики.

Конструкция квадрокоптера, как и вертолета, реализует аэродинамический принцип полета, потому что подъемная и движущая силы на всех этапах полета создаются несколькими воздушными (несущими) винтами – пропеллерами.

Воздушный винт (пропеллер) – лопастной движитель, создающий при вращении тягу за счет отбрасывания воздуха назад с некоторой дополнительной скоростью, приводимый во вращение двигателем и преобразующий крутящий момент двигателя в силу тяги T .

Лопастей воздушного винта, закреплены на вращающейся оси (на валу двигателя или редуктора) таким образом, чтобы передняя кромка лопасти была направлена в сторону вращения (это важно учитывать при сборке квадрокоптера), а сами лопасти установлены под небольшим углом (угол установки) к набегающему потоку. Аэродинамические силы, действующие на горизонтально установленный воздушный винт квадрокоптера, изображены на рисунке 1.2. Набегающий воздушный поток обтекает лопасти воздушного винта. Расстояние, пройденное воздушным потоком по верхней (выгнутой) кромке лопасти, больше, чем расстояние, пройденное по его нижней поверхности, соответственно скорость воздушного потока на верхней кромке будет выше, чем на нижней. Появившаяся разница скоростей воздушного потока по закону Бернулли приводит к разнице давлений. Разница в давлениях дает подъемную силу C_p [4].

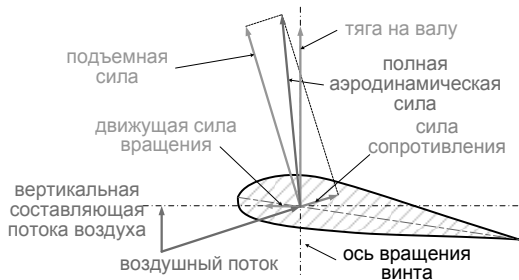


Рисунок 1.2 – Аэродинамика несущего винта

Подъемная сила, возникающая на лопастях, преобразуется в тягу воздушного винта T , приложенную к его втулке. Так как у квадрокоптера четыре винта, то для того чтобы квадрокоптер оторвался от земли суммарная сила тяги пропеллеров $T_{\text{сум}}$ должна быть больше силы тяжести $G = mg$.

На рисунке 1.3 изображена упрощенная конструктивная схема квадрокоптера и схема сил, действующих на него.

Квадрокоптер имеет шесть степеней свободы. Движение квадрокоптера представляет собой совокупность поступательного движения в декартовой трехмерной системе координат, а также вращательные движения вокруг каждой

из трех взаимно перпендикулярных осей [5]. На рисунке 1.3 оси земной системы координат обозначены X, Y, Z ; а оси связанной системы координат – x, y, z .

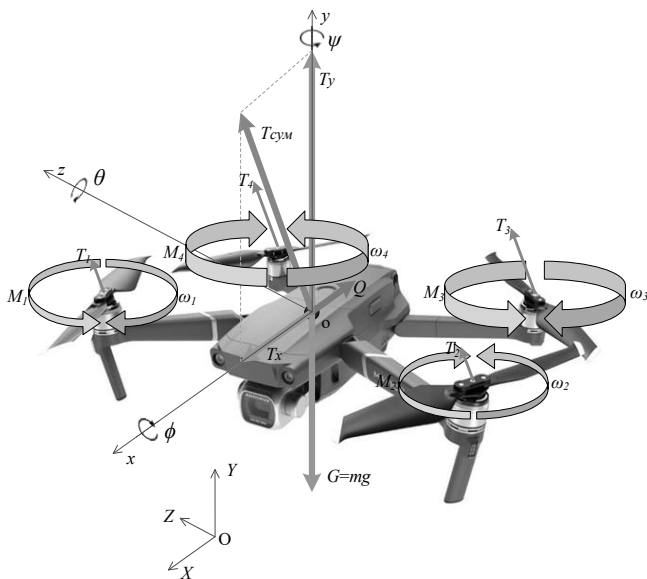


Рисунок 1.3 – Схема сил, действующих на квадрокоптер в полете

На квадрокоптер, как и на все летательные аппараты, действует сила тяжести G и сила сопротивления воздуха Q . Подъемная (T_y) и пропульсивная (T_x , – толкающая вперед и/или T_z , – толкающая вбок) силы создаются несущими винтами квадрокоптера. Силы тяги T_i каждой винтомоторной группы складываются в суммарную силу тяги $T_{сум}=T_1+T_2+T_3+T_4$, которая в общем случае приложена к центру масс квадрокоптера.

Вращение квадрокоптера вокруг одной из осей связанной системы координат x, y, z приводит к наклону вектора тяги $T_{сум}$ в сторону вращения и он раскладывается на составляющие T_x, T_y, T_z . Если квадрокоптер зависает горизонтально и неподвижно, то это значит, что вектор тяги $T_{сум}$ направлен вертикально вверх и полностью перешел в подъемную силу T_y , которая уравновесила силу тяжести G , то есть $T_y = G$.

При вращении на угол θ вокруг оси z (**тангаж – pitch**) появляется продольная составляющая тяги T_x и квадрокоптер начинает движение вперед или назад.

При вращении на угол ϕ вокруг оси x (**крен – roll**) появляется боковая составляющая тяги T_z и квадрокоптер начинает смещаться влево или вправо.

При вращении коптера на угол ψ вокруг оси y (**рыскание – yaw**) вектор тяги $T_{сум}$ на висении не наклоняется. В случае если коптер находится в горизонтальном полете, то поворачиваются продольная и боковая

составляющие вектора тяги T_x и T_z , которые заставляют поворачиваться вектор скорости квадрокоптера в направлении рыскания.

Важно помнить, что при неизменной тяге двигателей увеличение продольной или боковой составляющей вектора тяги приводит к уменьшению подъемной силы T_y . Поэтому при наклонах коптера для сохранения высоты полета необходимо координированно увеличивать тягу двигателей.

Изменение величины и направления вектора тяги осуществляется посредством наклона и поворота квадрокоптера в нужную сторону, а также изменением частоты вращения винтов. Возникающие при этом силы заставляют квадрокоптер двигаться вперед или назад, влево или вправо, вверх или вниз. Продольная, поперечная и вертикальная составляющие скорости образуют в пространстве траекторию движения квадрокоптера, которая может быть довольно сложной [5].

Для того чтобы определить, каким образом осуществляются наклоны и повороты квадрокоптера в нужную сторону, рассмотрим рисунок 1.3, на котором изображены угловые скорости вращения двигателей ω_i и создаваемые винтомоторной группой реактивные моменты M_i . Необходимо обратить внимание на направление и толщину стрелок, чем толще стрелки, тем больше величина, которую они обозначают.

Квадрокоптер меняет направление вращения вокруг центра масс за счет изменения скорости вращения каждого из пропеллеров. Когда дрон парит, соседние пропеллеры вращаются в противоположных направлениях, чтобы поддерживать устойчивость дрона. Изменяя скорость вращения каждого из двигателей, можно манипулировать силами тяги T_i и моментами M_i , которые заставляют дрон вращаться и перемещаться во всех трех измерениях.

За согласованное изменение скорости вращения электродвигателей отвечает полетный контроллер, а оператор лишь задает желаемые суммарную тягу, крен, тангаж и рыскание с помощью ручек управления (стиков) на пульте управления. Полетный контроллер, как правило, имеет несколько автоматических режимов, например, поддержания высоты, ограничения крена и тангажа, а также акробатические режимы для опытных пилотов.

Основные режимы полета квадрокоптера, соответствующие им изменения положений органов управления, и то, как они реализуются полетным контроллером путем изменения частоты вращения двигателей, приведены на рисунке 1.4. Направление вращения и скорость вращения обозначены стрелками, чем толще стрелки, тем выше скорость вращения.

Выполнение более сложных пространственных маневров достигается комбинацией перечисленных выше простых маневров. Поэтому оператор дрона должен уметь согласованно работать одновременно двумя стиками, управляя одновременно тангажом, креном, рысканием и тягой, заставляя коптер двигаться по заданной траектории.

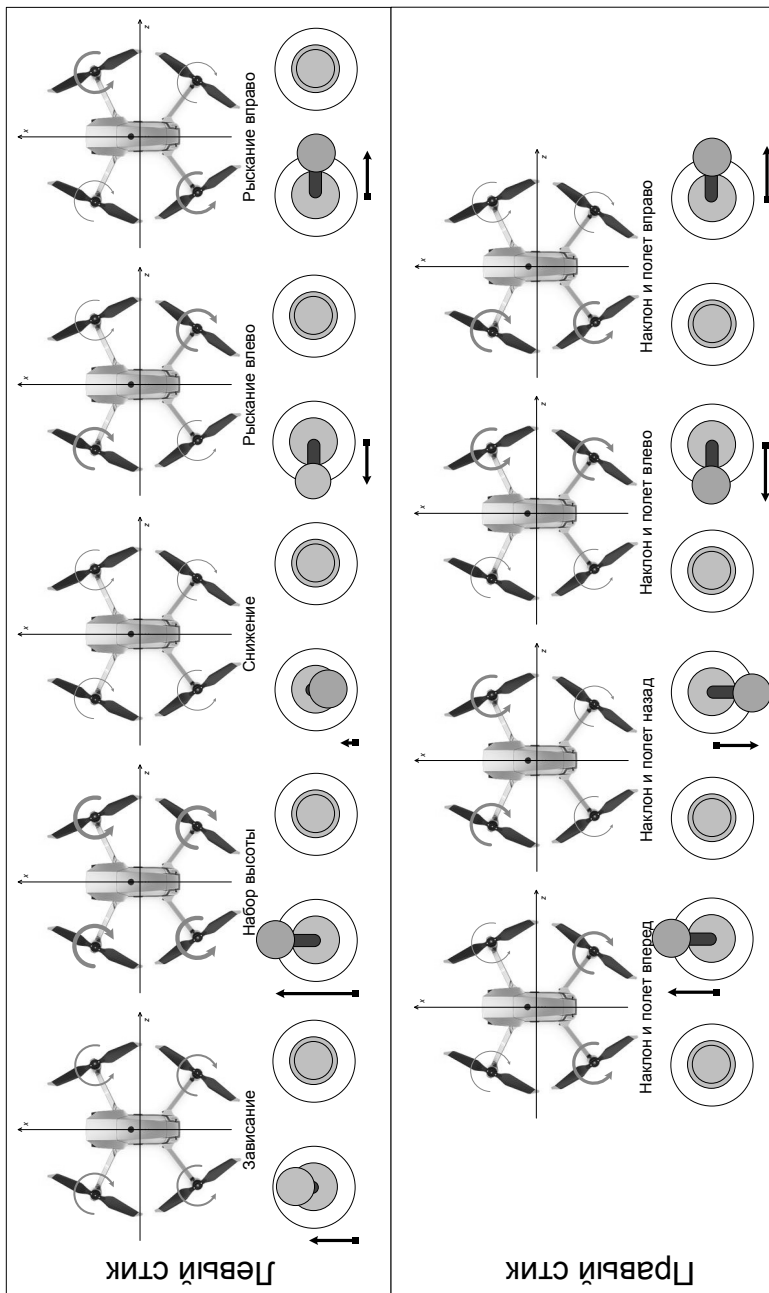









Рисунок 1.4 – Основные маневры квадрокоптера

1.3 Основные ГТХ коммерческих БПЛА квадрокоптерного типа

По целевому назначению БПЛА принято разделять на три группы: коммерческие, потребительские и боевые. Коммерческие БПЛА в отличие от потребительских обладают расширенными возможностями и функциональностью, поэтому они оказались востребованными для решения задач военного назначения. Сейчас на рынке доступно множество различных типов коммерческих дронов, каждый из которых имеет свой набор функций и преимуществ. На основе опыта боевого применения коммерческих БПЛА мультироторного типа наибольшую популярность получили квадрокоптеры производителей DJI, Autel, Xiaomi (таблица 1.1) [6].

Таблица 1.1 – Основные типы коммерческих БПЛА квадрокоптерного типа

Наименование	Камера	Время полета	Заявленная дальность полета	Частоты каналов передачи данных
 DJI Inspire 3	8K	до 28 минут	до 15 км	2,4ГГц
 DJI Mavic Mini	4K	до 30 минут	до 4 км	2,4ГГц
 Autel Robotics EVO	4K	до 30 минут	до 7 км	2,4ГГц
 Xiaomi FIMI X8SE 2020	4K	до 35 минут	до 8 км	5,8ГГц
 DJI Mavic Pro (Platinum)	4K	27/30 минут (Pro/Pro Platinum)	до 7 км	2,4/5,8ГГц
 Autel EVO Lite+	5K	40 минут	до 12 км	2,4ГГц/5,1-5,8 ГГц
 DJI Mavic Air 2	4K	до 34 минут	до 10 км	2,4/5,8ГГц

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (FPV-ДРОНОВ)



Підписано до друку 17.05.2024 р. Формат 60x84 1/8.
Друк цифровий. Папір офсетний. Гарнітура Century Gothic.
Ум. друк. арк. 6,0. Тираж 100 прим.

Видавничий дім «СВАРОГ»
вулиця Гната Юри, 9
м. Київ 02105

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2581 від 10.08.2006 р.

Книги, які можуть вас зацікавити



Сбросы с БПЛА.
Применение ракет,
гранат и инженерных
боеприпасов в
качестве боевой части
для различных типов
БПЛА. Книга врага
ворожью мовою



Виды дронов.
Устройство. Сборка.
Книга врага ворожью
мовою



Основи робототехніки
військового
призначення



Памятка по защите и
противодействию БПЛА
противника. Книга
врага ворожью мовою



Корректирование и
наведение огня
артиллерии и авиации.
Книга врага, ворожью
мовою



Развитие и
оборудование окопов.
Книга врага ворожью
мовою

Перейти до галузі права
Військове право



[Перейти на сайт →](#)