

Н. Л. Астахова,
В. А. Лукашов

Дроны

и их пилотирование
С чего начать

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2021

УДК 629.735.4+379.8
ББК 39.55я92
А91

Астахова, Н. Л.

А91 Дроны и их пилотирование. С чего начать / Н. Л. Астахова, В. А. Лукашов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 224 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-6715-2

Рассказано, как выбрать свой первый дрон, запустить его в воздух и не разбить. Описаны функции и особенности дронов различных ценовых сегментов. Изложены основы пилотирования. Особое внимание уделено урокам пилотирования в авиасимуляторе PicaSim, полетам в помещении и на открытом воздухе. Даны практические рекомендации по постановке дрона на учет, получению разрешения на полеты, фото- и видеосъемку.

Электронное приложение-архив на сайте издательства содержит цветные иллюстрации из книги, полезные интернет-ссылки и выдержки из законодательных актов.

*Для читателей, интересующихся электроникой,
робототехникой, авиамоделизмом*

УДК 629.735.4+379.8
ББК 39.55я92

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Екатерина Сависте</i>
Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
Дизайн обложки	<i>Карины Соловьевой</i>

Подписано в печать 31.07.20.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,06.

Тираж 1500 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО "Принт-М", 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-5-9775-6715-2

© ООО "Инновационные комплексные системы", 2021
© Оформление. ООО "БХВ-Петербург", ООО "БХВ", 2021

Оглавление

Предисловие	1
ЧАСТЬ I. ДРОНЫ: ОТ ИГРУШЕЧНЫХ К СПОРТИВНЫМ И ПРОМЫШЛЕННЫМ	5
Глава 1. Дроны-игрушки до 2 тыс. рублей	7
Где купить?.....	7
Цена.....	8
Качество.....	8
Сервис	8
Возможности выбора	9
Бренд.....	9
Размер	9
Камера.....	10
Аккумуляторы и время полета.....	11
Аксессуары	12
Пульт управления	12
Тонкая настройка (триммирование).....	14
Дополнительные функции.....	14
Кому подойдут?	16
Особенности управления	16
Как извлечь максимум пользы?.....	17
Глава 2. Дроны-игрушки до 10 тыс. рублей	19
Где купить?.....	19
Цена.....	20
Качество и сервис	20
Бренд.....	20
Размер	20

Камера.....	21
Аккумуляторы и время полета.....	22
Аксессуары.....	23
Пульт управления.....	23
Дальность полета.....	24
Триммирование.....	24
Дополнительные функции.....	24
Автоматические взлет и посадка.....	25
Удержание высоты.....	25
«Follow me» («Следуй за мной»).....	26
«Return to Home» («Возврат домой»).....	26
GPS-позиционирование, полет по заданным точкам.....	27
Кому подойдут?.....	27
Особенности управления.....	28
Как извлечь максимум пользы?.....	28
Отдельное направление — спортивные дроны до 10 тыс. рублей.....	29
Глава 3. Дроны для видеосъемки до 50 тыс. рублей.....	32
Бренд.....	33
Размер.....	33
Камера.....	34
Аккумуляторы и время полета.....	35
Пульт управления.....	36
Дальность полета.....	37
Триммирование.....	37
Дополнительные функции.....	37
Система визуального позиционирования.....	38
Стабилизация изображения с камеры.....	39
«Умные» опции для съемки.....	40
Где купить?.....	43
Кому подойдут?.....	43
Особенности управления.....	44
Как извлечь максимум пользы?.....	44
Как заработать, имея такой дрон?.....	45
Законно ли летать на таких дронах?.....	46
Глава 4. Спортивные дроны до 50 тыс. рублей.....	48
Дрон-рейсинг.....	49
Дроны.....	49
Видеоочки.....	51
Пилоты.....	51
Соревнования.....	52

Трасса.....	52
Поддержка	54
Судьи.....	54
Фристайл.....	54
Что купить?	56
Аппаратура управления.....	56
Симулятор гоночного дрона	58
FPV-устройство.....	59
Гоночный дрон.....	61
Аккумуляторы для дрона	65
Зарядное устройство.....	67
Дальность полета	67
Настройка дрона и аппаратуры	68
Дополнительные функции	68
Культура совместных полетов.....	69
Что потребуются докупать в дальнейшем?	70
Особенности управления	71
Кому подойдет?	71
Как заработать, имея такой дрон?.....	72
Глава 5. Профессиональные дроны до 200 тыс. рублей	73
Бренд.....	74
Размер.....	75
Камера	76
Аккумуляторы и время полета	76
Пульт управления	77
Дальность полета	78
Дополнительные функции	79
Где купить?.....	80
Кому подойдет?	80
Особенности управления	80
Возможны ли проблемы с законом?	81
Глава 6. Промышленные дроны от 300 тыс. рублей.....	82
Бренд.....	83
Размер	84
Полезная нагрузка	86
Аккумуляторы и время полета	86
Наземная станция управления (НСУ)	87
Как это работает?.....	88
Дальность полета	89
Почему он такой дорогой?.....	89

Особенности управления	90
Развитие индустрии промышленных дронов	91
Производители платформ	91
Новаторства в сфере программного обеспечения.....	92
Услуги.....	93
Компоненты и системы	93
ЧАСТЬ II. УРОКИ ПИЛОТИРОВАНИЯ КВАДРОКОПТЕРА.....	95
Глава 7. Основы пилотирования	97
Каналы управления квадрокоптером	98
Базовые понятия для совершения полета	100
Почему же управлять дроном так сложно?	100
Вам будет очень сложно.....	101
Практика, практика и еще раз практика.....	101
Используйте настоящий пульт.....	101
Глава 8. Уроки пилотирования в авиасимуляторе.....	102
УРОК 1. Осваиваем первые полеты — первый раз легче по FPV.....	102
Оборудование и программное обеспечение	102
Настройка пульта (или геймпада) для симулятора PicaSim	103
Начинаем летать	109
УРОК 2. Осваиваем режим LOS: удерживаем позицию, контролируем высоту, отрабатываем посадку.....	113
Упражнение 8.2.1. Удержание позиции.....	115
Упражнение 8.2.2. Подъем–снижение	116
Упражнение 8.2.3. «Челночный бег» и отработка посадки	117
Подсказки-помощники в симуляторе PicaSim.....	118
УРОК 3. Летаем по простым траекториям с различной ориентацией коптера в пространстве.....	118
Упражнение 8.3.1. «Коробочки».....	118
Упражнение 8.3.2. Полеты по кругу	120
УРОК 4. Летаем по более сложным траекториям с различной ориентацией коптера в пространстве.....	121
Упражнение 8.4.1. «Восьмерки».....	121
Горизонтальная «восьмерка»	121
Вертикальная «восьмерка».....	122
Упражнение 8.4.2. Спираль.....	122
УРОК 5. Летаем, как профи – «носом» по курсу движения.....	123
Упражнение 8.5.1. Горизонтальный полет по линии с разворотами в крайних положениях.....	123
Упражнение 8.5.2. Полет по кругу «носом» вперед.....	124

Упражнение 8.5.3. «Челночный бег» «носом» вперед с отработкой посадок	125
Упражнение 8.5.4. «Восьмерки» «носом» вперед	126
Упражнение 8.5.5. Объемная спираль	127
Полет по чекпойнтам в режиме «от третьего лица»	128

Глава 9. Уроки пилотирования простого квадрокоптера в закрытом помещении

УРОК 6. Самое важное при полетах — техника безопасности. Подготовка к полетам в закрытом помещении и первые полеты в режиме LOS	130
Техника безопасности при эксплуатации аккумуляторов	130
Основные характеристики литий-полимерного аккумулятора	131
Эксплуатация аккумуляторов и меры предосторожности при обращении с ними	131
Предполетная подготовка и полеты в помещении	133
Процедура подготовки дрона к полету	133
Техника безопасности при взлете	134
Обеспечение безопасности в полете	134
Постполетные процедуры	135
Приступаем к полетам	136
Упражнение 9.6.1. Дрейф	136
Упражнение 9.6.2. Подъем–снижение	137
Упражнение 9.6.3. «Челночный бег» и отработка посадки	139
УРОК 7. Набираемся терпения и летаем в помещении по простым траекториям с различной ориентацией коптера в пространстве	140
Упражнение 9.7.1. «Коробочки»	140
Упражнение 9.7.2. Полеты по кругу	142
УРОК 8. Укрепляем базовые навыки реверсивного управления с настоящим дроном — летаем по более сложным траекториям	142
Упражнение 9.8.1. «Восьмерки»	143
Упражнение 9.8.2. Объемная спираль	144
УРОК 9. Летаем, как профи, у себя дома — «носом» по курсу движения	145
Упражнение 9.9.1. Полеты с разворотами «носом» вперед	145
Упражнение 9.9.2. Полеты по кругу «носом» вперед	146
Упражнение 9.9.3. «Челночный бег» «носом» вперед и отработка посадки	148
Упражнение 9.9.4. «Восьмерки» «носом» вперед	148
Упражнение 9.9.5. Объемная спираль «носом» вперед	149
УРОК 10. Выполняем прикладные задачи с помощью простого дрона: завариваем чай, переносим грузы, летаем вслепую	150
Упражнение 9.10.1. «Чай»	151
Упражнение 9.10.2. «Доставка»	152
Упражнение 9.10.3. Полет вслепую	154
Упражнение 9.10.4. Динамичные ворота	156

УРОК 11. Приобщаемся к спорту. Самые популярные фигуры пилотажа в дрон-рейсинге: «Split-S» и «Power Loop».....	157
Упражнение 9.11.1. Фигура «Split-S» («Сплит-С»).....	158
Упражнение 9.11.2. Фигура «Power Loop» («Пауэр-луп»).....	159
УРОК 12. Почувствуй себя гонщиком — построй трассу для дрон-рейсинга прямо у себя дома.....	162
Упражнение 9.12.1. Гоночные трассы.....	162
Глава 10. Особенности пилотирования квадрокоптера на открытом воздухе.....	165
УРОК 13. Подготовка к полетам на открытом воздухе.....	165
Предполетная подготовка.....	166
Изучение полетной зоны.....	166
Оценка метеорологической, орнитологической и аэронавигационной обстановки в районе выполнения полетов.....	166
Предполетные проверки и осмотры дрона.....	167
Как побороть порывы ветра и другие неожиданности.....	169
УРОК 14. Выполнение полетов на открытом воздухе.....	170
Группа начальных упражнений.....	171
Упражнение 10.14.1. Подъем и снижение вдоль одной линии.....	171
Упражнение 10.14.2. Зависание на одном направлении.....	172
Упражнение 10.14.3. Облет ворот.....	173
Группа упражнений «Движение вперед и торможение».....	173
Упражнение 10.14.4. Полет над туннелем.....	173
Упражнение 10.14.5. Отработка торможения.....	174
Упражнение 10.14.6. Отработка торможения с пролетом через ворота.....	175
Группа упражнений «Повороты и развороты».....	176
Упражнение 10.14.7. Полет между флагами по произвольной траектории.....	176
Упражнение 10.14.8. Полет по квадрату.....	176
Упражнение 10.14.9. «Большая восьмерка».....	177
Упражнение 10.14.10. «Змейка».....	178
Упражнение 10.14.11. «Восьмерки».....	179
Упражнение 10.14.12. Усложненная трасса полета в режиме FPV.....	179
Заключение.....	181
Приложение. Законодательные нормы эксплуатации БПЛА на территории России и их разъяснение.....	183
Имеет ли право полицейский изъять дрон?.....	183
Что вправе сделать полицейский?.....	183
Организации, ответственные за соблюдение законов в сфере беспилотников.....	184
Что необходимо сделать, чтобы совершать законные полеты дрона?.....	185
Постановка дрона на учет.....	185

Оформление страховки на дрон	186
Полеты без получения разрешения на воздух	186
Получение разрешения на использование воздушного пространства	188
Установление местного или временного режима для полета	189
План полета	190
Сообщения о подтверждении совершения полета по установленному режиму	192
Разрешение на выполнение фото-/видеосъемки с воздуха	193
Ответственность за нарушение процедур, установленных для законных полетов	195
Глоссарий.....	197
Общая терминология.....	197
Управление дроном	203
Обозначения и аббревиатуры	204
Обозначения на аккумуляторах Li-Po.....	206
Описание электронного архива.....	207
Предметный указатель	209

Предисловие

Уважаемый читатель!

Книга, которую вы держите в руках, — ваш первый шаг в мир дронов. Она откроет вам все многообразие беспилотных летательных аппаратов гражданской сферы, поможет выбрать свой первый дрон и понять, что для вас интереснее: просто поиграть, стать спортсменом, заняться высококачественной фото- и видеосъемкой с воздуха или войти в круг бизнеса промышленных дронов.

Книга разделена на три части. *Первая* рассказывает о разнообразии гражданского рынка дронов, их возможностях и перспективах использования. *Вторая* посвящена практике пилотирования самых простых дронов. Информация в ней дается дозированной и представлена в форме *уроков*. Вам надо будет очень постараться, чтобы освоить все нюансы непростого пилотирования простого квадрокоптера. В роли *третьей* части выступает *приложение*, содержащее полезную информацию о законах, регулирующих полеты дронов. Завершает книгу *гlossарий* — если вам встретится термин, значение которого вы не знаете, он вам его разъяснит.

В *первой части* книги все разнообразие дронов поделено на категории в зависимости от их стоимости и, соответственно, возможностей. Вы познакомитесь с функциями и особенностями дронов различных ценовых сегментов, практикой их эксплуатации, и получите необходимые и достаточные знания, чтобы извлечь из приобретения выбранного вами дрона максимум пользы.

Вторая часть книги — практическая. Вне зависимости от того, какой путь «дронвода» вы выберете, она поможет вам овладеть непростым процессом безопасного и успешного ручного пилотирования дронов мультироторного типа (в частности, квадрокоптеров). Простейший квадрокоптер вы можете легко купить в детском отделе крупного супермаркета типа «Ашана» или «О’КЕЯ» или в профильном магазине, но управлять вручную даже игрушкой вовсе не просто, и книга поможет вам стать «асом» в этом деле. Купив новенький квадрокоптер и запустив его в воздух без понимания всех нюансов управления им, вы с немалой вероятностью его сразу же и разобьете. Если же ваш дрон окажется достаточно прочным, чтобы выдерживать десятки ударов и падений, вы можете решить, что он плохой и совершенно бесполезный, поскольку все время падает. Но это не так. Чтобы квадрокоптер летал, вы должны уметь им управлять! И научиться этому вам помогут 14 уроков пи-

лотирования дронов, приведенные во *второй части* книги. Сначала все задания выполняются на авиасимуляторе PicaSim. Это безопасно, полезно и бесплатно — симулятор полетов на самолетах и квадрокоптерах PicaSim доступен для свободного скачивания в Интернете. Его очень просто найти в поисковиках по запросу Picasim и скачать по первой же ссылке. Симулятор весьма прост в освоении и поможет вам получить достаточное количество навыков, чтобы приступить к полетам на настоящем квадрокоптере. Чтобы сразу привыкнуть к управлению им с помощью специального пульта управления моделями, мы настоятельно рекомендуем вместе с симулятором обзавестись именно тем оборудованием, которое вы собираетесь использовать для управления реальным устройством. В книге описано подключение к авиасимулятору геймпада от игровой приставки, а также пульта для авиасимулятора на примере игрового джойстика (геймпада) и бюджетной аппаратуры для компьютера FlySky FS-SM600, доступной в продаже в магазинах радиоуправляемой тематики.

И помните: чем дешевле и меньше квадрокоптер, тем сложнее им управлять. Но если вы научитесь управлять такой моделью, освоить более дорогие и крупные вам будет гораздо легче. При этом мы категорически не рекомендуем приступать к полетам на реальном квадрокоптере без тренировок на авиасимуляторе.

Будьте внимательны! Представленные в книге практические упражнения, направленные на отработку навыков ручного пилотирования в процессе летного обучения, подразумевают необходимость многократного повторения уже пройденных упражнений. При освоении новых упражнений могут забываться навыки, приобретенные ранее, и из-за отсутствия такого повторения может ухудшиться качество обучения более сложным элементам полета.

Помимо нюансов пилотирования дрона в закрытом помещении, будь то квартира или огромный павильон, из *второй части* книги вы также узнаете о важнейших особенностях пилотирования дронов на открытом воздухе и поймете, как сильно на полет различных дронов влияет ветер, как на функционировании дрона сказывается влажность, какие правила техники безопасности являются важнейшими при полетах на улице.

ЦВЕТНАЯ ВКЛЕЙКА

Большинство иллюстраций книги удобнее рассматривать в цветном формате, однако по понятным причинам в тексте книги они представлены в черно-белом варианте. Тем не менее, наиболее важные для понимания материала книги иллюстрации вынесены на цветную вклейку (в тексте ссылки на них помечены префиксом «ЦВ»).

В *приложении* к книге приведена информация о важнейших законодательных актах, регулирующих полеты беспилотных аппаратов в воздухе над территорией России, — важнейшие сведения для тех, кто серьезно настроен пилотировать дроны.

ЭЛЕКТРОННЫЙ АРХИВ

Книгу сопровождает электронный архив, содержащий выдержки из важнейших законодательных актов, регулирующих полеты беспилотных аппаратов в воздухе над территорией России, ссылки на полезные сайты, а также комплект файлов иллюстраций из

книги. Этот архив можно скачать с FTP издательства «БХВ-Петербург» по ссылке <ftp://ftp.bhv.ru/9785977567152.zip>. Ссылка доступна и со страницы книги на сайте издательства www.bhv.ru.

Книга адресована любым читателям, не обладающим знаниями о дронах и навыками управления квадрокоптерами и желающим их освоить.



В тексте книги таким знаком выделена важная информация, изучению которой стоит уделить особое внимание



Таким знаком выделены важные советы, которые помогут вам справиться с практическими заданиями.



А таким знаком помечены примеры рекомендуемых моделей по рассматриваемым категориям.



ЧАСТЬ I

Дроны: от игрушечных к спортивным и промышленным

Главы этой части помогут вам разобраться с огромным многообразием различных моделей дронов, которые буквально за несколько лет заполнили полки магазинов. Здесь вы найдете описание возможностей, особенностей и перспектив использования дронов самых разнообразных ценовых категорий, узнаете, что вы получите за ту сумму, которую готовы заплатить, и как сможете извлечь максимум пользы из своего приобретения.

ГЛАВА 1



Дроны-игрушки до 2 тыс. рублей

В этой главе сравниваются дроны из магазинов детских игрушек и детских отделов больших супермаркетов с дронами из специализированных магазинов радиоуправляемых моделей за схожую цену, а также приводятся общие характеристики категории наиболее бюджетных моделей любительских дронов (квадрокоптеров):

- где и какие дроны можно купить за сумму до 2 тыс. рублей?
- почему дрон из магазина «Хобби Остров» за 1,5 тыс. рублей лучше дрона из «Ашана» за 2 тыс. рублей?
- что вы получите за эту сумму?
- что нужно, чтобы не разбить дрон в первый же полет? Особенности эксплуатации.
- кому дроны-игрушки хороши, а кому не стоит их покупать?
- как извлечь максимум пользы из покупки?
- каковы перспективы использования дронов-игрушек?

Из этой главы вы узнаете, на какие дроны стоит обратить внимание прежде всего и как уложиться в скромный бюджет, оставшись при этом довольным своей игрушкой.



Примеры моделей: WlToys V686, Syma X5, Syma X9, Syma X11 и подобные.

Две тысячи рублей — вполне достаточная сумма для того, чтобы купить хороший компактный квадрокоптер. В нее может уложиться даже дрон с камерой и трансляцией видео в режиме реального времени! Но нужно помнить, что за минимальную цену и решение будет не самое лучшее.

ГДЕ КУПИТЬ?

Рынок бюджетных беспилотников гораздо обширнее, чем рынок профессиональных дронов. Благодаря большой популярности таких аппаратов, сейчас дрон до

2 тыс. рублей можно купить как в магазине детских игрушек, так и в детских отделах крупных гипермаркетов, наподобие «О'КЕЯ», «Ленты» и «Ашана».

Магазинов, которые специализируются именно на радиоуправляемых моделях, меньше. Зато в них вы сможете найти не только квадрокоптеры, но и много других разнообразных моделей: самолеты, танки, автомобили, грузовики, лодки и многое другое. Именно такой магазин вам стоит выбрать для покупки подобного аппарата. На это есть ряд очень существенных причин.

Цена

Как правило, в магазинах, не специализирующихся на радиоуправляемых моделях, цена на них существенно завышена. В типичном модельном магазине можно купить такую же игрушку минимум в 1,5 раза дешевле.

Качество

Закупочные отделы универмагов, универсамов, в том числе и детских, вовсе не разбираются в качестве летающих моделей и разбираться не будут. Ведь это не то, на чем они специализируются. Будьте уверены, что в таких магазинах вы купите модель совершенно неизвестного производителя, не предоставляющего гарантию, не продающего запасные части и аксессуары и, скорее всего, не существующего под тем названием, что написано на коробке. А на полноценную гарантию со стороны универмага можете даже не рассчитывать.

Более того, ни один продавец не проверит работу покупаемого вами квадрокоптера. Вы элементарно возьмете кота в мешке. С неизвестным качеством и даже не будучи уверенным, что аппарат вообще работает.

Специализированные же магазины всегда заботятся о качестве производителя, могут представить, как минимум, две модели от одной фирмы на выбор, и обязательно дадут гарантию на каждую модель.

Сервис

Ни в одном универмаге ни один работник не ответит на интересующие вас вопросы о выбранной модели. Никто правильно не подскажет, какую модель лучше выбрать, как ее эксплуатировать и что для этого нужно уметь.

В модельном магазине вас проконсультируют «от и до». Помогут определиться с тем, что необходимо именно вам, посоветуют модель попрочнее, поинтереснее или подешевле. Там продавцы — еще и консультанты, они объяснят, как изделие работает, какие кнопки на пульте управления за что отвечают, проверят модель при вас, чтобы продемонстрировать ее работоспособность, обязательно расскажут о технике безопасности при работе с аккумуляторами. Как правило, в таком магазине на любую модель вы сможете приобрести запчасти и дополнительные аксессуары, а если что-то сломается и вы не сможете починить это сами, исправить поломку постараются сотрудники того же магазина. О гарантии уже упоминалось.

Все эти положительные моменты также распространяются и на заказы в этих магазинах через Интернет.

Итак, становится очевидно, что купить квадрокоптер до 2 тыс. рублей сейчас можно практически везде. Но покупать его нужно в специализированном магазине.

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫБОРА

Как уже было сказано, рынок бюджетных беспилотников гораздо обширнее, чем рынок профессиональных дронов, и даже за 2 тыс. рублей предлагается много моделей с самыми разнообразными параметрами.

Бренд

Бюджетный «квадрик» — это экономия производителя на всем: от корпуса до электронных компонентов, а некоторые компании-однодневки и вообще могут обмануть и подsunуть вовсе не работоспособное устройство. Соотнеся цену и качество, вы должны понимать, что за низкую цену невозможно купить высококачественный продукт. Поэтому разумно смотреть только на изделия, выпускающиеся проверенными компаниями: например, Syma Toys, Cheerson, MJX, Eachine, Hubsan, Nine Eagles, WLToys. Впрочем, список компаний-производителей на рынке постоянно растет, и если вы нашли понравившийся квадрокоптер от другого производителя, но с большим количеством положительных отзывов, то стоит рискнуть.

Размер

Чем крупнее летательный аппарат, тем больше его вес, мощность и цена. Чем меньше размер — тем крепче конструкция и тем больше ударов и падений игрушка может пережить. Но маленьким коптером неопытному пилоту управлять сложнее.

Да, выбрать коптер не так легко, как кажется (рис. 1.1). Коптеры размером с ладонь и меньше предназначены для домашних полетов. Некоторые думают, что полеты дома скучны и неинтересны. Однако все зависит только от вашего воображения. Вы можете соорудить себе огромное количество разнообразных препятствий, заданий и трасс из любых вещей, что найдете дома. Отдельное удовольствие — играть с домашними животными. Если вы все же решили запускать свой дрон на улице, то помните про ветер! Коптеры в ценовом сегменте до 2 тыс. рублей можно запускать на улице только в штиль. Если на высоте вашего роста вы чувствуете небольшой ветерок, то с набором высоты он только усиливается! И такой ветер в состоянии взять ваш дрон под свой контроль (тонкости эксплуатации дронов дома и на улице вы найдете во *второй части* книги).

Что касается формы устройства, то она вторична. Подавляющее большинство беспилотников имеет продуманный дизайн и только за редким исключением нуждается в каких-либо доработках. А вот если вы наткнулись на монстров-мутантов 2-в-1 типа машина-квадрокоптер или самолет-мультиротор, то такие варианты могут быть интересны только для домашнего использования, поскольку качество исполнения тут совершенно соответствует цене.

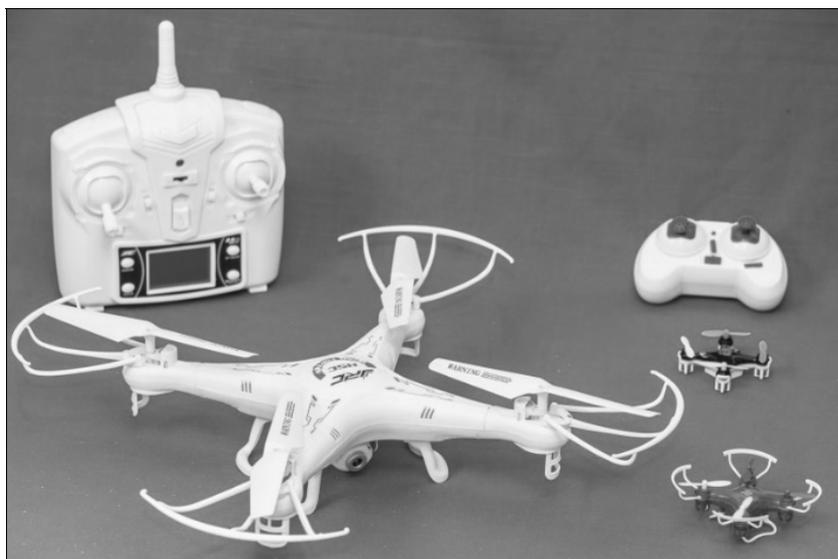


Рис. 1.1. Квадрокоптеры разных размеров

Камера

Комплектные камеры «бюджетников» откровенно плохо снимают. Вы, конечно, мечтаете посмотреть на мир с высоты птичьего полета, хотя бы через камеру своего мультикоптера (рис. 1.2). Однако как бы вы ни тешили и ни уговаривали себя, но камера бюджетного дрона — это последнее, за что стоит доплачивать. 0,3 мегапикселя снимка, растянутые до HD-разрешения — лучшее, на что приходится рассчитывать. Ни о каких качественных фотоснимках и видеороликах речи тут быть не может. Так что, если выбранный вами дрон не комплектуется камерой, не покупайте ее отдельно: помимо плохого качества изображения, вы увеличите вес квадрокоптера и тем самым уменьшите время его полета.

Другое дело FPV (First Person View), или система управления с видом «от первого лица». Здесь камера используется для трансляции изображения на приемник. Как



Рис. 1.2. Камера бюджетного беспилотника



ЧАСТЬ II

Уроки пилотирования квадрокоптера

Изучение материала глав *второй части* книги позволит вам освоить непростое управление самым простым квадрокоптером. Эта часть включает четыре главы: в *главе 7* вы познакомитесь с основами пилотирования квадрокоптера и узнаете, как вообще он летает; в *главе 8* освоите пилотирование в авиасимуляторе — это самый безопасный способ научиться летать на дронах; *глава 9* посвящена пилотированию простого квадрокоптера в помещении — основам техники безопасности и необходимым навыкам обращения с дроном; а в *главе 10* представлены уроки пилотирования на открытом воздухе — все самые важные нюансы и предупреждения перед тем, как выйти с дроном на улицу.

ГЛАВА 7



Основы пилотирования

Перед тем, как начать пилотировать квадрокоптер, разберемся, как вообще он летает.

Квадрокоптер является частным случаем *мультироторной системы* — многомоторного летательного устройства, которое держится в воздухе, управляется и перемещается за счет двух и более винтомоторных групп, расположенных преимущественно вертикально. В свою очередь, мультироторная система является частным случаем вертолетной схемы строения летательных аппаратов. Для сокращения мультироторные системы часто называют *мультикоптерами*, или просто *коптерами*. Говоря «коптер», вы можете подразумевать летательный аппарат со сколь угодно большим количеством моторов на борту.

К примеру, коптер с восемью моторами называется *октокоптером*, с шестью — *гексакоптером*, с тремя — *трикоптером*. Соответственно, если на летательном аппарате установлено четыре одинаковых двигателя — это *квадрокоптер*.

Классический квадрокоптер (рис. 7.1) представляет собой крестообразную раму, на концах лучей которой вертикально установлены моторы. На каждом моторе закреплен *пропеллер*, который также иногда называют *воздушным винтом*. Мотор и винт образуют *винтомоторную группу* (ВМГ). Иногда к ВМГ также относят и *регулятор оборотов*, который управляет скоростью вращения мотора.

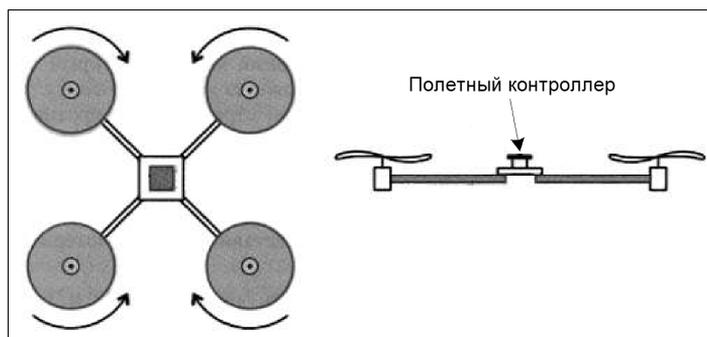


Рис. 7.1. Классический квадрокоптер

При вращении пропеллеров всех четырех моторов создается суммарная тяга. При этом моторы вращают их в противоположных направлениях (см. рис. 7.1). По похожей схеме работают соосные вертолеты. Дело в том, что вращение каждого винта создает реактивный крутящий момент, который старается развернуть аппарат в сторону, противоположную вращению винта. Чтобы противодействовать этому развороту, второй такой же винт вращается в другую сторону, тем самым компенсируя крутящий момент первого винта. На коптерах два диагонально расположенных винта вращаются по часовой стрелке, другие два — против нее.

Управляя скоростью вращения (оборотами) моторов, можно заставить коптер двигаться вверх, вниз или зависать на месте. Так, если изменить обороты одних моторов и оставить вращение других без изменения, квадрокоптер наклонится и полетит соответственно произведенному изменению. Например, при увеличении оборотов двух задних моторов задняя часть коптера приподнимется, заставляя таким образом его наклониться и лететь вперед. По схожей схеме организуются и развороты дрона — если увеличить обороты двух диагонально противоположных моторов и одновременно на столько же уменьшить обороты двух остальных (при этом суммарная тяга не изменится), коптер начнет вращаться вокруг своей вертикальной оси по часовой стрелке или против нее.

Таким образом, за счет неравномерного изменения оборотов на каждом моторе можно заставлять коптер лететь в произвольном направлении.

КАНАЛЫ УПРАВЛЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРОМ

Угловые отклонения коптера по осям по аналогии с большой авиацией называются «тангаж», «крен» и «рыскание». Однако в практике дронеров прижились англоязычные термины: Pitch — наклон вверх/вниз, *тангаж* (рис. 7.2), Roll — наклон вправо/влево, *крен* (рис. 7.3), Yaw — вращение в горизонтальной плоскости, *рыскание* (рис. 7.4). Существуют также синонимы этих англоязычных терминов, чаще используемые для самолетов: Elevator, Aileron и Rudder — соответственно, для тангажа, крена и рыскания.

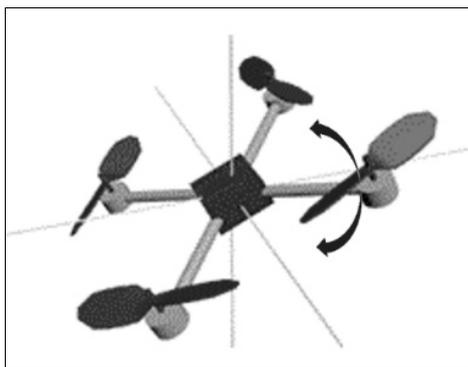


Рис. 7.2. Pitch (тангаж). В коптерах манипуляции с этим моментом силы позволяют устройству двигаться вперед или назад за счет наклона «носа» в соответствующем направлении

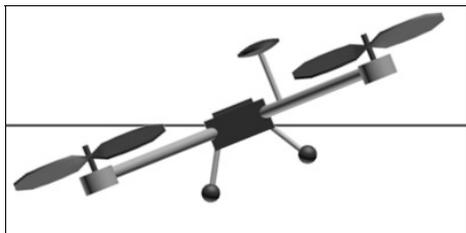


Рис. 7.3. Roll (крен) — наклон мультикоптера влево/вправо. За счет крена коптер может двигаться боком в соответствующую сторону

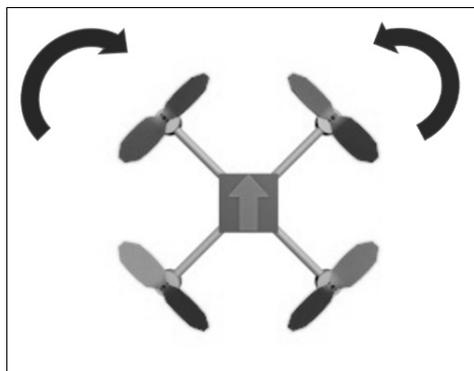


Рис. 7.4. Yaw (рыскание) — поворот «носа» мультикоптера, условно — вращение по часовой стрелке или против нее

Специфичным для коптеров является термин Throttle (по-англ. «дроссель»). Он часто переводится как «тяга», «обороты», «общий газ» или просто — в обиходе — «газ». *Газ* мультикоптера — среднее арифметическое между скоростями вращения всех моторов. Чем больше газ, тем больше суммарная тяга моторов и тем сильнее они уносят коптер вверх (проще говоря, «газ в пол» здесь означает наискорейший подъем при условии, что коптер находится в ровном положении). Обычно газ измеряется в процентах: 0% — моторы остановлены, 100% — моторы вращаются с максимальной скоростью. Газ висения — минимальный уровень оборотов, который необходим, чтобы коптер не терял высоту.

Газ, тангаж, крен и рыскание — если вы можете управлять этими четырьмя параметрами, значит, вы можете управлять квадрокоптером. Их еще называют *каналами управления* (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Каналы управления квадрокоптером

БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНИЯ ПОЛЕТА

- *Арм* (от англ. arm, вооружить, завести) — разблокировать (завести) моторы коптера и перевести его в готовое к полету состояние, после чего он начинает реагировать на движения стика газа (рис. 7.6, *левые позиции*). Процедура арма на разных коптерах производится по-разному и описана в инструкциях. Внимательно с ней ознакомьтесь!

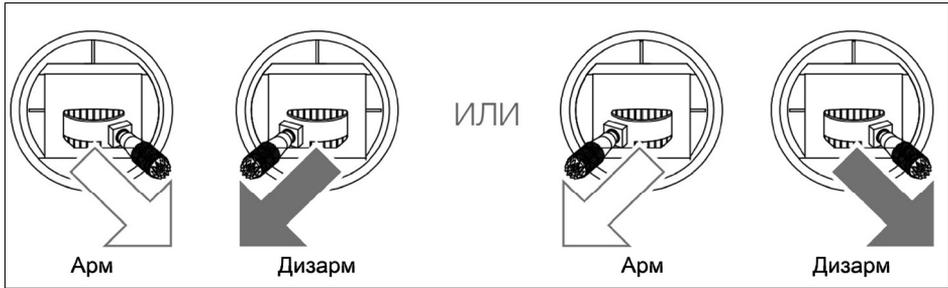


Рис. 7.6. Процедуры арма и дизарма для большинства коптеров DJI

- *Дизарм* (от англ. disarm, разоружить) — заблокировать (заглушить) моторы коптера, после чего он перестает реагировать на движения стика газа (рис. 7.6, *правые позиции*). Как и арм, процедура дизарма также описана в инструкциях, и, как правило, противоположна процедуре арма (движение тех же стиков в другую сторону).
- *Визуальное пилотирование* (Line of Sight, LOS, «в поле зрения») — режим пилотирования, при котором коптер находится в зоне прямой видимости пилота.
- *Полет по камере* (First Person View, FPV, «вид от первого лица») — режим пилотирования, при котором управление коптером осуществляется с помощью дополнительного оборудования с видеоканалом, по которому изображение с камеры, установленной на борту коптера, передается на специальные видеоочки, видеошлем, монитор или даже смартфон. То есть при таком полете можно видеть «глазами» дрона.

ПОЧЕМУ ЖЕ УПРАВЛЯТЬ ДРОНОМ ТАК СЛОЖНО?

Любой работник модельного магазина, в котором продают квадрокоптеры, скажет вам, что каждый новый покупатель простенького дрона поначалу жалуется всем, что его аппарат не может нормально летать. Да, бюджетный дрон не будет удерживаться в одной точке по GPS на улице или по специализированным датчикам в помещении — ведь он же бюджетный. Да, он не может «висеть» в одном положении — он всегда станет крениться в одну из сторон. Да, пытаться удержать дрон на одной высоте очень сложно. И вообще, управлять дроном — это сложно. Почему же?

Потому что это машина, которая передвигается в трехмерном пространстве в любую из сторон, и вам надо контролировать одновременно положения двух стиков

ГЛАВА 8



Уроки пилотирования в авиасимуляторе

В этой главе мы рассмотрим все нюансы управления квадрокоптером в совершенно безопасной виртуальной среде авиасимулятора. Настоятельно не рекомендуется приступать к управлению реальным коптером без освоения пилотирования в тренажере.



Представленные здесь практические упражнения, направленные на отработку навыков ручного пилотирования аппаратом, подразумевают необходимость многократного их повторения. При освоении новых упражнений могут забываться навыки, приобретенные ранее, а из-за отсутствия повторений может ухудшиться качество обучения более сложным элементам полета.

УРОК 1. ОСВАИВАЕМ ПЕРВЫЕ ПОЛЕТЫ — ПЕРВЫЙ РАЗ ЛЕГЧЕ ПО FPV

На первом уроке вы узнаете о нюансах и сложностях управления дроном и об основных режимах управления и полета. Сначала мы настроим выбранный вами пульт для его использования в авиасимуляторе, а затем вам будет предложено совершить тестовые полеты в авиасимуляторе в режиме FPV (First person view, «от первого лица») и полетать по заданной траектории, используя возможности авиасимулятора.

Оборудование и программное обеспечение

Оборудование и программное обеспечение, необходимые для выполнения этого урока, представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Оборудование и программное обеспечение, необходимые для выполнения урока 1

№ п/п	Позиция
1	Компьютер или ноутбук
2	Пульт управления FlySky FS-SM600 или аналогичный с возможностью подключения к компьютеру либо геймпад от игровой приставки

Таблица П.1. Меры ответственности за нарушения в сфере использования БВС в соответствии с КоАП РФ, ст. 11.3–11.5

Нарушение	Штраф		
	Для граждан	Для должностных лиц	Для юридических лиц
За нарушение воздушного пространства, если это действие не содержит уголовно наказуемого деяния	От 25 тыс. до 50 тыс. рублей	От 100 тыс. до 150 тыс. рублей	От 250 тыс. до 300 тыс. рублей или приостановление деятельности на срок до 90 суток
За нарушение правил использования воздушного пространства лицами, не наделенными в установленном порядке правом на осуществление деятельности по ИВП, если это действие не содержит уголовно наказуемого деяния	От 30 тыс. до 50 тыс. рублей	От 50 тыс. до 100 тыс. рублей	От 300 тыс. до 500 тыс. рублей или приостановление деятельности на срок до 90 суток
Нарушение порядка допуска к выполнению полетов воздушных судов либо правил подготовки и выполнения полетов, если эти действия по неосторожности повлекли причинение легкого вреда здоровью	От 1 тыс. до 2 тыс. рублей или лишение права управления ВС на срок от 3 до 6 месяцев	От 3 тыс. до 4 тыс. рублей	От 50 тыс. до 80 тыс. рублей
Нарушение порядка допуска к выполнению полетов воздушных судов либо правил подготовки и выполнения полетов, если эти действия по неосторожности повлекли причинение средней тяжести вреда здоровью потерпевшего	От 2 тыс. до 2,5 тыс. рублей или лишение права управления ВС на срок до 1 года	От 10 тыс. до 20 тыс. рублей	От 80 тыс. до 100 тыс. рублей
Управление воздушным судном, не прошедшим государственной регистрации либо не поставленным на государственный учет, либо не имеющим государственного и регистрационного или учетного опознавательных знаков, либо имеющим заведомо подложные такие знаки	Штраф командиру воздушного судна от 2 тыс. до 2,5 тыс. руб. или лишение права управления ВС на срок до 1 года		

Глоссарий

ОБЩАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

Автономное воздушное судно (англ. Autonomous Aircraft Vehicle) — беспилотное воздушное судно (ВС), выполнение полетного задания которого не предусматривает вмешательства пилота в управление полетом (ГОСТ Р 57258-2016).

Аккумулятор, Аккумуляторная батарея (АКБ) — автономный источник питания. Устройство для накопления энергии с целью ее последующего использования.

Аналоговый сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией времени и непрерывным множеством возможных значений. На практике это означает, что в любой момент времени сигнал может принимать любое произвольное значение в заданном диапазоне.

Аппаратура радиуправления — компоненты, с помощью которых становится возможным управление радиоуправляемыми моделями. Главные компоненты — передатчик (пульт управления) и приемник (устанавливается на модели, к нему подключаются все исполнительные устройства; практически это «мозг» дрона). Аппаратура характеризуется используемыми частотами, управляемыми каналами, дальностью действия и другими дополнительными функциями.

Аэродинамика — раздел физики, наука об общих законах движения газа (преимущественно воздуха), а также о взаимодействии газа с движущимися в нем телами.

Балансировка (англ. Balance) — выравнивание напряжений на отдельных ячейках, из которых состоит аккумулятор.

Балансировочный разъем (англ. Balance Connector) — разъем на аккумуляторе, предназначенный для заряда/разряда и мониторинга отдельных ячеек аккумулятора. См. также JST-XH, раздел Разъемы.

Беспилотная авиационная система (англ. Unmanned Aircraft System) — комплекс, включающий одно или несколько беспилотных ВС, оборудованных системами навигации и связи, средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи/получения данных, используемые для управления полетом и обмена данными о параметрах полета, служебной информацией и информацией о полезной нагрузке такого или таких воздушных судов, и канал свя-

зи со службой управления воздушным движением. Наряду с термином «беспилотная авиационная система» используется также термин «авиационная система с беспилотным воздушным судном (беспилотными воздушными судами)» (ГОСТ Р 57258-2016).

Беспилотное воздушное судно (англ. Unmanned Aircraft Vehicle, UAV) — воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту. Наряду с термином «беспилотное воздушное судно» используется термин «беспилотный летательный аппарат» (ГОСТ Р 57258-2016).

Биндинг (англ. Binding) — процесс установки постоянной связи (привязки приемника к передатчику). После этого приемник воспринимает команды только от этого передатчика, игнорируя все остальные. Это одна из причин, почему на частоте 2,4 ГГц одновременно могут работать множество передатчиков.

Вентильный (бесколлекторный) двигатель постоянного тока (англ. Brushless DC Motor, BLDC, BL) — электродвигатель, частота вращения вала которого регулируется импульсной подачей напряжения. Принцип управления вентильным (бесколлекторным) двигателем называется *широотно-импульсной модуляцией* (ШИМ). Это наиболее распространенный вид двигателя, используемый в построении дронов. Он более мощный, прочный и ремонтпригодный по сравнению с другим типом электродвигателей — коллекторным двигателем.

Взлетный вес (англ. Take Off Weight, TOW) — общий вес дрона, совершающего полет. Включает аккумулятор, приемник, раму, кабели, моторы, полезную нагрузку и прочие установки. То же самое, что и *полетный вес*.

Видеошлем и видеоочки (FPV-оборудование) — оборудование для трансляции и приема видеоряда с камеры, установленной на дроне, в режиме реального времени с минимальной задержкой. Используется, как правило, совместно со спортивными дронами для непосредственного управления дроном в режиме FPV («от первого лица»). При таком полете пилот ощущает себя внутри дрона, которым управляет. Также используется при управлении с целью съемки быстро движущихся объектов и художественной съемки обширных площадей на высокой скорости полета.

Винтомоторная группа (ВМГ) — установка, создающая тягу, под воздействием которой винтовой летательный аппарат движется в требуемом направлении (или стремится двигаться), а также, например, зависает, когда сила, создаваемая ВМГ, компенсируется силой тяжести. Винтомоторная группа включает двигатель, воздушный винт (пропеллер), а также все узлы, агрегаты и системы, необходимые для эффективной и надежной работы ВМГ. Например, в состав ВМГ может быть включен определяющий ее характеристики контроллер мотора (регулятор скорости).

Воздушное судно (ВС) — летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды (ВЗК РФ, статья 32).

Воздушный винт — лопастной агрегат, работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, преобразующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги. Может

быть с изменяемым шагом или фиксированным шагом. Иногда называют *пропеллером*, однако пропеллер — это более узкое название, которое относится только к винтам с фиксированным шагом (см. также **Пропеллер**).

Временный режим — запрещение или ограничение использования воздушного пространства Российской Федерации в отдельных его районах.

Гексакоптер (англ. Hexacopter) — летательный аппарат мультироторного типа с 6-ю роторами на борту.

Гоночный дрон, Гоночный квадрокоптер — спортивный квадрокоптер для участия в гонках (дрон-рейсинге). Отличается высокой скоростью, небольшим весом, потрясающей маневренностью. Управляется только полностью вручную. Собирается самостоятельно. Типоразмер — 250 мм (в среднем, допустимые размеры — от 130 до 300 мм), где цифра обозначает расстояние между моторами, расположенными по диагонали друг от друга.

Диверсити (англ. Diversity) — технология, обычно используемая в приемниках радиоканала. А также электронное устройство, к которому подключаются два или более приемника радиосигнала (например, с разными антеннами или работающими на разных частотах), позволяющее выбрать для использования (например, для управления или вывода на экран или видеоочки) наиболее качественный сигнал — сильный и без помех. При этом технология Диверсити по определенному алгоритму определяет, какой радиосигнал лучше (сильнее или менее искажен помехами) и дает его на выход. Может применяться в аппаратуре радиоуправления (приемники с двумя антеннами могут содержать встроенный Диверсити), а также в видеолинках. Устройства на основе Диверсити различаются ценами и алгоритмами определения «лучшего» сигнала. Они могут представлять собой самостоятельные агрегаты с видеовходами (видеоприемники с двумя высокочастотными модулями и встроенным Диверсити), а также входить в состав некоторых комплектов телеметрии.

Дистанционно пилотируемая авиационная система (англ. Remotely Piloted Aircraft System) — комплекс конфигурируемых элементов: дистанционно пилотируемое воздушное судно, связанная с ним станция (станции) внешнего пилота, осуществляющего непрерывный мониторинг параметров полета по каналу управления и передачи данных, а также бортовое оборудование полезной нагрузки, совместно функционирующих в ходе выполнения полета. Наряду с термином «дистанционно-пилотируемая авиационная система» используется также термин «авиационная система с дистанционно пилотируемым воздушным судном (дистанционно пилотируемые воздушными судами)» (ГОСТ Р 57258-2016).

Это также комплекс взаимосвязанных элементов, включающий одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлета и посадки, а также средства управления полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полетом одного или нескольких беспилотных воздушных судов (ВЗК РФ, статья 32).

Дрон (англ. Drone) — беспилотный аппарат, выполняющий свое движение без пилота (экипажа) на борту и управляемый в процессе полета автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов.

Дрон-рейсинг, Гонки дронов — спортивная дисциплина, официально зарегистрированная как авиамодельный класс F9U во всем мире. Представляет собой гонки спортивных дронов по специально построенной трассе (гоночном треке), состоящей из ворот, флагов и других препятствий, которые нужно проходить. Цель — прийти первым, верно преодолев все препятствия.

Квадрокоптер (англ. Quadcopter) — летательный аппарат мультироторного типа с четырьмя роторами на борту. Самый распространенный вид мультироторной системы.

Кнопка — механическое устройство для передачи сигнала или ввода информации. Элемент интерфейса человек-машина, элементарный физический механизм передачи электрического сигнала различным устройствам путем замыкания или размыкания двух и более контактов. По сути своей является датчиком внешнего физического воздействия (усилия нажатия), передающим далее факт такого соединенным с ним устройствам.

Коллекторный электродвигатель постоянного тока (англ. Brushed DC motor) — двигатель, оснащенный коммутирующим устройством (например, токоснимающими щетками), позволяющим изменять направление прохождения тока через якорь. Наличие щеточно-коллекторного узла подразумевает механическую систему подвижных контактов, т. е. не исключено искрение (сильный нагрев) и быстрый износ при неблагоприятных условиях эксплуатации (влага, грязь, пыль). Однако малые размеры, вес, возможность восстановления щеточно-коллекторного механизма, а также относительно низкая стоимость делают такой тип двигателя наиболее часто применяемым в бюджетных комплектациях моделей.

Литий-полимерный аккумулятор (англ. Lithium-Polymer, Li-Po) — автономный источник питания, чаще других применяемый в системах управления электродвигателями. Литий-полимерные аккумуляторы обладают по сравнению с другими типами аккумуляторов большей емкостью на единицу веса, но требуют очень бережной эксплуатации. Важная особенность литий-полимерных батарей — отсутствие жидкого электролита и возможность изготавливать более прочные плоские аккумуляторы произвольного размера. Литий-полимерные батареи собирают из отдельных аккумуляторных ячеек, которые в обиходе традиционно называют «банками». Такая ячейка представляет собой герметичный плоский пакет из очень прочного металлизированного пластика, внутрь которого помещена слоеная структура из электродов, пропитанных гелевым полимером (насыщенным литийсодержащим раствором) и сепараторов (разделителей). Рабочее напряжение одной ячейки — 3,7 вольта. В зависимости от уровня заряда батареи, напряжение может быть немного меньше или больше. В особых случаях используют до восьми последовательно соединенных ячеек. Ячейки могут также соединяться параллельно для увеличения отдаваемого тока.

Местный режим — запрещение или ограничение использования воздушного пространства в отдельных районах воздушного пространства зоны Единой системы.

Мощность (англ. Power) — физическая величина, равная в общем случае скорости изменения, преобразования, передачи или потребления энергии системы. В более

узком смысле мощность равна отношению работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени. Электрическая мощность устройства определяется как сила тока, умноженная на поданное напряжение. Мощность поворотных электродвигателей рассчитывается как произведение вращающего момента и частоты вращения. Мощность двигателя — работа, совершаемая двигателем в единицу времени.

Мультиметр — комбинированный электроизмерительный прибор, объединяющий в себе несколько функций. В минимальном наборе выполняет функции вольтметра (измеряет напряжение на элементах), амперметра (измеряет ток), омметра (измеряет сопротивление). В комплектацию мультиметра входят два щупа, которые прикладываются к входам и выходам компонентов, электрические свойства которых нужно измерить. Некоторые мультиметры также могут измерять емкость конденсаторов, осуществлять «прозвонку» проводов (проверку на наличие контакта), проверку диодов и транзисторов.

Мультироторная система, Мультикоптер, Коптер — беспилотный многомоторный летательный аппарат, оси винтомоторных групп (ВМГ) которого располагаются преимущественно вертикально.

Октокоптер (англ. Octocopter) — летательный аппарат мультироторного типа с восемью роторами на борту.

Пайка — технологическая операция, применяемая для получения неразъемного соединения деталей из различных материалов путем введения между этими деталями расплавленного металла (припоя), имеющего более низкую температуру плавления, чем материал соединяемых деталей. Эта операция производится *паяльником* — инструментом для пайки. Также для совершения пайки необходим *флюс* — вещество (чаще смесь), предназначенное для удаления оксидов с поверхности под пайку, снижения поверхностного натяжения припоя и улучшения его растекания. *Припой* — материал, применяемый при пайке для соединения заготовок и имеющий температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы. Припой можно разделить на свинцовые и бессвинцовые, а также с флюсом и без флюса.

ПИДы (англ. PIDс) — это коэффициенты P, I и D регулятора, при помощи которого дрон пытается удерживать заданное положение. Такой регулятор состоит из трех слагаемых: первое из них (P) — пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования, ошибка), второе (I) — интеграл сигнала рассогласования, третье (D) — производная сигнала рассогласования.

Пилотируемое воздушное судно (ПВС) — воздушное судно, управляемое в полете пилотом, находящимся на его борту (ВЗК РФ, статья 32).

Пины — контакты («пяточки») на плате, как правило, подписанные. Также *пинами* называют контакты в разъемах.

Полетный вес — вес снаряженного летательного аппарата вместе с полезной нагрузкой, экипажем и пассажирами (при их наличии), полностью готового к полету.

Пропеллер — лопастной агрегат с фиксированным шагом, работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, пре-

образующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги.

Протоколы передачи данных — это «язык», на котором различные элементы дрона «общаются» между собой, передавая команды к выполнению или информацию о работе того или иного узла.

Разъем, электрический соединитель — электротехническое устройство, предназначенное для механического (вручную) соединения и разъединения электрических цепей.

Рама — несущая конструкция дрона, на которой закрепляются все электронные компоненты и полезная нагрузка.

Ротор (англ. Rotor) — движущаяся часть электродвигателя.

Сигнал — код (символ, знак), созданный и переданный в пространство по каналу связи одной системой, либо возникший в процессе взаимодействия нескольких систем. Смысл и значение сигнала проявляются после регистрации и интерпретации в принимающей системе. В теории информации и связи, сигнал — носитель информации, используемый для передачи сообщений в системе связи.

Статор — неподвижная часть электродвигателя.

Стик — «джойстик» на аппаратуре радиоуправления.

Телеметрия (англ. Telemetry) — необязательное оборудование, позволяющее дрону передавать полетную информацию на аппаратуру управления или наземную станцию управления. Бывает нескольких видов: отображается на экране при помощи *экранного меню* (OSD, On-Screen Display) и/или передается на аппаратуру управления или через отдельный передатчик (и приемник) прямо на телефон, планшет или компьютер. Обычно передает следующую информацию: качество сигнала управления (RSSI), GPS-координаты, напряжение на аккумуляторе, потребляемый ток, направление движения, его траекторию, скорость.

Техническая дальность полета — максимальная дальность полета самолета в стандартных атмосферных условиях, без ветра, при полной заправке самолета топливом (полной зарядке АКБ) и полной его выработке, за исключением невырабатываемого остатка (остаточной емкости разряженной АКБ).

Трикоптер (англ. Tri-Rotor Drone, Tricopter) — летательный аппарат мультироторного типа с тремя роторами на борту.

Тяга (англ. Throttle, Thrust) — сила, создаваемая винтомоторной группой.

Универсальное зарядное устройство (англ. Balance Charger) — зарядное устройство для аккумуляторных батарей, способное останавливать процесс накопления заряда в аккумуляторе после его полной зарядки, балансировать напряжение отдельных ячеек аккумуляторной батареи, разряжать батареи полностью, а также до режима хранения («Storage»), запускать циклы заряд/разряд. Как правило, совместимы с несколькими типами аккумуляторных батарей: литиевых, металл-гидридных, свинцовых.

Цифровой сигнал — сигнал, который можно представить в виде последовательности значений, разбитых на конечное число интервалов.

Шаг (англ. Step angle) — расстояние, пройденное поступательно винтом, ввинчивающимся в твердую среду, за один полный оборот (360°). Измеряется в единицах расстояния за один оборот. Одна из основных характеристик воздушного винта (пропеллера).

У6 Трикоптер (англ. У6 Tricopter) — летательный аппарат мультироторного типа, выполненный по схеме трикоптера, но имеющий на каждом луче рамы аппарата по два мотора, расположенных с двух противоположных сторон луча.

УПРАВЛЕНИЕ ДРОНОМ

2,4 ГГц (2,4 Ghz) — основной частотный диапазон, на котором работает современная аппаратура управления. В данном диапазоне часто используется технология FHSS (псевдослучайной перестройки рабочей частоты, ППРЧ), которая позволяет менять частоты множество раз в секунду. Это избавляет от интерференции и позволяет нескольким передатчикам диапазона 2,4 ГГц работать одновременно.

Арм, Arm (от англ. to arm — вооружить, завести) — процедура, после активации которой летательный аппарат начинает реагировать на сигнал газа. Аналогия для автомобиля — «заармить» означает завести машину.

Вид «от первого лица» (англ. First Person View, FPV) — метод управления дроном с точки зрения пилота в режиме реального времени. Видеокамера, установленная на модели, передает изображение пилоту на экран монитора или в видеоочки.

Газ, Тяга (Throttle) — мощность работы двигателей. По сути, скорость вдоль вертикальной оси. Если дрон горизонтален (не наклонен), то определяет скорость набора высоты, если дрон имеет наклон в какую-либо сторону — скорость перемещения.

Дизарм, Disarm (от англ. to disarm — разоружать, заглушить) — процедура отключения реагирования дрона на сигнал газа. Аналогия для автомобиля — заглушить машину.

Крен, Ролл (англ. Roll, Aileron) — наклоны летательного аппарата вдоль продольной оси (наклоны вправо/влево).

Микширование (англ. Mix) — объединение двух каналов управления радиосистемы таким образом, чтобы при управлении одним каналом автоматически активизировался и другой. Например, при управлении некоторыми моделями самолета для поворота необходима комбинация элерона и руля направления.

Мода 1, 2, 3, 4 (англ. Mode I, II, III, IV) — тип расположения каналов управления относительно стиков на аппаратуре управления (рис. Г.1). Mode 2 — самый распространенный и используемый тип на подавляющем большинстве доступных в продаже дронов.

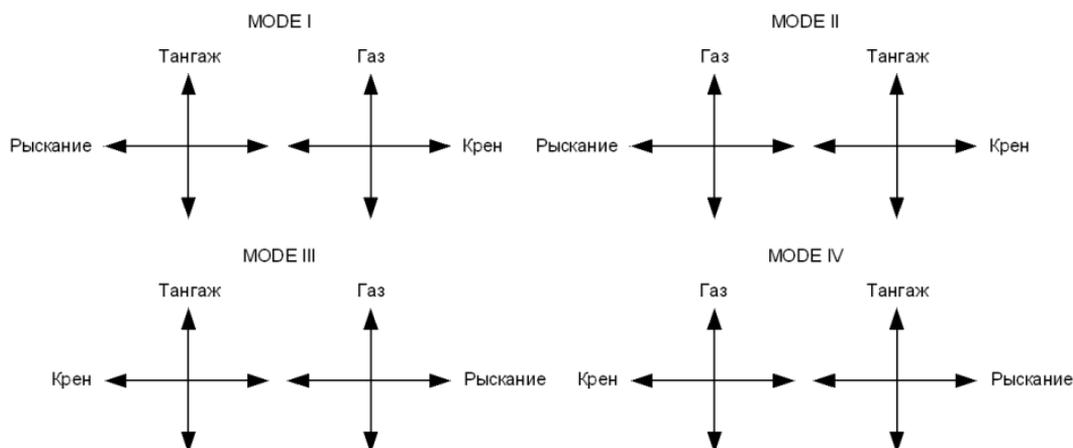


Рис. Г.1. Типы расположения каналов управления относительно стиков на аппаратуре управления

Полет «в поле видимости (зрения)» (англ. Line of Sight, LOS) — стиль управления, когда мультикоптер находится в поле зрения пилота, т. е. пилот смотрит на него со стороны (в отличие от FPV). При этом камера, видеопередатчик и приемник (монитор или видеоочки) не нужны.

Рыскание, Яв (англ. Yaw, Rudder) — вращение летательного аппарата вокруг его вертикальной оси.

Тангаж, Питч (англ. Pitch, Elevator) — наклоны летательного аппарата вдоль поперечной оси («носом» вверх и вниз).

Триммирование (англ. Trim) — точная настройка заданного канала управления. Например, чтобы при зависании в одной точке дрон не кренился или вращался. Другими словами, компенсация этих движений.

Фейлсейф (англ. FailSafe) — опция аппаратуры радиоуправления, отключающая двигатели авиамодели при потере сигнала от передатчика.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И АББРЕВИАТУРЫ

АКБ (аккумуляторная батарея) — группа однотипных аккумуляторов, соединенных электрически и конструктивно для получения напряжения, силы тока, электрического заряда (распространен термин «емкость») или мощности, которых один элемент дать не может.

БАС (беспилотная авиационная система) — см. *разд. «Общая терминология»*.

БВС (беспилотное воздушное судно) — см. *разд. «Общая терминология»*.

БЛА (беспилотный летательный аппарат) — см. *разд. «Общая терминология»*.

БПЛА (беспилотный пилотируемый летательный аппарат) — см. *разд. «Общая терминология»*.

ИВП (использование воздушного пространства) — деятельность, в процессе которой осуществляется перемещение в воздушном пространстве различных матери-

альных объектов (воздушных судов, ракет и пр.), а также другая деятельность (строительство высотных сооружений, деятельность, в процессе которой происходят электромагнитные и другие излучения, выброс в атмосферу веществ, ухудшающих видимость, проведение взрывных работ и т. п.), которая может представлять угрозу безопасности воздушного движения.

ЛАФС (линейная аэрофотосъемка) — аэрофотосъемка линейных протяженных объектов, таких как трубопроводы, дороги, ЛЭП и пр.

ЛТХ (летно-технические характеристики) — совокупность качественных и количественных параметров изделия техники, описывающая его эксплуатационные свойства.

ЛЭП (линии электропередач) — один из компонентов электрической сети, система энергетического оборудования, предназначенная для передачи электроэнергии посредством электрического тока на любую протяженность. Также электрическая линия в составе такой системы, выходящая за пределы электростанции или подстанции.

НСУ (наземная станция управления) — система, состоящая из программного обеспечения (ПО) и устройства-носителя этого ПО, содержащая в себе весь возможный функционал по управлению беспилотным воздушным судном. Составная часть беспилотной авиационной системы.

ПАФС (площадная аэрофотосъемка) — аэрофотосъемка так называемых *полигонов* (обширных нелинейных площадей).

ПЗ (полетное задание) — совокупность всех заданных действий для беспилотной воздушной системы в течение одного вылета от взлета до посадки.

ПН (полезная нагрузка) — модуль беспилотного воздушного судна. Дополнительное электронное устройство или совокупность электронных устройств, выполняющее различные функции: аэрофотосъемку, орошение земли, тушение возгораний, спасательную систему. Полезной нагрузкой также может считаться груз, переносимый с помощью БВС.

ПИД, PID (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, Proportional-Integral-Differential controller) — такой регулятор состоит из трех слагаемых: первое из них (P) пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования, ошибка), второе (I) — интеграл сигнала рассогласования, третье (D) — производная сигнала рассогласования.

ПО (программное обеспечение) — применительно к беспилотной авиации — программа или множество программ, используемых для управления беспилотной авиационной системой и ее настройки.

AWG (American Wire Gauge, американский калибр проводов) — чем меньше число AWG, тем это более толстый провод, а значит, тем больший ток через него можно пропустить. Как правило, к сервомашинкам ведут провода AWG 26, к моторам мини-коптеров — AWG 18–20. В качестве силовых проводов от аккумулятора используются провода с AWG от 8 до 12.

BEC (Battery eliminator circuit, преобразователь питания, БЭК) — система, преобразующая напряжение, получаемое от источника питания, в напряжение, необходимое для питания определенных элементов — как правило, в 3, 5 или 12 вольт.

BNF (Bind To Fly, дословно «Забиндить перед полетом») — так называют комплекты модельных продуктов, включающие радиоуправляемую модель без аппаратуры управления (которая докупается отдельно).

ESC (Electronic speed controller, электронный регулятор скорости) — устройство, вырабатывающее управляющее воздействие, необходимое для достижения заданной цели.

FC (Flight Controller) — полетный контроллер (ПК), проще говоря, «мозг» дрона.

FPV (First Person View, дословно «Вид от первого лица») — режим управления с передачей картинки с борта дрона в режиме реального времени.

LOS (Line of Sight, дословно «Поле зрения») — режим управления бортом в постоянном визуальном контроле.

PDB (Power distributor board) — плата распределения питания.

RTF (Ready To Fly, дословно «Готовый к полету») — так называют комплекты модельных продуктов, включающие все необходимое, в том числе и аппаратуру управления.

ОБОЗНАЧЕНИЯ НА АККУМУЛЯТОРАХ Li-PO

MAH, MAЧ, MA·Ч (MiliAmpere in hour, миллиампер в час) — внесистемная единица измерения электрического заряда, используемая, главным образом, для характеристики емкости электрических аккумуляторов, в том числе аккумуляторов для радиоуправляемых моделей. Заряженный аккумулятор с заявленной емкостью в 1 А·ч теоретически способен обеспечить силу тока в 1 ампер в течение одного часа (или, например, 10 А в течение 0,1 часа, или 0,1 А в течение 10 часов).

1S, 2S, 3S, 4S и т. д. — количество последовательно соединенных ячеек аккумулятора. Напряжение одной ячейки Li-Po: от 3 В (аккумулятор разряжен) до 4,2 В (полностью заряжен).

10C, 20C, 45C и т. д. — обозначение максимального разрядного тока. Под «С» подразумевается емкость аккумулятора. Например, для аккумулятора 1300 м·Ач с рейтингом 30С: $C = 1300 \text{ м·Ач} = 1,3 \text{ А·ч}$. Умножаем это значение на 30 и получаем максимальный разрядный ток для этого аккумулятора 39 А. Конечно, нужно учесть, что разряд аккумуляторов с токами около максимально допустимых, и тем более, превышающими их, ведет к значительному сокращению срока их эксплуатации.

Описание электронного архива

Электронный архив, сопровождающий книгу, опубликован на FTP-сервере издательства «БХВ-Петербург» по интернет-адресу **<ftp://ftp.bhv.ru/9785977567152.zip>**. Ссылка на него доступна и со страницы книги на сайте **<http://www.bhv.ru/>**.

Список папок и файлов, имеющихся в архиве:

- Documents — выдержки из законодательных актов, касающихся использования воздушного пространства и ответственности за нарушения таких правил;
- Images — папка с иллюстрациями книги;
- Ссылки.doc — полезные ссылки для выполнения упражнений и использования воздушного пространства

Предметный указатель

«

«Follow me» («Следуй за мной») 25, 26
«Return to Home» («Возврат домой») 25, 26
«Бросить и пойти» 41
«Взлететь и отлететь» 42
«Возврат домой» 69
«Восьмерки» 142, 143, 145, 148, 177, 178
«Дроны» (селфи с дрона) 42
«Коробочки» 118, 140
«Фантом» 56, 72

1

10С, 20С, 45С и т.д. 206

2

2,4 Ghz (2,4 ГГц) 203
2-осевой подвес 21

3

3D-модели 88

A

Active Track 41
Aileron 98, 203
American Wire Gauge 205
Anti-crash mode 69
Arm 203
Autonomous Aircraft Vehicle 197
AWG 205

B

Balance 197
Balance Connector 197
Battery Eliminator Circuit 206
BEC 206
Bind To Fly 206
Binding 198
BL 198
BLDC 198
BNF (Bind-N-Fly) 12
BNF 206
Brushed DC motor 200
Brushless 198

D

Digital Video Recorder, DVR 60
Disarm 203
Diversity 199
Diversity-приемник 60
Drone 199

E

Electronic Speed Controller 206
Elevator 98
ESC 206

F

FAI 30
FailSafe 204
FC 206
First Person View 206
FIXAR 82–85

Flight Controller 206
 FlySky 57
 Follow 37, 39
 FPV 10, 19, 21, 28, 29, 35, 39, 51, 59–63, 65,
 70, 71, 75, 76, 84, 100, 102, 110, 157, 162,
 165, 170, 171, 179, 203, 206
 FPV-монитор 59
 FPV-оборудование 198
 FPV-очки 59
 FPV-шлем 59
 Futaba 58

G

Google Earth 187–189, 194
 GPS 69
 GPS-позиционирование 25, 27, 28

H

Headless mode 15, 16
 Hexacopter 199
 High voltage 131

L

Line of Sight 206
 Li-Po 131, 132, 200
 Lithium-Polymer 200
 Long Range 68
 LOS 100, 110, 113, 118, 128, 130, 140, 157,
 170, 204, 206

M

mAh 206
 Mix 203
 Mode I, II, III, IV 203

O

Octocopter 201
 On-Screen Display 170
 OSD 170

P

PDB 61, 206
 PicaSim 103, 105, 106, 110, 113, 118, 123,
 124
 PID 201, 205

Pitch 98, 204
 Power 200
 Power Loop 157, 159
 Proportional-Integral-Differential controller
 205

Q

Quadcopter 200

R

Ready To Fly 206
 Remotely Piloted Aircraft System 199
 Roll 98, 99, 203
 Rostec Drone Festival 55
 Rotor 202
 RTF 206
 RTF (Ready To Fly) 13
 Rudder 98, 204

S

Smart Balance Charger 202
 Spektrum 58
 Split-S 157, 158
 Steam 58
 Step angle 203

T

Take Off Weight 198
 TapFly 40
 Taranis 56, 57
 Telemetry 202
 Throttle 99, 202, 203
 Thrust 202
 Tiny Whoop 29, 30
 TOW 198
 Tricopter 202
 Trim 204
 Tri-Rotor Drone 202
 turtle mode 69

U

UAV 198
 Unmanned Aircraft System 197
 Unmanned Aircraft Vehicle 198
 Up and Away 42

V

Vision Positioning 38

W

Wi-Fi 13

X

X-class 49

Y

Y6 Tricopter 203

Yaw 98, 99, 204

A

Авиасимулятор 101, 103, 105

Автоматические взлет и посадка 25

Автономное воздушное судно 197

Автопилоты 25

АКБ 204

Аккумулятор 11, 197

Аккумуляторная батарея 204

Аккумуляторы 35, 65, 71

Аналоговый сигнал 197

Анти-черепаша 69

Аппаратура радиоуправления 197

Аппаратура управления 12, 23, 36, 56

Арм 68, 203

Аэродинамика 197

Б

Балансировка 197

Балансировочный разъем 197

БАС 204

БВС 46, 47, 183, 185, 189, 190, 193–196, 204

Бесколлекторный двигатель 198

Беспилотная авиационная система 197, 204

Беспилотное воздушное судно 198, 204

Беспилотный пилотируемый летательный аппарат 204

Биндинг 198

БЛА 204

В

Вентильный (бесколлекторный) двигатель постоянного тока 198

Взлетный вес 198

Видеоочки 51, 61, 198

Видеошлем 198

Винтомоторная группа (ВМГ) 97, 198

Воздушное судно 198

Воздушный винт 198

Воздушный Кодекс РФ 46, 81, 184

Ворота для дрон-рейсинга 171

Временный режим 189, 193, 199

ВС 198

Г

Газ 203

Геймпад 101–103, 105, 115

Гексакоптер 199

Геодезия 75

Гонки дронов 200

Гоночный дрон 61, 199

Гоночный квадрокоптер 199

Грузоподъемность 74

Д

Двухсотка 50

Диверсити 199

Дизарм 100, 170

Дистанционно пилотируемая авиационная система 199

Дрейф 136, 137

Дрон 199

Дронбиатлон 72

Дрон-рейсинг 48, 49, 51, 55, 64, 65, 72, 200

Е

ЕС ОпВД 183, 184, 188–190, 192, 193

З

Задержка 162
 Задержка передачи видеосигнала 11
 Защита пропеллеров 23
 Змейка 178
 Зоны ограничения полетов 186

И

ИВП 46, 47, 183–186, 189, 195, 196, 204
 Изучение полетной зоны 166
 Икс-класс 49
 Интеллектуальное зарядное устройство 67
 Инфракрасный сигнал 13
 Использование воздушного пространства
 46, 183, 185, 188, 195, 204

К

Кадастр 75
 Квадрокоптер 200
 Классический спортивный дрон 30, 31
 Кнопка 200
 Коллекторный электродвигатель
 постоянного тока 200
 Коптер 201
 Краш 64
 Крен 98, 99, 203
 Крутящий момент 98

Л

ЛАФС 205
 Летящие камеры 32
 Летно-технические характеристики 205
 Линейная аэрофотосъемка 205
 Линии электропередач 205
 Литий-ионные 86
 Литий-полимерные 86
 Литий-полимерный аккумулятор 200
 ЛТХ 205
 ЛЭП 205

М

мА·ч 206
 Местный режим 191, 200
 Микродроны 49
 Микширование 203
 Мода 1– 4, 203

Мощность 200
 Мультикоптер 201
 Мультиметр 201
 Мультироторная система 97, 201
 Мультиспектральная камера 74

Н

Наземная станция управления 87, 88, 205
 НСУ 87, 88, 205

О

Обороты 98, 99
 Окоптер 201
 Отслеживание объекта 41

П

Пайка 201
 Пауэр-луп 159–161
 ПАФС 205
 Паяльник 201
 ПВС 201
 ПДБ 206
 ПЗ 205
 ПИД 201, 205
 Пилотируемое воздушное судно 201
 Пины 201
 Пищалка 69
 ПЛА 204
 План полета 190, 191
 Площадная аэрофотосъемка 205
 ПН 205
 ПО 205
 Подвес 32, 34, 44, 45
 Полезная нагрузка 205
 Полет в указанную на экране точку 40
 Полет по заданным точкам 27
 Полетное задание 205
 Полетный вес 198, 201
 Полетный контроллер 61
 Постановление дрон на учет 185
 Постполетные процедуры 135
 Предполетная подготовка 133, 166, 168
 Предполетные проверки 167
 Представление на установление временного
 или местного режима 189
 Припой 201
 Программное обеспечение 205
 Промышленные дроны 82
 Пропеллер 70, 97, 201

Пропорционально-интегрально-
дифференциальный регулятор 205
Протоколы передачи данных 202

Р

Радиоканал 13
Разрешение на воздух 81, 183, 186, 194
Разрешение на фото- и видеосъемку 183
Разъем 202
Рама 202
Реактивный крутящий момент 98
Реверсивное управление 118, 120, 121
Регуляторы скорости 61
Режим акробатический 109
Режим стабилизации 109
Режим управления с помощью жестов 42
Рисование маршрута на экране 41
Ролл 203
Росавиация 184
Ространснадзор 184
Ротор 202
Рыскание 98, 204

С

Сигнал 202
Симулятор FPV-полетов 71
Симулятор гоночного дрона 58
Система визуального позиционирования 38
Сплит-С 157–161
Спортивный дрон 48
Спортивный микродрон 29, 30
Стабилизатор камеры 39, 40
Стабилизация изображения с камеры 39
Статор 202
Стик 13, 202
Съемка на 360 градусов 42

Т

Тангаж 98
Телеметрия 69, 202
Техника безопасности 130

Техническая дальность полета 202
Типоразмер 20
Токоотдача 65, 66
Торможение 173, 175
Трасса 52, 53
Трикоптер 202
Триммирование 14
Тяга 98, 99, 202

У

Удержание высоты 25
Универсальное зарядное устройство 202
УЧЕТ БВС 185
Учетный номер 46

Ф

Фишки 171, 177, 178
Флипы 54
Флюс 201
Фристайл 54, 72
ФСБ 194, 195

Ц

Цифровой сигнал 203

Ч

Чекпойнты 111, 112, 128
Челночный бег 113, 117, 125, 136, 139,
145, 148

Ш

Шаг 203
Штраф 196

Э

Электрический соединитель 202

Отдел оптовых поставок

E-mail: opt@bhv.ru



- **Онлайн-лаборатория Autodesk Circuits**
- **Облачная среда разработки Arduino Create**
- **Платформа Arduino и среда Arduino IDE**
- **Платформа NodeMCU и язык Lua**
- **Микрокомпьютер Omega2 и его модули**
- **Облачная среда Onion Cloud**
- **Проекты Интернета вещей на основе ESP8266**
- **Авторские проекты полезных устройств**

Сегодня любителям технического творчества доступны потрясающие возможности. Каждый год появляются новые комплекты из оборудования и бесплатных программ — любительские платформы. Наверняка вы знаете про Arduino и Raspberry Pi, но ассортимент платформ и средств разработки намного шире. Среди них можно выбрать уникальные варианты, о которых совсем недавно можно было только мечтать.

После освоения платформы и повторения чужих проектов любитель встает перед выбором: что делать дальше? Углублять навыки в узкой области? Или осваивать новые платформы с большими возможностями? На самом деле, можно и нужно сочетать оба подхода. Вы можете создать собственную техносферу, в которой соединяются разные платформы и каждая из них решает свою задачу. Приобретенное и освоенное оборудование не будет лежать без дела!

Яценков Валерий Станиславович, инженер-электронщик, писатель, переводчик научной и технической литературы. Увлекается созданием мультикоптеров и разработкой бортового оборудования для них, программированием и облачными технологиями. Автор книги «Твой первый квадрокоптер: теория и практика», 5 книг по электронике, программированию микроконтроллеров и спутниковой навигации, а также более 20 статей в специализированных журналах компьютерной и радиотехнической тематики.