Эта книга посвящается нашим женам,
Беверли Энн Эванс Фалстром, Арходессии Глифис Глисон
и Сейеде Зафарани, которые оказывали поддержку
и воодушевляли на протяжении всего процесса ее подготовки

Оглавление

Предисловие **15**
Предисловие к книжной серии **19**
Признательности **20**
Перечень сокращений и описаний терминов **21**

Часть I. Введение **33**
Глава 1. История и общий обзор **34**
1.1 Общий обзор 34
1.2 История 35
1.2.1 Ранняя история 35
1.2.2 Война во Вьетнаме 36
1.2.3 Возрождение 37
1.2.4 Совместные операции 38
1.2.5 Операция «Буря в пустыне» 39
1.2.6 Босния 39
1.2.7 Афганистан и Ирак 40
1.2.8 Операции большой дальности и продолжительности полета 40
1.3 Обзор беспилотных летательных систем 41
1.3.1 Летательный аппарат 43
1.3.2 Станция планирования и управления полетными заданиями 44
1.3.3 Оборудование для запуска и возвращения 44
1.3.4 Полезные нагрузки 45
1.3.5 Каналы связи 46
1.3.6 Наземное вспомогательное оборудование 47
1.4 Aquila 48
1.4.1 Полетные задания и операционные требования 49
1.4.2 Летательный аппарат 49
1.4.3 Наземная станция управления 50
1.4.4 Запуск и возвращение 51
1.4.5 Полезная нагрузка 51
1.4.6 Другое оборудование 51
1.4.7 Краткий итог 51
1.5 Global Hawk 53
1.5.1 Операционные требования к полетным заданиям и разработка 53
1.5.3 Полезные нагрузки 56
1.5.4 Телекоммуникационная система 56
1.6 Семейство БПЛА Predator 58
1.6.1 Разработка 58
1.6.2 Reaper 59
1.6.3 Характеристики 60
1.7 Ведущие производители БПЛА 62
1.8 Этические проблемы БПЛА 62
Вопросы 64

Глава 2. Классы и полетные задания БПЛА 69
2.1 Обзор темы 69
2.2 Классы БПЛС 70
2.2.1 Критерии классификации 70
2.2.2 Классификация по дальности и продолжительности полета 71
2.2.3 Классификация по полетным заданиям 73
2.2.4 Система эшелонов 78
2.3 Примеры БПЛА по размерным группам 79
2.3.1 Микро-БПЛА 80
2.3.2 Мини-БПЛА 81
2.3.3 Сверхмалые БПЛА 82
2.3.4 Малые БПЛА 84
2.3.5 Средние БПЛА 86
2.3.6 Крупные БПЛА 91
2.4 Расходуемые БПЛА 93
Вопросы 95

Часть II. Летательный аппарат 99

Глава 3. Аэродинамика 100
3.1 Обзор темы 100
3.2 Аэродинамические силы 101
3.3 Число Маха 102
3.4 Профиль крыла 103
3.5 Распределение давления 107
3.6 Поляра сопротивления 110
3.7 Реальное крыло и самолет 112
3.8 Индуцированное сопротивление 113
3.9 Пограничный слой 114
3.10 Сопротивление трения 119
3.11 Полное сопротивление летательного аппарата 120
3.12 Машущие крылья 120
3.13 Аэродинамическая эффективность 123
Вопросы 125

Глава 4. Летно-технические характеристики 129
4.1 Обзор темы 129
4.2 Крейсерский полет 130
4.3 Дальность полета 133
4.3.1 Дальность полета неэлектромоторного винтового самолета 134
4.3.2 Дальность полета реактивного самолета 137
4.4 Продолжительность полета 138
4.4.1 Продолжительность полета неэлектромоторного винтового самолета 139
4.4.2 Продолжительность полета реактивного самолета 140
4.5 Полет в режиме набора высоты 141
4.6 Планирующий полет 145
4.7 Запуск 146

4.8 Возвращение 147
Вопросы 149

Глава 5. Устойчивость и управляемость полета 153

5.1 Обзор темы 153
5.2 Сбалансированность 154
5.2.1 Продольная сбалансированность 156
5.2.2 Путевая сбалансированность 159
5.2.3 Поперечная сбалансированность 159
5.2.4 Краткий итог 160
5.3 Устойчивость 160
5.3.1 Продольная статическая устойчивость 162
5.3.2 Путевая статическая устойчивость 165
5.3.3 Боковая статическая устойчивость 168
5.3.4 Динамическая устойчивость 170
5.4 Управляемость 171
5.4.1 Аэродинамическое управление 171
5.4.2 Продольное управление 173
5.4.3 Путевое управление 175
5.4.4 Поперечное управление 177
Вопросы 178

Глава 6. Двигательные установки 183

6.1 Обзор темы 183
6.2 Классификация двигательных установок 183
6.3 Выработка тяги 184
6.4 Активная подъемная сила 186
6.5 Источники мощности 191
6.5.1 Четырехтактный двигатель 191
6.5.2 Двухтактный двигатель 193
6.5.3 Роторный двигатель 195
6.5.4 Газотурбинные двигатели 197
6.5.5 Электромоторы 199
6.6 Источники электрической энергии 202
6.6.1 Аккумуляторные батареи 202
6.6.2 Солнечные ячейки 204
6.6.3 Топливные элементы 207
6.7 Мощность и тяга 210
6.7.1 Взаимосвязь между мощностью и тягой 210
6.7.2 Воздушный винт 211
6.7.3 Вариации мощности и тяги в зависимости от высоты 213
Вопросы 215

Глава 7. Конструкции летательных аппаратов 219

7.1 Обзор темы 219
7.2 Части конструкции 220
7.2.1 Обшивка 220
7.2.2 Части конструкции фюзеляжа 221
7.2.3 Части конструкции крыла и хвостового оперения 222

7.2.4 Другие части конструкции 223
7.3 Базовые полетные нагрузки 225
7.4 Динамические нагрузки 230
7.5 Конструкционные материалы 233
7.5.1 Общий обзор 233
7.5.2 Алюминий 234
7.6 Композиционные материалы 235
7.6.1 Сэндвич-конструкция 236
7.6.2 Обшивочные, или армирующие, материалы 237
7.6.3 Смоляные материалы 238
7.6.4 Материалы сердцевины 238
7.7 Технологии конструирования 238
7.8 Базовые прочностные расчеты 240
7.8.1 Нормальное напряжение и напряжение сдвига 241
7.8.2 Отклонение 244
7.8.3 Критическая нагрузка потери устойчивости 245
7.8.4 Коэффициент запаса прочности 246
7.8.5 Конструкционная усталость 247
Вопросы 248

Часть III. Планирование и контроль за выполнением полетного задания 253

Глава 8. Станция планирования и управления полетными заданиями 254

8.1 Введение 254
8.2 Подсистемы станции 254
8.3 Физическая конфигурация станции 260
8.4 Интерфейсы станции 266
8.5 Архитектура станции 268
8.5.1 Основы 268
8.5.2 Локальные вычислительные сети 270
8.5.3 Уровни общения между устройствами 271
8.5.4 Мосты и шлюзы 272
8.6 Элементы ЛВС 273
8.6.1 Схема и логическая структура (топология) 273
8.6.2 Коммуникационный носитель 275
8.6.3 Сетевая передача данных и доступ к ним 275
8.7 Стандарт OSI 275
8.7.1 Физический слой 275
8.7.2 Слой канала связи 276
8.7.3 Сетевой слой 276
8.7.4 Транспортный слой 276
8.7.5 Сеансовый слой 276
8.7.6 Слой представления 276
8.7.7 Прикладной слой 277
8.8 Планирование полетного задания 277
8.9 Пилот-командир 281
Вопросы 283

Глава 9. Управление летательным аппаратом и полезной нагрузкой 287
9.1 Обзор темы 287
9.2 Уровни управления 289
9.3 Дистанционное пилотирование летательного аппарата 291
9.3.1 Ручное дистанционное пилотирование 292
9.3.2 Управление с поддержкой автопилота 294
9.3.3 Полная автоматизация 295
9.3.4 Краткий итог 296
9.4 Автопилот 297
9.4.1 Основы 297
9.4.2 Категории автопилотов 299
9.4.3 Внутренние и внешние контуры 300
9.4.4 Общие режимы функционирования 301
9.4.5 Процесс управления 302
9.4.6 Оси управления 303
9.4.7 Контроллер 304
9.4.8 Актуатор 305
9.4.9 Коммерческие автопилоты с открытым исходным кодом 306
9.5 Пилотажные датчики, поддерживающие работу автопилота 306
9.5.1 Высотомер 307
9.5.2 Датчик воздушной скорости 307
9.5.3 Датчики пространственной ориентации 308
9.5.4 Система глобального позиционирования 310
9.5.5 Акселерометры 311
9.6 Навигация и определение местоположения цели 311
9.7 Управление полезными нагрузками 314
9.7.1 Полезные нагрузки для ретрансляции сигналов 316
9.7.2 Атмосферный, радиологический и экологический мониторинг 317
9.7.3 Изображающие и псевдоизображающие полезные нагрузки 317
9.8 Управление полетным заданием 319
9.9 Автономность 322
Вопросы 326

Часть IV. Полезные нагрузки 331

Глава 10. Полезные нагрузки для ведения рекогносцировки и наблюдения 333
10.1 Обзор темы 333
10.2 Изображающие сенсоры 335
10.3 Обнаружение, распознавание и идентификация целей 337
10.3.1 Разрешение сенсора 337
10.3.2 Контраст цели 341
10.3.3 Прохождение через атмосферу 344
10.3.4 Сигнатура цели 347
10.3.5 Характеристики дисплея 348
10.3.6 Процедура предсказания дальности 349
10.3.7 Несколько соображений 352
10.3.8 Ловушки 354

10.4 Процесс поиска ... 356
10.4.1 Типы поиска ... 356
10.4.2 Поле зрения ... 358
10.4.3 Схема поиска ... 360
10.4.4 Время поиска ... 362
10.5 Другие соображения ... 365
10.5.1 Расположение и установка ... 365
10.5.2 Стабилизация линии прямой видимости ... 366
10.5.3 Гироскоп и подвес ... 367
10.5.4 Конфигурация с гиростабилизированным подвесом ... 369
10.5.5 Тепловая конструкция ... 371
10.5.6 Влияние условий окружающей среды на стабилизацию ... 371
10.5.7 Юстировка линии прицела ... 372
10.5.8 Конструкция стабилизации ... 373
Вопросы ... 374

Глава 11. Оружейные полезные нагрузки ... 380

11.1 Обзор темы ... 380
11.2 История летальных беспилотных самолетов ... 383
11.3 Операционное требование к полетному заданию вооруженного многоцелевого БПЛА ... 387
11.4 Конструкционные вопросы относительно несения и доставки боеприпасов ... 389
11.4.1 Емкость полезной нагрузки ... 389
11.4.2 Конструкционные вопросы ... 391
11.4.3 Электрические интерфейсы ... 393
11.4.4 Электромагнитные помехи ... 395
11.4.5 Ограничения на пуск боеприпасов устаревших образцов ... 396
11.4.6 Безопасное отделение ... 397
11.4.7 Каналы связи ... 398
11.4.8 Расположение полезной нагрузки ... 398
11.5 Снижение сигнатуры ... 398
11.5.1 Акустические сигнатуры ... 399
11.5.2 Визуальные сигнатуры ... 406
11.5.3 Инфракрасные сигнатуры ... 406
11.5.4 Радиолокационные сигнатуры ... 408
11.5.5 Эмитированные сигналы ... 414
11.5.6 Активные меры по снижению восприимчивости ... 415
11.6 Автономность оружейных полезных нагрузок ... 416
11.6.1 Основополагающая концепция ... 416
11.6.2 Правила нанесения огневого поражения ... 419
Вопросы ... 421

Глава 12. Другие полезные нагрузки ... 426

12.1 Обзор темы ... 426
12.2 Радиолокатор ... 426
12.2.1 Общие соображения о радиолокаторах ... 426
12.2.2 Радиолокатор с синтезированной апертурой ... 430
12.3 Радиоэлектронная борьба ... 431

12.4 Обнаружение химических веществ 432
12.5 Радиологические сенсоры 434
12.6 Метеорологические и экологические сенсоры 435
12.7 Псевдоспутники 436
12.8 Роботизированный манипулятор 441
12.9 Упаковка и груз 441
12.10 Городская воздушная мобильность 443
Вопросы 444

Часть V. Каналы связи 447

Глава 13. Функции и атрибуты канала связи 449

13.1 Обзор темы 449
13.2 Общие сведения 450
13.3 Функции канала связи 452
13.4 Желаемые атрибуты канала связи 454
13.4.1 Доступность по всему миру 455
13.4.2 Устойчивость к непреднамеренным помехам 456
13.4.3 Малая вероятность перехвата 457
13.4.4 Защищенность 458
13.4.5 Устойчивость к обману 458
13.4.6 Противодействие ПРБ 459
13.4.7 Защищенность от глушения 459
13.4.8 Цифровые каналы связи 461
13.4.9 Уровень сигнала 462
13.5 Проблемы системного интерфейса 463
13.5.1 Механические и электрические 463
13.5.2 Ограничения на скорость передачи данных 464
13.5.3 Задержки в контуре управления 465
13.5.4 Операционная совместимость, взаимозаменяемость и общность 468
13.6 Антенны 471
13.6.1 Всенаправленная антенна 471
13.6.2 Параболические отражательные антенны 472
13.6.3 Антенные решетки / направленные антенны 472
13.6.4 Линзовые антенны 473
13.7 Частота канала связи 475
Вопросы 477

Глава 14. Запас канала связи 482

14.1 Обзор темы 482
14.2 Источники запаса канала связи 483
14.2.1 Мощность передатчика 483
14.2.2 Усиление антенны 483
14.2.3 Усиление за счет обработки 492
14.3 Запас противодействия глушению 498
14.3.1 Определение запаса противодействия глушению 499
14.3.2 Геометрия глушителя 500
14.3.3 Системные последствия защищенности от глушения 505
14.3.4 Восходящие линии с защитой от глушения 509

14.4 Распространение ... 510
14.4.1 Препятствие на пути распространения ... 510
14.4.2 Атмосферное поглощение ... 512
14.4.3 Потери из-за атмосферных осадков ... 513
14.5 Бюджет канала связи по соотношению сигнал/шум ... 513
Вопросы ... 517

Глава 15. Снижение скорости передачи данных ... 522

15.1 Обзор темы ... 522
15.2 Сжатие против усечения ... 523
15.3 Видеоданные ... 524
15.3.1 Шкала серого ... 524
15.3.2 Кодирование шкалы серого ... 525
15.3.3 Влияние сжатия ширины полосы на результативность оператора ... 526
15.3.4 Частота кадров ... 529
15.3.5 Режим контура управления ... 529
15.3.6 Формы усечения ... 533
15.3.7 Краткий итог ... 533
15.4 Невидеоданные ... 535
15.5 Расположение функции снижения скорости передачи данных ... 536
Вопросы ... 538

Глава 16. Компромиссные варианты в отношении канала связи ... 542

16.1 Обзор темы ... 542
16.2 Базовые компромиссные варианты ... 542
16.3 Ловушки, связанные с «откладыванием» проблем с каналом связи ... 546
16.4 Будущая технология ... 547
Вопросы ... 547

Часть VI. Запуск и возвращение ... 549

Глава 17. Системы запуска ... 551

17.1 Обзор темы ... 551
17.2 Традиционный взлет ... 552
17.3 Базовые соображения ... 552
17.4 Методы запуска летательных аппаратов самолетного типа ... 558
17.4.1 Общий обзор ... 558
17.4.2 Рельсовые пусковые установки ... 560
17.4.3 Пневматические пусковые установки ... 561
17.4.4 Пневмогидравлические пусковые установки ... 563
17.4.5 Запуск БПЛА с помощью ракетных пусковых установок с нулевой дистанцией разбега ... 565
17.4.6 Запуск из пусковой трубы ... 566
17.5 Взлет с использованием ракетного двигателя ... 566
17.5.1 Конфигурация ракетной пусковой установки ... 566
17.5.2 Системы зажигания в ракетных пусковых установках ... 567
17.5.3 Отделение отработавшего ракетного двигателя ... 567
17.5.4 Другое пусковое оборудование ... 568
17.5.5 Требуемая энергия (импульс) ... 568

17.5.6 Требуемый вес ракетного топлива 569
17.5.7 Тяга, время горения и ускорение 571
17.6 Вертикальный взлет 571
Вопросы 572

Глава 18. Системы возвращения 575

18.2 Традиционная посадка 575
18.3 Системы посадки в вертикальную сеть 577
18.4 Возвращение на парашюте 578
18.5 БПЛА вертикального взлета и посадки 581
18.6 Подхват в воздухе 583
18.7 Возвращение на палубу корабля 586
18.8 Посадка с распадением на части 588
18.9. Посадка на полозья и фюзеляж 589
18.10 Посадка посредством подвесного троса 590
Вопросы 592

Глава 19. Компромиссные варианты в отношении запуска и возвращения 594

19.1 Компромиссные варианты в отношении методов запуска БПЛА 594
19.2 Компромиссные варианты в отношении методов возвращения 598
19.3 Общие выводы 600
Вопросы 601

Глава 20. БПЛА вертолетного типа и квадрокоптеры 603

20.1 Обзор темы 603
20.2 Вертолетные конфигурации 604
20.2.1 Одноротерная конфигурация 605
20.2.2 Соосная сдвоенно-роторная конфигурация 606
20.2.3 Тандемная сдвоенно-роторная конфигурация 607
20.2.4 Мультикоптерная конфигурация 608
20.3 БПЛА гибридного типа 608
20.3.1 Наклонно-роторная конфигурация 609
20.3.2 Наклоннокрылая конфигурация 609
20.3.3 Конфигурация с управляемым вектором тяги 610
20.3.4 Сочетание квадрокоптера и неподвижного крыла 611
20.4 Квадрокоптеры 613
20.4.1 Общий обзор 613
20.4.2 Аэродинамика 615
20.4.3 Управление 616
Вопросы 619

Справочные материалы 622

Предметный указатель 626

Предисловие

Пятое издание книги «Введение в беспилотные летательные системы» было подготовлено с целью удовлетворить потребности как новичков в мире систем беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), так и опытных представителей сообщества разработчиков и пользователей БПЛА, которые нуждаются в обзорном материале и которые – несмотря на то что изложение их конкретной дисциплины может показаться элементарным – смогут получить знания о других смежных областях, формирующих беспилотную летательную систему. Материал изложен таким образом, чтобы он был легко понятен студентам-первокурсникам, а также техническим и нетехническим специалистам, работающим в сфере БПЛА. В основу легли стандартные инженерные учебники и наработки, созданные авторами в ходе их профессиональной деятельности в этой области. Большинство уравнений приведены без доказательств, и читателю рекомендуется обращаться к стандартным учебным пособиям по каждой дисциплине при переходе к практическому конструированию или анализу, так как данная книга не претендует на роль полноценного справочника по конструированию.

Эта книга также не претендует на роль основного учебного пособия с вводным курсом по аэродинамике, изображающим сенсорам или каналам связи. Скорее, ее цель – предоставить достаточный объем информации в каждой из этих и других областей, чтобы показать, как они взаимодействуют между собой при разработке комплексных беспилотных летательных систем, и дать читателю понять, как технологии во всех этих областях влияют на системные компромиссные решения, которые формируют общую конструкцию системы в целом. Таким образом, книгу можно использовать в качестве дополнительного пособия к любому из специализированных курсов для понимания общесистемного контекста для специализированного материала.

Мы надеемся, что у начинающего студента эта книга пробудит интерес к более глубокому изучению хотя бы одной из технологических областей и продемонстрирует возможности даже простейшего математического анализа этих предметов для понимания компромиссных решений, неизбежных в процессе разработки системы.

Мы надеемся, что пользователям и операторам БПЛА эта книга даст понимание того, как положенная в основу технология системы влияет на то, каким образом БПЛА выполняет свои целевые задачи, и на методы, которые оператор должен применять для их решения.

Мы надеемся, что узкопрофильному эксперту в любой из дисциплин, связанных с конструированием БПЛА, эта книга поможет лучше понять контекст, в котором должна применяться его специализация для обеспечения успеха системы в целом, а также объяснит, почему другие специалисты тратят много времени на вещи, которые кажутся такими несущественными.

Наконец, мы надеемся, что техническому руководителю эта книга поможет понять, как все части системы стыкуются друг с другом и насколько важно учитывать вопросы системной интеграции на ранних этапах конструирования – так, чтобы они принимались во внимание уже при базовом подборе конструкций подсистем. Мы также надеемся, что книга поможет понимать, о чем говорят специалисты, и, возможно, задавать правильные вопросы в критические моменты процесса разработки.

Первая часть посвящена изложению краткой истории и общему обзору БПЛА (глава 1), а также рассмотрению их классов и полетных заданий (глава 2).

Вторая часть посвящена конструкции летательного аппарата, включая основы аэродинамики, летно-технические характеристики, устойчивость и управляемость, двигательные установки и нагрузки, конструкции и материалы (главы 3–7).

В третьей части рассматривается функция планирования и управления полетными заданиями и автопилот (глава 8), а также операционное управление (глава 9).

Четвертая часть состоит из трех глав, посвященных полезной нагрузке. В главе 10 рассматриваются наиболее универсальные типы полезных нагрузок – сенсоры для ведения рекогносцировки и наблюдения. В главе 11 обсуждаются оружейные полезные нагрузки – класс полезных нагрузок, ставший особенно значимым за последние 10 лет. В главе 12 рассматриваются некоторые из множества других типов полезных нагрузок, которые могут использоваться на БПЛА.

Пятая часть посвящена каналам связи – телекоммуникационным подсистемам, которые используются для соединения летательного аппарата с наземными контроллерами и передачи данных, собранных бортовой полезной нагрузкой летательного аппарата. В главе 13 описываются и обсуждаются базовые функции и рабочие характеристики каналов связи. В главе 14 рассматриваются факторы, влияющие на рабочие характеристики канала связи, включая воздействие преднамеренных и непреднамеренных помех. Глава 15 посвящена влиянию различных подходов к снижению операционных требований по скорости передачи данных на работу оператора и рабочие характеристики системы в целом в условиях ограниченной ширины полосы пропускания. В главе 16 подытоживаются компромиссные варианты, связанные с разработкой канала связи, которые являются одним из ключевых элементов общесистемных компромиссных решений.

Шестая часть описывает подходы к запуску и возвращению БПЛА, включая обычные взлет и посадку, при этом затрагивая многие подходы, которые не используются в пилотируемой авиации. В главе 17 рассматриваются системы запуска, а в главе 18 – системы возвращения. Глава 19 подытоживает компромиссные варианты между различными подходами к запуску и возвращению. Глава 20 – новая глава в данном издании – посвящена основам, управлению и характеристикам БПЛА вертолетного типа и квадрокоптеров.

Книга «Введение в беспилотные летательные системы» была впервые опубликована в 1992 году. За 30 с лишним лет, прошедших с момента написания первого издания, в мире БПЛА многое произошло. В предисловии ко второму изданию (1998) мы отмечали наличие новых проблем в процессе разработки тактических БПЛА, однако упоминали и положительные моменты в виде использования БПЛА для поддержки миротворческих миссий в Боснии, а также тот факт, что в Военно-воздушных силах США впервые заговорили о возможности применения «необитаемых» боевых аппаратов, что свидетельствовало о появлении их интереса к БПЛА. В то время мы пришли к выводу, что, «несмотря на интерес и реальный прогресс в отдельных областях, по нашему мнению, вся эта сфера продолжает бороться за признание, и БПЛА пока не достигли зрелости и не заняли свое место в качестве проверенных и утвержденных инструментов».

За 30 с лишним лет, прошедших с тех пор, как мы сделали это заявление, ситуация кардинально изменилась. БПЛА получили широкое распространение в военном секторе, боевые беспилотные летательные аппараты были развернуты и использовались самым заметным образом, их часто показывали в вечерних новостях, и теперь беспилотные летательные системы выглядят серьезными соперниками следующему поколению истребителей и бомбардировщиков.

Хотя применение в гражданском секторе все еще отстает, сдерживаемое вполне реальными проблемами совместного использования общего воздушного пространства пилотируемой и беспилотной авиацией, успех военных применений стимулировал попытки решить эти вопросы и использовать БПЛА в невоенных целях.

Пятое издание было существенно переработано и реструктурировано. Мы надеемся, что внесенные правки сделали материал более четким и доступным для понимания. Также был добавлен ряд новых тем в областях, ставших наиболее значимыми в мире БПЛА за последние два десятилетия, таких как квадрокоптеры, системы автоматического управления полетами, новые виды полезных нагрузок и различные уровни автономности, которыми может обладать летательный аппарат. В нем также пересмотрен ряд деталей, которые явно утратили актуальность в ходе событий, и все главы были обновлены, чтобы познакомить с новыми терминами, концепциями и конкретными беспилотными летательными системами, появившимися за последние 12 лет. Однако с момента публикации первого издания основные подсистемы, составляющие БПЛА как «систему систем», существенно не изменились, и на том уровне, на котором они рассматриваются в этой книге, базовые проблемы и принципы конструирования остаются неизменными с момента выхода первого издания.

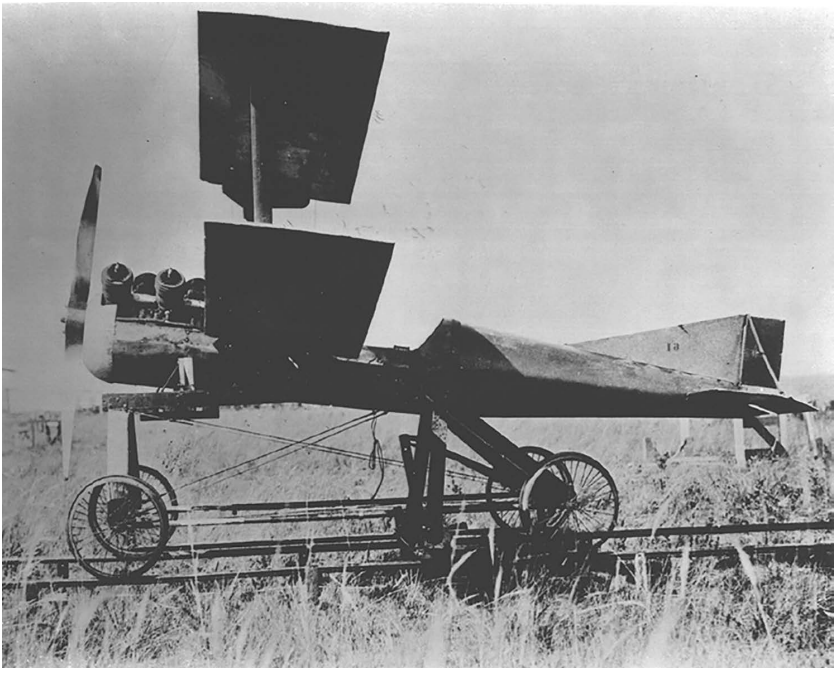
Первые два автора – к сожалению, ныне покойные – познакомились во время участия в работе группы экспертного анализа, которая пыталась диагностировать и решить серьезные проблемы в одной из ранних программ разработки БПЛА. Итоговый диагноз показал, что в процессе конструиро-

вания уделялось крайне мало внимания «системной инженерии», из-за чего различные подсистемы не работали сообща так, как это требовалось для успеха на системном уровне. Эта книга родилась из желания зафиксировать хотя бы часть «уроков», извлеченных в ходе того опыта, и сделать их доступными для тех, кто будет конструировать беспилотные летательные системы в будущем.

Дополнительные материалы, включая ответы на вопросы в конце глав, доступны для зарегистрированных преподавателей, использующих данную книгу в качестве основного учебного пособия для курса. Пожалуйста, посетите веб-сайт издательства Wiley по адресу *www.wiley.com/go/fahlstrom/uavsystems5e* для получения информации и регистрации для доступа к этим ресурсам

Мы верим, что большинство извлеченных уроков достаточно универсальны, чтобы оставаться столь же применимыми сегодня, как и в те годы, когда они были получены. Мы надеемся, что эта книга поможет будущим разработчикам беспилотных летательных систем применять их на практике и избегать необходимости усваивать их снова «трудным путем».

Мохаммад Хашем Седрэй.
Сентябрь 2021



«Жук» Кеттеринга.
Данный летательный аппарат являлся экспериментальным БПЛА-снарядом, разработанным в США в конце Первой мировой войны, и считается одним из первых в мире прообразов современных крылатых ракет и БПЛА (фотография любезно предоставлена Норманом К. «Датчанином» Хейлманом)

Предисловие к книжной серии

Эта книга является долгожданным дополнением к книжной серии «Аэрокосмическая промышленность» и продолжает традицию серии, предоставляя четкие и практические советы специалистам в области аэрокосмической промышленности. Она будет интересна широкому кругу читателей и является особенно хорошим введением в предмет, поскольку расширяет спектр изданий по теме беспилотных летательных аппаратов и, что более важно, представляет системную точку зрения на беспилотные летательные системы. Это важно, поскольку модельный ряд доступных в настоящее время аппаратов предоставляет широкий спектр возможностей с различными конструкционными решениями, двигательными установками, полезной нагрузкой, наземными системами и механизмами запуска/возвращения. В рамках существующих решений трудно увидеть какую-либо рационализацию или стандартизацию в данной области.

В книге рассматривается история беспилотных полетов и описывается спектр технических решений, доступных во всем мире. Затем в доступной и точной манере разбираются ключевые аспекты подсистем, таких как конструкция, двигательные установки, навигация, сенсорные полезные нагрузки, системы запуска и возвращения, а также сопутствующие наземные комплексы, объединяя их как элементы единой интегрированной системы. Таким образом, данное издание дополняет другие книги серии по системостроению.

Инженерам и конструкторам крайне важно визуализировать систему целиком, чтобы иметь полное представление обо всем, что требуется для разработки новых аппаратов или формулирования новых операционных требований, и тем самым прийти к целостному конструированию как самого летательного аппарата, так и необходимой инфраструктуры. Это становится еще важнее, если новому летательному аппарату предстоит взаимодействовать с другими аппаратами и быть с ними операционно совместимым или выполнять полеты с разных объектов инфраструктуры.

Если беспилотным летательным системам суждено получить признание в гражданском воздушном пространстве и коммерческой сфере, то жизненно важно наличие набора стандартов и руководящих принципов конструирования. Это обеспечит единообразие, облегчит процесс сертификации и позволит создать глобальную инфраструктуру, подобную той, что существует сегодня для пилотируемого флота. Без такого понимания процесс сертификации БПЛА для полетов в гражданском воздушном пространстве будет долгим и трудным.

Данная книга устанавливает стандарт фундаментального труда по теме беспилотных летательных систем, обеспечивая определенный уровень связности и четкое понимание предмета.

Признательности

Мы хотели бы поблагодарить компанию Engineering Arresting System Corporation (ESCO) (Астон, Пенсильвания), являющуюся подразделением компании Zodiac Aerospace and General Atomics Aeronautical Systems, Inc., за предоставленные фотографии, схемы и/или другую информацию, касающуюся их летательных аппаратов и оборудования.

При подготовке первого издания общую информацию предоставили объединенное программное подразделение по БПЛА (военно-морская авиабаза Патаксент-Ривер, Мэриленд) и авиационно-ракетное командование Сухопутных войск США (Хантсвилл, Алабама).

Мы особенно благодарим г-на Роберта Визи (Robert Veazey), который, будучи сотрудником ESCO, предоставил оригинальные черновики по запуску и возвращению БПЛА, а также г-на Тома Мерли (Tom Murley), ранее работавшего в Lear Astronics, и г-на Боба Шермана (Bob Sherman) за критическое прочтение черновика и конструктивные предложения.

Выражаем огромную признательность редактору отдела закупок в области машиностроения и аэрокосмической техники издательства Wiley миссис Лорен Поплавски, которая предложила третьему автору подготовить пятое издание и оказала ему помощь в подготовке рукописи. Мы также благодарны главному редактору Кимберли Монро-Хилл и заместителю главного редактора Габби Роблес, которые предоставили полезную информацию при подготовке рукописи к этому новому изданию. Авторы также очень признательны редактору миссис Патриции Бейтсон за внимательное прочтение рукописи пятого издания и за ряд полезных предложений, касающихся стиля и грамматики. Сотрудники издательства Wiley были с нами очень терпеливы на протяжении всего процесса проработки деталей при осуществлении проекта.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru