

Плященко М. Ю., Попов Н. З., Луцкий М. В.,
Володин В. П., Никитина Е. Г. Грибова Л. А.

Управление беспилотными летательными аппаратами: **основы аэрофотосъемки и фотограмметрии**

Учебно-методическое пособие



Москва
2024

УДК 629.73.058:528.7 (075)
ББК 39.52:26.113я7
У67

Редактор **Н. А. Волков**

У67 Управление беспилотными летательными аппаратами:
основы аэрофотосъемки и фотограмметрии: учебно-
методическое пособие / Плященко М. Ю., Попов Н. З.,
Луцкий М. В. и др. — М.: Советский спорт, 2024. — 408 с.

ISBN 978-5-00129-372-9

Данное методическое пособие предназначено для образовательных учреждений, авиамоделльных секций, кружков робототехники или для самостоятельного изучения. Пособие включает в себя 10 глав, которые раскрывают важные этапы истории развития беспилотной авиации, текущие и перспективные сферы применения БАС, базовые знания устройства и функционирования мультикоптеров, теоретическую и практическую часть основ пилотирования, выполняемую на учебно-методическом комплексе «Пионер».

УДК 629.73.058:528.7 (075)
ББК 39.52:26.113я7

© Плященко М. Ю., Попов Н. З., Луцкий М. В.,
Володин В. П., Никитина Е. Г. Грибова Л. А.,
2023

© ООО «Торговый дом «Советский спорт», 2023

ISBN 978-5-00129-372-9

© ООО «Геоскан», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
Глава 1. История и сферы применения беспилотных летательных аппаратов.	11
1.1. История развития БАС.	11
1.1.1. Первый в истории грузовой БАС . .	12
1.1.2. Радиоуправляемая лодка Николы Теслы .	14
1.1.3. От самолета до винтокрылого аппарата, 1903–1908 гг.	15
1.1.4. Гирокомпас и умные летающие бомбы, 1917–1920 гг.	17
1.1.5. Первые пилотируемые вертолеты, 1922–1942 гг. . .	19
1.1.6. Первый радиоуправляемый «дрон» – беспилотный самолет-мишень	21
1.1.7. Вторая мировая война и развитие систем телеуправления.	22
1.1.8. Послевойные скоростные «внедорожники»-разведчики	24
1.1.9. Современные военные БВС	25
1.2. Сферы применения БАС .	29
1.2.1. Логистика . .	29
1.2.2. Внутрипроизводственное применение .	37
1.2.3. Беспилотный транспорт и аэротакси .	42
1.2.4. Строительство . .	51
1.2.5. Сельское хозяйство . .	54
1.2.6. Электроэнергетика . .	59
1.2.7. Нефтегазовый сектор . . .	65
1.2.8. Экологический мониторинг . .	70

1.2.9. Безопасность	74
1.2.10. Кинематограф.	77
<i>Вопросы для самопроверки.</i>	81
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	82
Глава 2. Систематизация и устройство БВС.	86
2.1. Классификация БВС по летным характеристикам	86
2.1.1. Классификация UVS International.	86
2.1.2. Российская универсальная классификация.	88
2.2. Классификация БВС по конструкции	89
2.2.1. БВС самолетного типа	89
2.2.2. Мультироторные (вертолетные) системы	96
2.2.3. БВС аэростатического типа	102
2.2.4. Конвертопланы и гибридные модели	104
<i>Вопросы для самопроверки.</i>	110
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	110
Глава 3. Устройство и принцип работы	
квадрокоптера.	111
3.1. Рамы и защитные конструкции	111
3.1.1. Конструкция рамы.	111
3.1.2. Форма рамы.	113
3.1.3. Классы рам	116
3.1.4. Материал рамы.	117
3.1.5. Защитные конструкции.	120
3.2. Аэродинамика. Винтомоторная группа	124
3.2.1. Аэродинамика	125
3.2.2. Винтомоторная группа	131
3.2.3. Пропеллеры	135
3.2.4. Регуляторы оборотов	140
3.3. Полетный контроллер	145
3.3.1. Инерциальный измерительный блок	147
3.3.2. Типы полетных контроллеров	152
3.3.3. «Начинка» полетного контроллера	154

3.4. Аккумуляторы	160
3.4.1. Виды аккумуляторов	161
3.4.2. Выбор аккумулятора для квадрокоптера.	166
Вопросы для самопроверки.	170
Материал для самостоятельного изучения	172
Глава 4. Основы радиосвязи	175
4.1. Принцип работы приемника и передатчика	175
4.2. Система управления коптером.	180
4.2.1. Передатчик, или аппаратура управления.	180
4.2.2. Приемник	182
4.3. Устройство антенны	183
4.3.1. Антенны с линейной поляризацией	184
4.3.2. Антенны с круговой поляризацией	186
4.3.3. Разъемы антенн	189
4.3.4. Протоколы передачи данных	192
Вопросы для самопроверки.	198
Материал для самостоятельного изучения	198
Глава 5. Виды полезной нагрузки	199
5.1. Фото и видеокамеры с высоким разрешением	199
5.2. Подвесы.	209
5.3. Мультиспектральные камеры	215
5.4. Тепловизионные камеры.	220
5.4.1. Краткое научное объяснение теплового ИК-излучения	221
5.4.2. Устройство и принцип работы тепловизора.	222
5.4.3. Тепловизионные камеры для дронов.	225
5.5. Лидары	229
5.6. Газоанализаторы	233
Вопросы для самопроверки.	237
Материал для самостоятельного изучения	237

Глава 6. Техника безопасности при сборке и пилотировании квадрокоптера	239
6.1. Безопасность при работе с Li-Po-аккумуляторами	240
6.2. Техника безопасности при подготовке к эксплуатации и при пилотировании БВС	242
6.3. Правила регистрации БВС в России	247
<i>Вопросы для самопроверки</i>	250
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	250
Глава 7. Квадрокоптер Геоскан «Пионер»	251
7.1. Сборка квадрокоптера Геоскан «Пионер»	253
7.2. Настройка квадрокоптера и пульта ДУ	256
7.3. Основы пилотирования БВС	260
7.3.1. Визуальное пилотирование	260
7.3.2. Предполетная подготовка коптера в помещении	263
7.3.3. Подготовка зоны полетов	264
7.3.4. Теория FPV-пилотирования	268
7.3.5. Безопасность при FPV-пилотировании	271
7.3.6. Пилотирование в симуляторе. Практические упражнения	273
7.4. Дополнительные модули к Геоскан «Пионер»	284
7.4.1. Модуль захвата груза	284
7.4.2. Камеры для фото-, видеосъемки и FPV-режима	286
<i>Вопросы для самопроверки</i>	294
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	296
Глава 8. Аэрофотосъемка и фотограмметрия	297
8.1. Аэрофотосъемка и ее история	297
8.1.1. Аэрофотографическая съемка	301
8.1.2. Тепловая ИК-аэросъемка	306
8.1.3. Радиолокационная съемка	308
8.1.4. Многозональная аэрофотосъемка	310

8.1.5. Оценка качества результатов аэрофотосъемки	311
8.2. Аэрокосмическая съемка	313
8.2.1. Виды съемок из космоса	317
8.2.2. Космическая картография	318
8.2.3. Контроль из космоса за окружающей средой	323
8.3. Планирование маршрута полета БВС	326
8.3.1. Съемка местности с перекрытием	327
8.3.2. Требования к операторам БВС и руководителю полетов	333
8.4. Фотограмметрия как наука	334
8.4.1. История фотограмметрии и этапы ее развития	335
8.4.2. Применение фотограмметрии	340
<i>Вопросы для самопроверки</i>	<i>343</i>
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	<i>344</i>
Глава 9. Программы Agisoft Metashape и Autodesk Meshmixe	345
9.1. Agisoft Metashape	345
9.1.1. Оборудование	348
9.1.2. Сценарии съемки	349
9.1.3. Раскадровка видеоряда	355
9.1.4. Выравнивание фотографий	360
9.1.5. Построение плотного облака точек	362
9.2. Редактирование полученной модели в Autodesk MeshMixer	372
<i>Вопросы для самопроверки</i>	<i>378</i>
<i>Материал для самостоятельного изучения</i>	<i>378</i>
Глава 10. Печать на 3D-принтере	379
10.1. Подготовка модели к 3D-печати	379
10.1.1. Виды принтеров	379
10.1.2. Виды материалов для печати	386

10.2. Печать модели на 3D-принтере	391
10.2.1. Программа Cura 3D	391
10.2.2. Просмотр 3D-модели в Cura	393
10.2.3. Настройки 3D-печати	398
10.2.4. Шаблоны Cura.	401
Вопросы для самопроверки	403
Сокращения и специальные термины.	404
Литература и Интернет-источники	405