

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ЗАДАЧАХ НАВИГАЦИИ И НАВЕДЕНИЯ
БЕСПЛОТНЫХ МАНЕВРЕННЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ



Желтов С.Ю.
Веремеенко К.К.
Ким Н.В.
Козорез Д.А. и др.

**Современные
информационные
технологии в
задачах навигации
и наведения
беспилотных
маневренных
летательных
аппаратов**



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ ®

УДК 629.7
ББК 68.53
С 56



*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 09-08-07004*

Авторский коллектив:

Желтов С.Ю., Веремеенко К.К., Ким Н.В., Козорез Д.А.,
Красильщиков М.Н., Себряков Г.Г., Сыпало К.И.,
Черноморский А.И.

Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. / Под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 556 с. — ISBN 978-5-9221-1168-3.

Обсуждаются проблемы, возникающие при использовании современных информационных технологий для решения задач навигации и управления беспилотных маневренных летательных аппаратов различных классов и назначения. Изложены методы и подходы, обеспечивающие реализацию упомянутых задач интегрированными бортовыми системами беспилотных летательных аппаратов, в состав которых входят бесплатформенные инерциальные системы, многоканальные ГЛОНАСС/GPS приемники, РЛС миллиметрового диапазона, а также приемники видовой информации. Приведены сведения о современной элементной базе, используемой для создания подобных систем. Рассмотрена технология создания объектно-ориентированных комплексов для моделирования процессов функционирования бортовых интегрированных систем навигации и управления. Приведены примеры моделирования бортовых интегрированных систем беспилотных летательных аппаратов различных классов.

Для разработчиков бортовых систем летательных аппаратов, аспирантов и студентов авиационных вузов.

ISBN 978-5-9221-1168-3

© ФИЗМАТЛИТ, 2009

© Коллектив авторов, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Список литературы к Введению	10
Глава 1. Современные и перспективные беспилотные летательные аппараты как средства выполнения задач боевой авиации	11
1.1. Классификация беспилотных летательных аппаратов	11
1.2. Беспилотные летательные аппараты как средство решения задач боевой авиации	34
Список литературы к главе 1	38
Глава 2. Глобальные навигационные спутниковые системы как современное средство решения навигационных задач БПЛА . . .	39
2.1. Современное состояние и перспективы развития ГНСС GPS, ГЛОНАСС и Galileo	39
2.1.1. Российская глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Федеральная целевая программа поддержания и развития ГЛОНАСС (39). 2.1.2. Глобальная навигационная система GPS. Состояние и перспективы (47). 2.1.3. Европейская спутниковая навигационная система Galileo (61).	
2.2. Функциональная схема многоканального приемника ГНСС GPS/ГЛОНАСС/Galileo.	65
2.3. Модели ошибок кодовых и фазовых измерений ГНСС	70
2.3.1. Модель ошибок кодовых измерений ГНСС (70). 2.3.2. Модель ошибок фазовых измерений ГНСС (76).	
2.4. Определение положения, скорости и ориентации. Состав неконтролируемых факторов. Влияние неконтролируемых факторов и динамики БПЛА на функционирование GNSS-приемника (НАП).	78
2.5. Дифференциальные режимы использования спутниковых приемников глобальных навигационных систем	88
2.6. Функциональные схемы интегрированных систем навигации и ведения беспилотного маневренного летательного аппарата.	94
Список литературы к главе 2	102
Глава 3. Бесплатформенная инерциальная навигационная система как информационное ядро интегрированного бортового комплекса БПЛА	104
3.1. Принципы построения и функциональные схемы БИНС.	104

3.2. Алгоритмы функционирования БИНС в различных системах координат и в различных параметрических пространствах	110
3.3. Модели ошибок БИНС	120
3.4. Особенности реализации численных алгоритмов БИНС	127
Список литературы к главе 3	134
Глава 4. Инерциальные чувствительные элементы бесплатформенных инерциальных навигационных систем	136
4.1. Динамически настраиваемые гироскопы.	138
4.2. Волновые оптические гироскопы.	146
4.3. Волновой твердотельный гироскоп	166
4.4. Микромеханические гироскопы и акселерометры.	174
4.4.1. Микромеханические гироскопы (175). 4.4.2. Микромеханические акселерометры (182).	
4.5. Традиционные акселерометры	189
Список литературы к главе 4	197
Глава 5. Использование технологий «машинного зрения» для управления и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов	199
5.1. Задача навигации и наведения с использованием изображений местности.	199
5.2. Использование эталонной информации различного типа в перспективных системах наведения. Постановка технической задачи	204
5.3. Алгоритмическое обеспечение задач навигации и наведения по двумерным полям	213
5.3.1. Основные требования к алгоритмам «машинного зрения» (213). 5.3.2. Корреляционные методы сопоставления текущего и эталонного изображений (215). 5.3.3. Методы сопоставления текущего и эталонного изображений на основе сравнения «характерных черт» (222). 5.3.4. Яркостные различия образов (233). 5.3.5. Определение наиболее устойчивых информативных участков изображения путем локального статистического анализа (235).	
5.4. Метод субпиксельной корреляции в задаче высокоточного отождествления соответствующих точек.	248
Список литературы к главе 5	264
Глава 6. Решение навигационной задачи БПЛА на основе интеграции данных инерциальных навигационных систем и систем наблюдения	266
6.1. Классификация методов решения навигационных задач БПЛА . . .	267
6.2. Обеспечение требуемой точности автономной посадки БПЛА на необорудованный аэродром	269
6.3. Определение углов ориентации БПЛА на основе анализа поля движения	281

6.4. Использование методов оптического потока для оценки навигационных параметров БПЛА	286
Список литературы к главе 6	298
Глава 7. Моделирование процессов функционирования интегрированных систем БПЛА на основе методологии объектно-ориентированного анализа и проектирования	301
7.1. Объектно-ориентированный анализ и проектирование — современная методология моделирования и проектирования информационных систем	302
7.1.1. Особенности современного этапа развития технологии математического моделирования (302). 7.1.2. Современная технология математического моделирования интегрированных систем навигации и наведения высокоманевренных ЛА (304). 7.1.3. Основные принципы унифицированного подхода к проектированию информационных систем на основе методики ООА/П (318).	
7.2. Применение ООА/П к проектированию ПМО для математического моделирования интегрированных систем навигации и наведения беспилотных маневренных ЛА	349
7.2.1. Описание предметной области задачи математического моделирования глубоко интегрированной системы навигации беспилотного маневренного ЛА (350).	
Список литературы к главе 7	399
Глава 8. Интегрированная бортовая система перспективного беспилотного вертолета в режиме маловысотного полета	401
8.1. Особенности маловысотного полета и требования к бортовому комплексу	401
8.2. Функциональная схема интегрированной бортовой системы	405
8.3. Математическая модель динамики управляемого движения вертолета	407
8.3.1. Системы координат (408). 8.3.2. Модель движения вертолета как объекта управления (417). 8.3.3. Система стабилизации (424).	
8.4. Алгоритм управления движением центра масс вертолета в режиме огибания рельефа местности («идеальный пилот»)	426
8.5. Основные элементы интегрированного навигационного комплекса	432
8.5.1. Чувствительные элементы БИНС (433). 8.5.2. Навигационный алгоритм БИНС (435). 8.5.3. Радиобаровысотомер (435). 8.5.4. Многоканальный GNSS-приемник (436). 8.5.5. Модель функционирования многоканального GNSS-приемника в условиях воздействия помех (439). 8.5.6. Бортовая РЛС миллиметрового диапазона (447). 8.5.7. Бортовой лазерный локатор (454).	
8.6. Использование корреляционно-экстремальных алгоритмов навигации для уточнения навигационного решения	455
8.6.1. Корреляционно-экстремальный алгоритм навигации для обработки данных бортовой РЛС (456). 8.6.2. Корреляционно-экс-	

тремальный алгоритм навигации для обработки данных лазерного локатора (460).	
8.7. Интеграция навигационных данных	467
8.7.1. Алгоритм интеграции данных при слабосвязанной архитекту- ре бортовой системы (467). 8.7.2. Интеграция данных при глубоко интегрированной архитектуре (473).	
8.8. Имитационное моделирование маловысотного полета при слабосвя- занной архитектуре бортового контура	476
8.8.1. Исходные данные имитационного моделирования (476).	
8.8.2. Результаты моделирования и их анализ (479).	
8.9. Имитационное моделирование маловысотного полета при глубоко интегрированной архитектуре бортового контура.	501
8.9.1. Исходные данные для моделирования (501). 8.9.2. Моде- лирование глубоко интегрированной системы при отсутствии по- мех (504). 8.9.3. Моделирование глубоко интегрированной систе- мы в условиях помех (517).	
Список литературы к главе 8.	517
Приложение к главе 1.	519
Приложение к главе 5.	552

Введение

Как известно, процесс постоянного совершенствования авиационных вооружений базируется, в том числе, на самых современных достижениях в области информационных технологий.

При этом активно учитываются передовые тенденции в стратегии и тактике решения целевых задач боевой авиации. Одной из важнейших тенденций в этой области является активное привлечение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для реализации упомянутых выше задач в самых различных формах и, в частности, создание так называемых смешанных тактических групп ЛА, включающих как пилотируемые, так и беспилотные ЛА.

Многообразие существующих и проектируемых БПЛА, множество возможных вариантов их оснащения, разнообразие тактики их применения приводят нас к необходимости осуществить классификацию БПЛА, позволяющую проанализировать тенденции совершенствования бортовых информационно-управляющих комплексов БПЛА и предложить подход к формированию их облика.

Один из вариантов подобной классификации предложен в первой главе настоящей монографии, где, кроме того, обсуждаются возможности БПЛА как современного средства решения задач боевой авиации. В приложении к этой главе приведены таблицы, содержащие характеристики значительного числа отечественных и зарубежных БПЛА различного назначения.

Анализ характеристик как самих БПЛА, так и их оснащения, проведенный на основе предложенной классификации, приводит нас к однозначному выводу о том, что наиболее приемлемым вариантом оснащения существующих и перспективных БПЛА является интегрированный информационно-управляющий комплекс, обеспечивающий решение задач навигации, управления движением и наведения.

Именно этот комплекс является средоточием всех последних достижений в области информационных технологий:

- надежных, компактных и высокоточных бесплатформенных инерциальных систем (БИНС), использующих перспективные инерциальные чувствительные элементы (ЧЭ);
- GNSS-приемников, способных работать с сигналами GPS, ГЛОНАСС и Galileo;
- высокопроизводительных бортовых вычислителей;
- бортовых радиолокационных станций (БРЛС) миллиметрового диапазона и лазерных локаторов (ЛЛ);
- аппаратно-программных решений, обеспечивающих функционирование интегрированного информационно-управляющего комплекса в условиях активных помех приему сигналов GNSS;
- современных методов обработки изображений;

- методов интеграции данных от различных источников навигационной информации, обеспечивающих функционирование интегрированного информационно-управляющего комплекса при различных уровнях его деградации (отсутствие данных GNSS, БРЛС или ЛЛ);
- алгоритмов навигации и наведения, использующих результаты обработки и корреляционно-экстремальной привязки изображений, полученных в различных диапазонах длин волн.

Анализ показывает, что многоканальный приемник сигналов GNSS (GPS, ГЛОНАСС и Galileo) является необходимым элементом всех существующих и проектируемых интегрированных информационно-управляющих комплексов БПЛА различного назначения. В связи со сказанным, во второй главе монографии приводятся сведения о фактическом текущем статусе и планируемых усовершенствованиях существующих (GPS и ГЛОНАСС) и создаваемой (Galileo) глобальных спутниковых навигационных систем. При этом, учитывая широкую осведомленность специалистов об этих системах в целом, основное внимание уделяется процессам совершенствования характеристик GPS и ГЛОНАСС и процедурам развертывания Galileo. В этой же главе приведена типовая функциональная схема современного GNSS-приемника, а также стандартные алгоритмы решения навигационной задачи потребителя на основе обработки как кодовых, так и фазовых измерений с учетом всего спектра ошибок, возникающих при такой обработке. Здесь же даются математические модели упомянутых ошибок и обсуждается вопрос влияния динамики БПЛА на функционирование GNSS-приемника. Излагаются основные принципы реализации дифференциальных режимов работы GNSS.

Третья глава монографии посвящена бесплатформенным инерциальным системам (БИНС). Этот материал в основном следует [1, 2] и содержит описание алгоритмов функционирования БИНС в различных системах координат (инерциальной, географической, горизонтной), а также описание математической модели ошибок БИНС. Новым по сравнению с [1, 2] является материал, касающийся численной реализации алгоритмов функционирования БИНС и анализа возникающих при этом трудностей.

Четвертая глава посвящена чувствительным элементам (ЧЭ) БИНС: гироскопам и акселерометрам. Приводятся математические модели процессов функционирования двухстепенных гироскопов (ДУ-Сов) различных типов (динамически настраиваемых, лазерных, волоконно-оптических, микромеханических вибрационных), фактически используемых во все существующих и перспективных БИНС, а также математические модели ошибок этих устройств. Аналогичные данные приведены по существующим и перспективным акселерометрам. Особое внимание уделяется анализу областей возможного применения различных типов гироскопов и акселерометров на борту БПЛА различного назначения. Приложение к этой главе содержит таблицы,

в которых приведены характеристики используемых для реализации БИНС гироскопов и акселерометров.

Пятая глава содержит теоретический материал, посвященный существующим и перспективным методам обработки изображений в интересах использования этих результатов для решения задач навигации и наведения БПЛА. Значительное внимание здесь уделяется перспективным методам так называемой субпиксельной привязки объектов на изображениях различной физической природы. Приводятся многочисленные примеры, иллюстрирующие эффективность подобных методов.

Шестая глава монографии посвящена примерам использования результатов обработки изображений, полученных на основе методов и алгоритмов, описанных в предыдущей главе, для решения задач наведения и навигации БПЛА с учетом возможности интеграции данных, полученных путем обработки изображений, с данными, поставляемыми БИНС. Рассматривается задача посадки БПЛА на необорудованный аэродром, а также задачи определения положения, скорости и ориентации БПЛА на основе обработки так называемого оптического потока.

Седьмая глава содержит описание современных представлений об объектно-ориентированном подходе к решению задачи имитационного моделирования процесса функционирования интегрированных информационно-управляющих комплексов БПЛА. Такое моделирование рассматривается авторами как конструктивное средство для решения задачи формирования облика интегрированного информационно-управляющего комплекса, включая определение его архитектуры, программно-аппаратного состава и алгоритмов функционирования, а также предварительную оценку его возможностей.

Наконец, восьмая глава монографии посвящена формированию интегрированного информационно-управляющего комплекса перспективного беспилотного вертолета, решающего свои целевые задачи в режиме маловысотного полета в условиях активных помех приему сигналов GNSS. Глава содержит детальное описание различных вариантов структуры такого комплекса, математических моделей и алгоритмов функционирования его элементов (БИНС, GNSS-приемник, БРЛС, ЛЛ) с учетом широкого спектра неконтролируемых факторов различной физической природы и активных помех, а также многочисленные результаты имитационного моделирования этого комплекса в режиме маловысотного полета при различных уровнях его деградации и влиянии активных помех.

Книга предназначена для специалистов, работающих в промышленности в области создания соответствующих систем, аспирантов, проходящих подготовку по специальности «Системный анализ, обработка информации и управление» и «Математическое моделирование, численные методы и программные комплексы». Она будет полезна также и для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Прицельно-навигационные системы летательных аппаратов» в рамках направления «Интегрированные системы летательных аппаратов»,

поскольку ее содержание соответствует программам дисциплин «Статистическая динамика и оптимизация комплексных информационных систем летательных аппаратов», «Комплексные системы наблюдения», «Компьютерные технологии».

Авторы выражают искреннюю благодарность с. н. с., к. т. н. В. В. Шевалю за материалы, включенные в главу 1 настоящего издания, д. т. н. проф. В. А. Бартеневу за материалы, включенные в гл. 2, доценту, к. т. н. В. Е. Плеханову за материалы, включенные в главу 4, к. т. н. Н. В. Удаловой и к. т. н. И. В. Ярковой за материалы, включенные в главу 6, а также д. т. н. Ю. А. Соловьеву за ценные замечания, сделанные им по содержанию главы 2.

Список литературы к Введению

1. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. М.: Физматлит, 2003.
2. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. 2-е изд. М.: Физматлит, 2005.

Глава 1

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК СРЕДСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ БОЕВОЙ АВИАЦИИ

1.1. Классификация беспилотных летательных аппаратов

В условиях современного боевого противостояния чрезвычайно сложно формировать адекватные ответы на быстроменяющиеся обстоятельства и возникающие угрозы.

Одновременно ужесточаются требования к полноте информационного обеспечения процессов управления боевыми действиями и, как следствие, расширяются требования к авиационным системам как поставщикам разведывательной информации в информационные сети систем управления более высокого уровня [1.1].

В гражданских областях жесткие требования предъявляются к оперативности и полноте получаемой информации о параметрах антропогенного воздействия на природную среду с целью оперативной выработки адекватных реакций. Учитывая пространственные характеристики природной среды с внедренными в нее антропогенными объектами, существенную роль в получении информации и в оперативном реагировании на изменяющуюся ситуацию играют авиационные системы. Принципиальным отличием данной области деятельности по сравнению с военной является отсутствие целенаправленного противодействия.

Реалии XXI века привели к формированию новой области деятельности, в определенном смысле занимающей промежуточное место между классической, военной и гражданской: борьба с терроризмом и наркомафией, браконьерством и организованной преступностью. Здесь также необходимы полнота оперативной информации и высокая скорость реакции на возникающие угрозы. Противодействие в данной области существует, но не столь всеобъемлющее, каким оно оказывается в военной области.

Все вышесказанное приводит к усиливающемуся вниманию к созданию беспилотных авиационных систем (БАС) на основе беспилотных летательных аппаратов (БЛА — Unmanned aerial vehicle — UAV). Здесь под термином «БАС» понимается взаимосвязанная совокупность БЛА, наземной системы управления (НСУ) и технических средств эксплуатации (ТСЭ), включающих в себя наземную аппаратуру радиосвязи, оборудование взлета и посадки, транспортных средств перемещения оборудования БАС [1.2].

В иностранной и отечественной литературе под термином «БЛА» принято понимать дистанционно пилотируемые (ДПЛА) и управляемые автоматически (БАЛА) ЛА. Различие между этими типами БЛА связано лишь со степенью вмешательства оператора в выполнение целевой задачи БАС (что, конечно, влияет на состав и технические характеристики бортового оборудования). В дальнейшем все рассматриваемые беспилотные летательные аппараты будем обозначать общим термином «БЛА», вне зависимости от степени автоматизации их функционирования.

Под термином «БЛА» будем понимать в дальнейшем летательный аппарат без экипажа на борту, оснащенный двигателем, управляемый автономно или дистанционно, способный нести нагрузку для выполнения целевой функции [1.3].

Стремительный прогресс в создании БАС различного назначения обусловлен, во многом, двумя факторами (экономическим и научно-техническим):

- значительным ростом стоимости и затрат на эксплуатацию в мирное и военное время пилотируемой авиационной техники;
- общим научно-технологическим прогрессом и развитием компьютерных технологий.

К преимуществам БАС перед системами с пилотируемыми ЛА, а, соответственно, и к преимуществам БЛА перед пилотируемыми ЛА можно также отнести следующие:

1. Экономический показатель продукции. Если для пилотируемых самолетов этот показатель, характеризуемый отношением «стоимость разработки : производство : эксплуатация», равен $1 : 3 : 6$, то для БЛА он равен $1 : 2,5 : 3$. При этом в абсолютном выражении стоимость БЛА существенно ниже пилотируемых ЛА, что позволяет применять их в большем количестве;

2. Экономический показатель эксплуатации. Существенно меньшие затраты на обучение операторов НСУ по сравнению с затратами на обучение пилота, меньшие затраты на материально-техническое обслуживание БЛА. Так, серийный беспилотный боевой вертолет должен стоить в 2–5 раз меньше, чем, например, пилотируемый вертолет «Команч» фирмы «Боинг-Сикорский», а затраты на его эксплуатацию будут вдвое меньше;

3. Показатель эффективности затрат на решение целевой задачи. Сравнительно высокий относительный вес полезной нагрузки: у больших БЛА он равен 0,1, у малоразмерных — $(0,25 \div 0,5)$;

4. Показатель оперативности применения. Более высокая степень готовности и мобильности;

5. Летный показатель. Благодаря отсутствию ограничивающих факторов, связанных с наличием на борту пилота, для БЛА допустимы полеты продолжительностью более суток, перегрузки более 10 g, длительные полеты в различных положениях (например, «вверх ногами»);

6. Показатель функциональных возможностей. Отсутствие человека позволило использовать аэродинамическую компоновку «без вертикального оперения» (БЛА имеет два равноправных рабочих положения);

7. Показатель живучести авиационной системы. Сравнительно небольшие размеры определяют низкую эффективную площадь рассеяния (ЭПР), что позволяет преодолеть ПВО противника. БЛА характеризуется также меньшей уязвимостью на стартовой позиции.

8. Эргатический показатель. Улучшенная комфортность применения — оператор НСУ, в отличие от пилота, не подвергается воздействиям вибраций, шума, бафтинга, а его жизни не угрожает непосредственная опасность.

9. Экологический показатель. Существует возможность снизить ущерб, причиняемый окружающей среде.

При этом БЛА присущи отдельные недостатки по сравнению с пилотируемыми ЛА, в частности:

1. Меньшая гибкость при реализации заданной целевой функции.

2. Существенное повышение требований к информационной составляющей бортового оборудования и к управлению комплексом бортового оборудования БЛА при реализации целевой функции.

3. Трудности создания высокопроизводительных каналов связи между оператором и БЛА (или между несколькими БЛА при выполнении целевой задачи в групповом полете). Такая связь возможна пока на расстоянии только почти прямой видимости. Для достижения большей дальности возникает необходимость применения радиорелейных станций или других воздушных (космических) платформ.

4. Трудности при полетах над густонаселенными районами в мирное время, особенно в воздушном пространстве, серьезно насыщенном гражданской авиацией.

В конечном счете перечисленные недостатки в значительной мере компенсируются преимуществами БЛА. Поэтому практически все развитые страны в той или иной степени занимаются разработкой БЛА для военных и гражданских целей. Детальная информация о разработках в данных предметных областях приведена в Приложении к данной главе (табл. 1 и 2).

В настоящее время не существует единой общепринятой классификации БЛА. Тем не менее, опираясь на отечественные и зарубежные

разработки, можно предложить их классификацию, основанную, главным образом, на целевых функциях подобных аппаратов и технических средствах выполнения этих функций.

При этом следует помнить, что классификация относится, в первую очередь, к БАС, так как отдельный БЛА решение целевой задачи обеспечить не может.

Современные БЛА делятся, как правило, по областям их применения на три основные группы: военного, гражданского и антитеррористического назначения. Основные функции, выполняемые БЛА в каждой из перечисленных выше групп, приведены в Приложении (табл. 3).

БЛА военного назначения создаются для выполнения следующих боевых задач:

- поражение РЛС противника;
- поражение наземных целей (включая мобильные цели);
- радиоэлектронное противодействие (РПД), включающее постановку помех, насыщение зон действия ПВО ложными целями, беспокоящие действия, отвлечение противника, введение его в заблуждение и подавление средств ПВО;
- подавление сетевых систем противника;
- транспортировка оружия направленной энергии — для решения этих и подобных задач выделяется класс ударных БЛА;
- проведение разведывательных полетов;
- электронная разведка (разведка средств связи противника) для сбора, анализа и оценки сигналов систем связи и передачи данных;
- получение информации об оперативной обстановке на театре военных действий (ТВД);
- определение местоположения целей и лазерное целеуказание системам оружия с лазерным наведением, корректировка артиллерийского огня — для решения этих и подобных задач выделяется класс разведывательных БЛА;
- обеспечение радиорелейной связи;
- выполнение «узловых» функций для информационных сетей;
- выполнение функций воздушных мишеней, информационная поддержка процессов обучения летчиков и операторов — для решения этих и подобных задач выделяется класс БЛА обеспечения.

В результате применения БЛА военного назначения оказывается возможным:

- значительно повысить боевую эффективность применения военной техники;
- обеспечить экономию сил и средств при гарантированном поражении объектов противника;
- создать условия для оперативного маневра ресурсами сил и средств;

- обеспечить возможность быстрого сосредоточения необходимых сил и средств на критических направлениях ведения боевых действий;
- осуществить требуемую длительность наблюдения за территорией противника с целью своевременного раскрытия его замысла и определения имеющихся у него сил и средств;
- обеспечить устойчивую информационную поддержку боевых действий войск в различных условиях.

Задачи, решаемые современными БЛА гражданского назначения, можно классифицировать на три группы:

- БЛА обеспечения информацией различные системы контроля за параметрами природной и антропогенной сред — информационные (мониторинговые) БЛА;
- БЛА оказания физического воздействия на параметры состояния контролируемых сред — рабочие БЛА;
- БЛА обеспечения функционирования двух предыдущих классов — вспомогательные БЛА.

БЛА антитеррора и борьбы с наркомафией также можно классифицировать на следующие три группы:

- информационно-разведывательные БЛА (поиск групп террористов и прочих преступников, определение параметров природной и антропогенной сред в районе действия этих групп и т. п.);
- боевые БЛА (нанесение ущерба личному составу и объектам материального обеспечения групп террористов и прочих преступников);
- связные БЛА (обеспечение закрытой связи со спецгруппами, осуществляющими поиск и боевое взаимодействие с террористами).

Многие военные специалисты на Западе полагают [1.5], что именно БЛА будут в скором времени незаменимы при выявлении очагов терроризма и отслеживании террористических акций, в особенности, если в результате терактов возникнут обширные зоны радиоактивного заражения местности.

Приведенное деление БЛА на классы и группы по назначению и обобщенным решаемым задачам показано на рис. 1.1, где выделены следующие уровни:

I — уровень беспилотных авиационных систем (БАС);

II — уровень подсистем БАС;

III — уровень назначения БЛА;

IV — уровень целевых задач, решаемых БЛА.

Первое место по количеству, сложности и разнообразию внедренных и разрабатываемых БАС занимают боевые беспилотные системы и, соответственно, БЛА военного назначения.

Для дальнейшей детализации классификации БЛА военного назначения воспользуемся дополнительными признаками, в качестве которых выступают тактические характеристики БЛА:

- повторяемость выполнения целевых функций ударными БЛА: одноразовые и многоразовые;
- глубина решаемой задачи разведывательными БЛА: стратегические (высота свыше 6100 м, длительность полета свыше 24 часов, дальность полета свыше 550 км) и тактические (высота менее 6100 м, длительность полета менее 24 часов, дальность действия менее 550 км);
- особенности функций обеспечения военных БЛА: целевые платформы (задачи ретрансляции и связи), транспортные платформы (задачи доставки непоражающих грузов), имитаторы (ложные цели и мишени).

В качестве дополнительных классификационных признаков могут быть использованы также тактико-технические характеристики (ТТХ) БЛА:

- аэродинамические схемы — самолетного и вертолетного типа, а также комбинированного типа — конвертопланы;
- высота применения:
 - стратегические разведывательные высотные БЛА (по американской классификации: HALE — High-Altitude Long-Endurance): высота полета ($12\,200 \div 19\,800$) м, длительность — более 24 часов,
 - стратегические разведывательные средневысотные БЛА (по американской классификации: MALE — Medium-Altitude Long-Endurance): высота полета ($6\,100 \div 12\,200$) м, длительность — более 24 часов;
- дальность действия:
 - тактические разведывательные БЛА среднего радиуса действия (MR — по американской классификации): дальность действия — ($70 \div 550$) км,
 - тактические разведывательные БЛА малого радиуса действия (SR — по американской классификации): дальность действия — ($30 \div 70$) км,
 - тактические разведывательные БЛА ближнего радиуса действия (CR — по американской классификации): дальность действия — менее 30 км;
- весовые и габаритные характеристики (для тактических разведывательных БЛА ближнего радиуса действия):
 - малогабаритные БЛА (МБЛА) ближнего радиуса действия (mini — по американской классификации): дальность действия — менее 30 км, вес — ($1 \div 10$) кг,
 - миниатюрные БЛА (микро-БЛА) ближнего радиуса действия (μ — по американской классификации): дальность действия — менее 10 км, вес — ($0,05 \div 1$) кг.

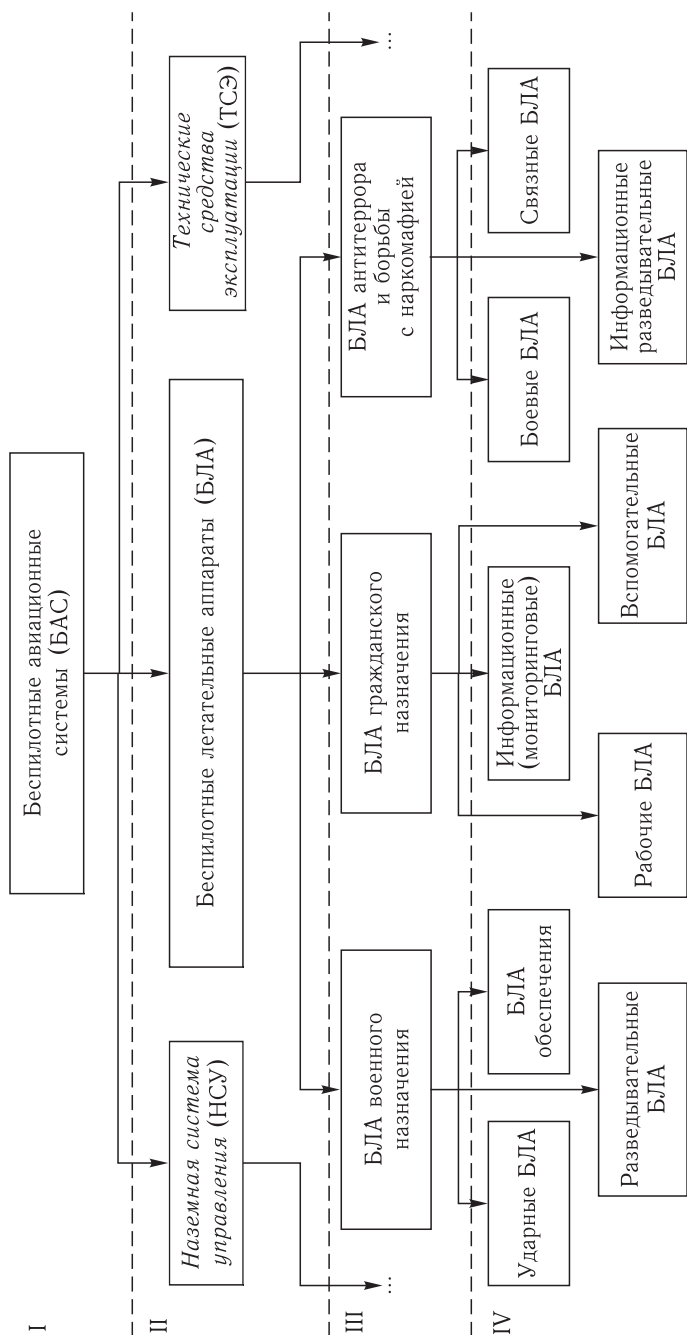


Рис. 1.1. Классификация БЛА

Получающаяся при этом детализированная классификация БЛА военного назначения приведена на рис. 1.2, где в дополнение к рис. 1.1 введены следующие уровни классификационной иерархии:

V — уровень тактических характеристик;

VI — уровень технических характеристик.

В зависимости от технического уровня и степени интеграции бортовых информационно-управляющих систем (ИУС) в информационные сети централизованного управления, БЛА военного назначения могут быть использованы в различных концепциях ведения боевых действий [1.5].

Вне зависимости от концепции, для оценки качества выполнения целевой задачи будем использовать традиционные для технических систем, имеющих в своем составе ИУС, критерии: точность и производительность. Для оценки эффективности эксплуатации будем использовать также вполне очевидные критерии: ТТХ БЛА, стоимость БЛА и его эксплуатации.

Ниже приведены примеры характеристик БЛА для различных классификационных групп, где используются следующие технико-экономические параметры: точность выполнения полетных операций, скорость и длительность полета, высота полета, взлетная масса, масса и состав целевой нагрузки, стоимость БЛА и его эксплуатации.

Ударные БЛА одноразового применения характеризуются продолжительностью полета до 5 часов и радиусом боевого действия до 350 км, т. е. они относятся к классу тактических и оперативных ЛА.

Ударные БЛА одноразового применения могут поражать:

- радиоизлучающие цели, для этого они оснащаются пассивной радиолокационной головкой самонаведения (ГСН), встроенной боевой частью (БЧ) и автономной системой управления полетом;
- малоразмерные неизлучающие наземные цели, в том числе и мобильные (разрабатываются одноразовые БЛА и для воздушных целей).

Полет ударного БЛА одноразового применения выполняется по заданной программе вплоть до захвата пассивной ГСН БЛА отраженного излучения цели от собственного или внешнего подсвета (в соответствующем диапазоне длин волн электромагнитного излучения), после чего БЛА переходит в пикирование и поражает цель по схеме «камикадзе». Другим алгоритмом работы одноразового БЛА является его наведение по внешним целеуказаниям.

В Приложении (табл. 4) приведены тактико-технические характеристики (ТТХ) некоторых ударных БЛА одноразового применения.

Представителями ударных БЛА одноразового применения являются также:

- БЛА CUTLASS, IAI (Израиль) и Рейтеон (США);
- БЛА LEWK, Advanced Technologies Inc., США;
- робототехнический БЛА-камикадзе «Брэйв-200», Боинг, США;
- робототехнический БЛА-камикадзе «Брэйв-3000», Боинг, США;

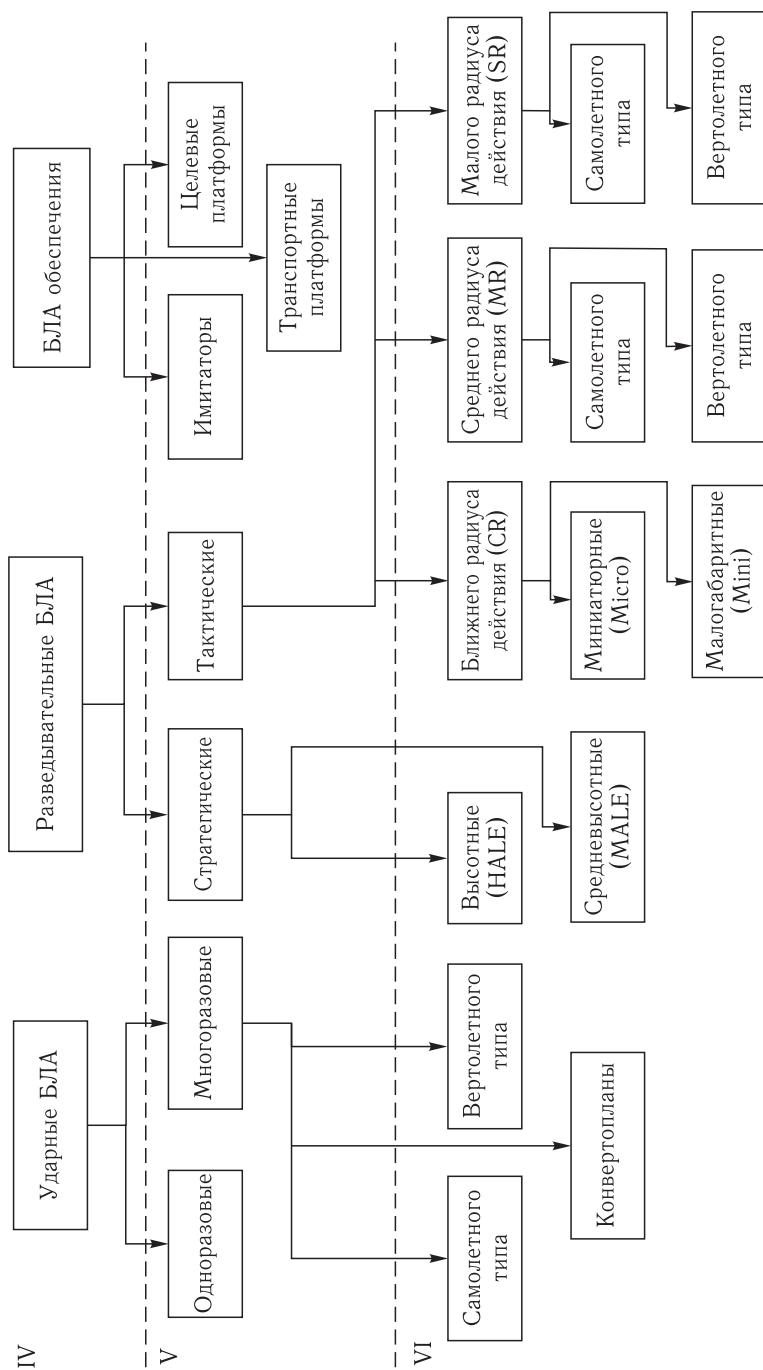


Рис. 1.2. Классификация БЛА военного назначения

- робототехнический БЛА-камикадзе «Ларк», IAI, Израиль;
- робототехнический БЛА-камикадзе «Вампир», Шорт, Англия и т. д.

Однако большая часть ударных БЛА ввиду их довольно высокой стоимости рассчитаны на многократное применение.

Ударные БЛА многоразового применения обладают радиусом боевого действия вплоть до нескольких тысяч километров. Они могут нести на борту кроме традиционных поражающих средств высокоэнергетическое оружие направленного действия: лазерное, микроволновое большой мощности, что в присутствии пилота не всегда возможно.

Ударные БЛА многоразового применения по своим массогабаритным и тактико-техническим характеристикам приближаются к современным тактическим истребителям. Поэтому основной концепцией боевого применения БЛА является их комплексное использование совместно с пилотируемыми средствами, что еще более ужесточает требования к ИУС БЛА.

Ударные БЛА многоразового применения должны обеспечивать обнаружение, идентификацию и поражение приоритетных наземных стационарных и мобильных целей, огневое подавление активных средств системы ПВО противника, а также ведение борьбы с воздушными целями, в том числе с крылатыми и баллистическими ракетами, на активном участке траектории их полета. Ударные БЛА должны иметь низкую заметность в оптическом и радиолокационном диапазонах, радиус действия до 2000 км, повышенную маневренность и прочность конструкции, сравнительно невысокие стоимости производства и эксплуатации.

В Приложении (табл. 5) приведены ТТХ некоторых ударных БЛА многоразового применения самолетного типа.

Представителями ударных БЛА многоразового применения самолетного типа являются также:

- проект БЛА «Нейрон», Дассо, Франция при участии SAAB (Швеция), EADS/CASA (Испания), HAI (Греция), Алениа (Италия), RUAG (Швейцария);
- проект БЛА «Скай-Х», Алениа, Италия;
- проект БЛА «URAV», германское отделение EADS;
- БЛА UCAV-N, Нортроп-Грумман, США;
- БЛА «Модель 395», Нортроп-Грумман, США;
- БЛА «Блэк UCAV», Локхид-Мартин, США;
- БЛА «Уорриор», Джeneral Атомикс, США;
- БЛА UCAV, общеевропейская корпорация «EADS»;
- БЛА «Грэн Дюк», Дассо, Франция;
- БЛА «Вооруженный Фалько», Метеор, Италия
- БЛА U-99, НИЦ Кронфильдского авиационного института, Великобритания и т. д.

Особыми классами ударных ЛА являются БЛА вертолетного типа и беспилотные конвертопланы. Использование БЛА таких типов суще-

ственно отличается от самолетного и требует другой инфраструктуры обслуживания и применения.

В Приложении (табл. 6) приведены ТТХ некоторых ударных БЛА многоразового применения вертолетного типа.

Представителем ударных БЛА многоразового применения вертолетного типа является также:

- БЛА «Ка-117», «Камов», РФ;
- проект БЛА «USAR», Локхид Мартин, США и т. д.

В Приложении (табл. 7) приведены ТТХ некоторых ударных БЛА многоразового применения комбинированного типа (конвертопланы).

Представителем ударных БЛА многоразового применения комбинированного типа (конвертопланы) является также проект БЛА «Штиль-3», ООО «Кванд», РФ и Республика Беларусь и т. д.

Во многом дальнейшее развитие БАС связано с совершенно новой концепцией ведения боевых действий в XXI в., когда создается единое информационное пространство проведения боевых операций от отдельного солдата до системы управления фронтом.

Имеются сведения о результатах работы по созданию некоторых типов программного обеспечения как составляющих будущего глобального продукта:

- точное пространственное прицеливание;
- инструмент планирования маршрута БЛА;
- интегрирование датчиков;
- инициативная система прицеливания;
- система управления логистической информацией;
- папка планирования удара;
- рабочая станция точного прицеливания;
- тактический модуль распространения [1.6].

Другой составляющей реализации данной концепции является созданная и разрабатываемая широкая номенклатура разведывательных беспилотных систем.

Основными предпосылками для совершенствования разведывательных БЛА военного назначения являются:

- сложность обеспечения оперативного взаимодействия родов войск в условиях сложной информационной обстановки в районе ведения боевых действий;
- высокая подвижность частей и подразделений при выполнении боевой задачи;
- постоянно растущая потребность в контроле за обстановкой в зоне боевого соприкосновения с противником, обусловленная отсутствием четко выраженной полосы обороны или наступления.

При создании единого информационного поля управления боевыми операциями должны быть учтены следующие ключевые вопросы:

- помехозащищенность и производительность каналов обмена информацией между БЛА и пунктами управления;
- эффективность обработки информации на борту;

- высокая степень автоматизации задач, выполняемых на борту БЛА и в пункте операторского управления БЛА;
- эффективность информационно-управляющего поля, связывающего оператора БЛА с информационным процессом, обеспечивающим боевое применение БАС.

В ИУС боевой беспилотной авиации ближайшего будущего будут присутствовать две независимые компоненты: система «Интранет», связывающая группу боевых БЛА друг с другом и с боевым самолетом, с борта которого ведется управление этой группой, и система многоканальной дальней связи, работающая с использованием высотных или космических ретрансляторов и связывающая боевые БЛА с удаленными источниками информации или наземными пунктами управления. С учетом сказанного, обсудим также возможную классификацию разведывательных БЛА военного назначения.

Стратегические разведывательные БЛА предназначены для обеспечения боевых действий авиации и других видов вооруженных сил на театре военных действий (ТВД). Последовательное развитие идеи барражирующего разведчика привело к созданию в США больших БЛА, выполняющих оперативные и стратегические задачи. К ним относятся выпускаемые серийно в США БЛА RQ-1 Predator и БЛА RQ-4 Global Hawk.

В Приложении (табл. 8) приведены ТТХ некоторых стратегических разведывательных высотных БЛА.

Представителями стратегических разведывательных высотных БЛА являются также:

- БЛА 324 «Scarab», Teledyne Ryan Aeronautics, США (с 80-х гг. 20 в.);
- БЛА «Frigate», Aerospatiale Matra, Франция;
- БЛА «Gladan», SAAB Aerospace, Швеция;
- БЛА «Sensor Craft», США и т. д.

Стратегические разведывательные высотные БЛА имеют следующие преимущества перед средневысотными:

- большая дальность прямой видимости, в пределах которой могут работать разведывательная аппаратура и средства связи;
- меньшая вероятность летных происшествий, поскольку боевые задания выполняются над зонами плохой погоды, а также над зонами, отведенными для полетов других летательных аппаратов;
- меньшее количество взлетов и посадок, во время которых происходит большинство аварий БЛА.

В Приложении (табл. 9) приведены ТТХ некоторых стратегических разведывательных средневысотных БЛА.

Представителями стратегических разведывательных средневысотных БЛА являются также:

- БЛА «Тиха», Тусас Аэропейс Индастриз, Турция;
- БЛА «Херон» (Eagle), IAI, Израиль;
- БЛА «E-Hunter», IAI и Malat, Израиль;

- БЛА «Спервер-NV», Сажем, Франция;
- БЛА «Игл-1», общеевропейская корпорация «EADS» и т. д.

Залогом успеха действия стратегических разведывательных БЛА является эффективная организация оптимального процесса передачи данных, особенно видеоразведки и совершенствование комплексного управления БАС.

Так, для ускорения обмена информацией в состав наземного комплекса, работающего с БЛА RQ-1A «Предатор», были введены приемники, которые обеспечивали передачу видеоданных с БЛА RQ-1A «Предатор» непосредственно в кабину экипажа самолета сил специальных операций AC-130.

Однако, только полная интеграция данных, получаемых от всех видов разведывательных средств, в единый информационный поток позволит обеспечить согласованное управление различных БАС и других боевых комплексов в режиме реального времени. При этом связь между различными разведывательными средствами, объединенными в единую сеть, должна осуществляться посредством интерфейса «машина–машина».

Тактические разведывательные БЛА предназначены для обеспечения разведывательной информацией частей и соединений сухопутных войск и военно-морских сил от корпусного звена и ниже. Наиболее ответственную зону (в районе 150 км от пункта вылета), где будут вестись основные боевые действия, обслуживают относительно скоростные тактические разведывательные БЛА средней дальности с высокой степенью автономности [1.7]. Именно в этом классе разработано и испытано наибольшее количество БЛА, и такие работы энергично продолжаются.

В Приложении (табл. 10) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных БЛА самолетного типа средней дальности.

Представителями тактических разведывательных БЛА самолетного типа средней дальности являются также:

- БЛА «Fox AT2», CAC Systemes, Франция;
- БЛА «Searcher-Mk-II», IAI, Израиль;
- БЛА «PW-1», CPMIEC, Китай;
- БЛА «CL-289» (AN/USD-502), Bombardier Aerospace (Канада), при участии Dornier (Германия) и Aerospatiale — Matra (Франция);
- БЛА «Mohajer», HESA, Иран;
- БЛА «Scout», IAI, Израиль;
- БЛА «Sojka III», Технический институт ВВС и ПВО, Чехия;
- БЛА «CL-32», Canada Air, Канада;
- БЛА «Thomson-CSF», Бельгия;
- БЛА «Spectrum», Meggit Defense Systems, Великобритания;
- БЛА «Фокс АТ», CAC Systems, Франция;
- БЛА «Cresserelle», Sagem, Франция;
- БЛА «Spervere», Sagem, Франция;

- БЛА «W-50», Нанкинский НИИ техники имитационного моделирования, Китай;
- БЛА «Changkhong-1», Пекинский университет авиации и космонавтики, Китай;
- БЛА «Nishant», Управление оборонных исследований, Индия;
- БЛА «Seeker-2», Centrone, ЮАР;
- БЛА BQM-155A «Hunter», IAI (Израиль) и TRW (США);
- БЛА «Seamos», общеевропейская корпорация «EADS»;
- БЛА «Рейнджер», Erlion (Швейцария) и IAI (Израиль) и т. д.

В Приложении (табл. 11) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных БЛА вертолетного типа средней дальности.

Представителями тактических разведывательных БЛА вертолетного типа средней дальности являются также:

- БЛА «SARC», общеевропейская корпорация «EADS»;
- БЛА «Орка-1200», общеевропейская корпорация «EADS»;
- БЛА «Скорпио-30», общеевропейская корпорация «EADS»;
- БЛА «Хетэл», ECT и ISNAV, Франция;
- БЛА «CL-327», Guardian, Канада;
- БЛА «Puma», Bombardier Services Corporation, Канада;
- БЛА 379 «Fire Scout», Northrop Grumman, США;
- БЛА «Сайфер-2», Sikorski Aircraft, США и т. д.

В настоящее время, как показал конфликт в Югославии, разработчики БЛА стремятся сделать новые БЛА максимально универсальными, модульными и взаимозаменяемыми как в стратегических, так и тактических операциях, как при выполнении ударных, так и при выполнении разведывательных функций. Это проявляется в стремлении авиастроительных фирм свести воедино в беспилотный разведывательно-ударный многоцелевой комплекс разное оборудование, предназначенное для выполнения задач разведки (включая наблюдение и обнаружение целей), создания помех радиотехническим средствам противника, подавления его ПВО, нанесения ударов по наземным целям и др. Иными словами, бортовая система управления должна выполнять композицию следующих функций [1.1]:

- управление ресурсами — автоматическое управление работой всех бортовых систем, включая датчики различных параметров и оружие;
- управление операциями с информацией — получение и слияние различного вида информации, а также обработка и отображение информации;
- управление в критических ситуациях — поиск управленческих решений в случае боевого повреждения или появления нарушения в нормальной работе бортовых систем, реализация в критических ситуациях возвращения БЛА на базу;
- сетевое управление — распределение частотных каналов для реализации информационной связи БЛА, поддержание качественной работы всех каналов связи.

Реализация такого обширного круга задач на одном аппарате требует новых концепций построения бортовых ИУС, установки более разнообразного бортового оборудования. Информационные и ударные бортовые системы в этом случае могут иметь массогабаритные характеристики, которые будут значительно превышать конструктивные возможности БЛА.

Одним из наиболее реальных путей решения данной проблемы является создание многоцелевых БЛА со сменными модулями соответствующего назначения. Например, в разведывательном варианте они оснащаются телекамерами, ИК-станциями, РЛС с синтезированной апертурой и т. п., в варианте постановщиков помех — станциями радиоэлектронной разведки, передатчиками активных помех, контейнерами с автоматами сброса дипольных отражателей, а в ударном варианте — оборудованием наведения оружия (ИК-станция переднего обзора, РЛС, лазерный дальномер и т. п.) и средствами поражения целей.

В Приложении (табл. 12) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных БЛА самолетного типа малой дальности.

Представителями тактических разведывательных БЛА самолетного типа малой дальности являются также:

- БЛА «Mirach-26», Италия;
- БЛА «Lipan M3», Аргентина;
- БЛА «Chacal-2», ALCORE Technologies SA, Франция;
- БЛА RZO «Бревел», STN Atlas Elektronik, Германия;
- БЛА «Z-2», Нанкинский НИИ техники имитационного моделирования, Китай и т. д.

В Приложении (табл. 13) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных БЛА вертолетного типа малой дальности.

В последнее время сформировался повышенный интерес к малогабаритным БЛА (МБЛА), относящимся к разведывательным тактическим БЛА ближней дальности. Это объясняется появлением новых достижений в области миниатюризации бортовых компонентов БЛА и новых военно-технических концепций применения таких аппаратов. Сказался также опыт, полученный в боевых действиях в локальных конфликтах (в миротворческих операциях), где выявились потребности повышения информационной обеспеченности наземных войск тактического уровня.

Возникла необходимость функционирования БЛА в интересах отдельных групп солдат как средства взводного уровня, обеспечивающего локальную разведку по прямому требованию потребителя информации. Решающим фактором успеха становится организация непрерывной разведки, планирование и управление выполнением боевых действий с привлечением минимально необходимых ударных средств. Основным информационным звеном в такой ситуации становятся именно МБЛА, которые предполагается оснащать телевизионными или тепловизионными камерами, биохимическими, радиационными, акустическими датчиками и т. п., и которые должны входить в состав индивидуального

снаряжения военнослужащих для использования при ведении контр-террористических операций и боевых действий.

Возможность создания и применения МБЛА для выполнения разведывательных задач объясняется следующими причинами:

- высокий уровень развития элементной базы радиоэлектроники и миниатюризация датчиков, приборов и устройств, используемых в комплексах бортового оборудования;
- снижение уровня специальных требований к бортовому оборудованию для малых БЛА и, как следствие, расширение номенклатуры применяемого оборудования;
- отсутствие необходимости в дорогостоящей научно-производственной базе для разработки, производства и испытаний МБЛА.

В Приложении (табл. 14) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных малогабаритных БЛА ближнего радиуса действия.

Представителями тактических разведывательных малогабаритных БЛА ближнего радиуса действия являются также:

- БЛА «Байрактар», Калейбайкар, Турция;
- БЛА «Skylark», Elbit, Израиль и т. д.

Дальнейшее развитие подобной техники практически доказало возможность изготовления миниатюрных беспилотных летательных аппаратов размером не более 150 мм (миниатюрные БЛА).

В приложении (табл. 15) приведены ТТХ некоторых тактических разведывательных миниатюрных БЛА ближнего радиуса действия.

Представителями тактических разведывательных миниатюрных БЛА ближнего радиуса действия являются также:

- БЛА «Lockheed», Sanders, США;
- БЛА «Black Widow», AeroVironment, США;
- БЛА «Mosquito 1.5», IAI, Израиль;
- БЛА «Carollo P 50», Технический университет Брауншвейга, Германия;
- БЛА «Ровир», подразделения «Сандерс» и «Сканк Уоркс» фирмы «Локхид-Мартин», США;
- БЛА «Колибри», Латроникс, США;
- БЛА «Колибри», ХАИ, Украина;
- БЛА «Микробат», Калифорнийский технологический институт и фирма «AeroVironment», США;
- БЛА «SLADF», Майкрокрафт, США и т. д.

Достигнутые технические характеристики оборудования малых БЛА не позволяют перейти к широкой замене более крупных БЛА на БЛА мини- и микро-класса. Например, качество изображения, получаемого при помощи аппаратуры малых БЛА, остается достаточно низким — получаемое изображение часто нестабильно и дрожит.

Необходимо отметить, однако, что, в частности, компания CONTROP Precision Technologies (Израиль) начала поставки гиростабилизированной миниатюрной системы наблюдения D-STAMP с тремя степенями свободы и массой всего около 650 г.

Прогнозируется появление «стай» БЛА-микророботов, доминирующих над полем боя и над объектами противника. Время практического появления таких «стай» будет зависеть от прогресса в создании сверхмощных автоматических или автоматизированных ИУС и от дальнейшего прогресса в нанотехнологии.

Как указывалось выше, БЛА обеспечения для БАС военного назначения выполняют функции имитаторов и решают функциональные и транспортные задачи.

В Приложении (табл. 16) приведены ТТХ некоторых имитаторов из класса БЛА обеспечения.

В табл. 17 Приложения приведены ТТХ некоторых функциональных платформ из класса БЛА обеспечения.

Представителями функциональных платформ из класса БЛА обеспечения являются также:

- БЛА «Dragon Eye», США (ретранслятор, постановщик помех);
- БЛА «BQM-53», Нортроп Грумман, США (постановщик помех);
- БЛА «Мошара», Республика Беларусь (постановщик помех) и т. д.

В Приложении (табл. 18) приведены ТТХ транспортной платформы из класса БЛА обеспечения.

Перейдем теперь к обсуждению классификации и характеристик БЛА гражданского назначения.

Круг задач, решаемых БЛА гражданского назначения, очень широк и имеет тенденцию к дальнейшему быстрому расширению. Для данных БЛА предпосылками развития являются:

- высокая потенциальная возможность развития катастрофических ситуаций из-за нештатных и аварийных ситуаций на многочисленных промышленных объектах технологической инфраструктуры и на природных объектах, необходимость в связи с этим оперативного реагирования и управления выходом из таких ситуаций;
- протяженность естественных и технологических объектов, их удаленность от развитых технологических центров;
- расширение сети технологических объектов и расширение номенклатуры объектов контроля.

БАС гражданского применения являются, прежде всего, информационными системами, где целевая функция заключается в оперативном получении, накоплении и анализе информации для формирования достоверных сведений о контролируемых процессах и объектах, использовании получаемой информации для повышения эффективности управления полетом БЛА при решении целевых задач. Поэтому первоочередное значение для выбора технического облика БЛА имеет состав и качество целевого оборудования, а также качественные характеристики цифровой системы автоматического управления (ЦСАУ) полетом БЛА как составной части бортовой ИУС.

Целевые функции определяют такие технические характеристики БЛА, как взлетная масса, кратность применения, дальность и длительность полета, способы старта и посадки, уровень «интеллектуальности». Существенной ограничительной характеристикой является стоимость БАС (в составе с БЛА), а также стоимость и простота эксплуатационного обслуживания.

Применение БЛА гражданского назначения обеспечивает получение следующих результатов:

- возможность получения всеобъемлющей информации о параметрах состояния природной среды, промышленно-технологического комплекса, созданного человеком, о состоянии урбанистической (т. е. рукотворной) среды проживания современного человека;
- минимизация вероятности возникновения и сокращение сроков ликвидации антропогенных и природных катастроф;
- повышение эффективности технологической деятельности человека;
- создание условий для оперативного маневра ресурсами сил и средств;
- устойчивость информационной поддержки промышленной деятельности человека.

Достижение перечисленных выше результатов требует создания разнообразных датчиков получения информации, действующих в широких географических рамках и в разнообразных климатических и эксплуатационных условиях.

Поэтому БАС на основе БЛА гражданского назначения должны быть мобильными, их количество должно обеспечивать создание плотной информационной сети. В этом случае требуется значительная численность обслуживающего персонала. Заметим, что этот персонал не обязательно должен обладать высокими профессиональными качествами.

Таким образом, для максимального соответствия принципам получения всеобъемлющей и своевременной информации целесообразно создавать БЛА гражданского назначения в соответствии со следующими критериями:

- высокая мобильность перемещения оборудования БАС на основе БЛА гражданского назначения;
- высокая степень автоматизации целевого функционирования БАС (БЛА);
- низкая стоимость БАС (БЛА) и его эксплуатации;
- возможность обеспечения функционирования БАС (БЛА) специалистами средней и низкой квалификации;
- возможность доставки к месту организации работ на малогабаритных и дешевых транспортных средствах высокой проходимости;

- возможность работы в местах с полным отсутствием технических и организационных средств обеспечения полетов (старт, полет, посадка);
- простота эксплуатационного обслуживания БЛА на месте проведения работ целевого характера;
- высокие надежность функционирования и ремонтпригодность.

Функции, выполняемые БЛА гражданского назначения (Приложение, табл. 3) могут быть классифицированы в соответствии с целевыми функциями.

Так задачи БЛА гражданского назначения:

- выявление и локализация техногенных катастроф, оценка их последствий;
- оценка состояния тепловых сетей, полей фильтрации и аэрации, дорожного покрытия;
- оценка состояния высоковольтных линий передач;
- оценка состояния трубопроводов;
- контроль технического состояния зданий и сооружений;
- обнаружение мест утечек, предаварийных и аварийных участков;
- контроль за железными и автомобильными дорогами; контроль судоходства — могут быть классифицированы как задача осуществления мониторинга промышленных объектов.

Задачи БЛА гражданского назначения:

- выявление и локализация естественных катастроф;
- выявление участков загрязнений земной и водной поверхности;
- обнаружение очагов возгорания в населенных пунктах, в лесах и на торфяниках;
- слежение за динамикой лесных пожаров; слежение за ходом лесовосстановления на вырубках и гарях — могут быть классифицированы как задача осуществления экологического мониторинга.

Задачи БЛА гражданского назначения:

- ведение радиационной, бактериологической и химической разведок;
- контроль гидро-, метеообстановки, исследование атмосферы;
- информационное обеспечение сельскохозяйственных работ и геологоразведки;
- разведка ледовой обстановки;
- разведка косяков рыб, контроль рыболовства — могут быть классифицированы как задача осуществления климатического, гео- и биоконтроля.

Задачи БЛА гражданского назначения:

- наблюдение за заданным участком местности с целью поиска и идентификации объектов;
- аэрофотосъемка и контроль земной поверхности;
- составление ортофотопланов участков местности с заданными точностью и разрешением;

- обеспечение формирования земельного кадастра отдельных территорий — могут быть классифицированы как картографические и топографические задачи.

Для дальнейшей конкретизации классификации БЛА гражданского назначения воспользуемся дополнительными классификационными признаками (по сути — параметрами технических характеристик БЛА):

- аэродинамические схемы — самолетного и вертолетного типа;
- весовые и габаритные параметры:
 - крупногабаритные БЛА — вес более 250 кг;
 - среднегабаритные БЛА — вес (30÷250) кг;
 - малогабаритные БЛА — вес менее 30 кг.

Получающаяся при этом структура классификации БЛА гражданского назначения показана на рис. 1.3, где показаны следующие уровни классификационной иерархии:

V — уровень целевых задач;

VI — уровень технических характеристик.

В Приложении (табл. 19) приведены ТТХ крупногабаритного БЛА для мониторинга промышленных объектов.

В табл. 20 приведены ТТХ некоторых среднегабаритных БЛА самолетного типа для мониторинга промышленных объектов.

В Приложении (табл. 21) приведены ТТХ некоторых среднегабаритных БЛА вертолетного типа для мониторинга промышленных объектов.

Представителями среднегабаритных БЛА вертолетного типа для мониторинга промышленных объектов являются также:

- проект БЛА «Ка-37», ОКБ им. Камова, РФ и т. д.

В Приложении (табл. 22) приведены ТТХ некоторых малогабаритных БЛА для мониторинга промышленных объектов.

Представителями малогабаритных БЛА для мониторинга промышленных объектов являются также:

- БЛА «ZALA 421-12», Беспилотные системы, РФ;
- БЛА «Локон», СКБ «Топаз», РФ;
- БЛА «Иркут-2Т/Ф», НПК «Иркут», РФ и т. д.

В Приложении (табл. 23–29) приведены ТТХ БЛА гражданского назначения различных массогабаритных характеристик и различных целевых функций.

Использование БЛА в интересах борьбы с террористами, наркомафией, браконьерами и прочей организованной преступностью пока делает свои первые шаги, но эффективность БЛА в этой борьбе демонстрируется и на этом начальном этапе.

В табл. 30 Приложения приведены ТТХ некоторых информационно-разведывательных БЛА антитеррора.

В табл. 31 Приложения приведены ТТХ боевого БЛА антитеррора.

В табл. 32 Приложения приведены ТТХ связного БЛА антитеррора.

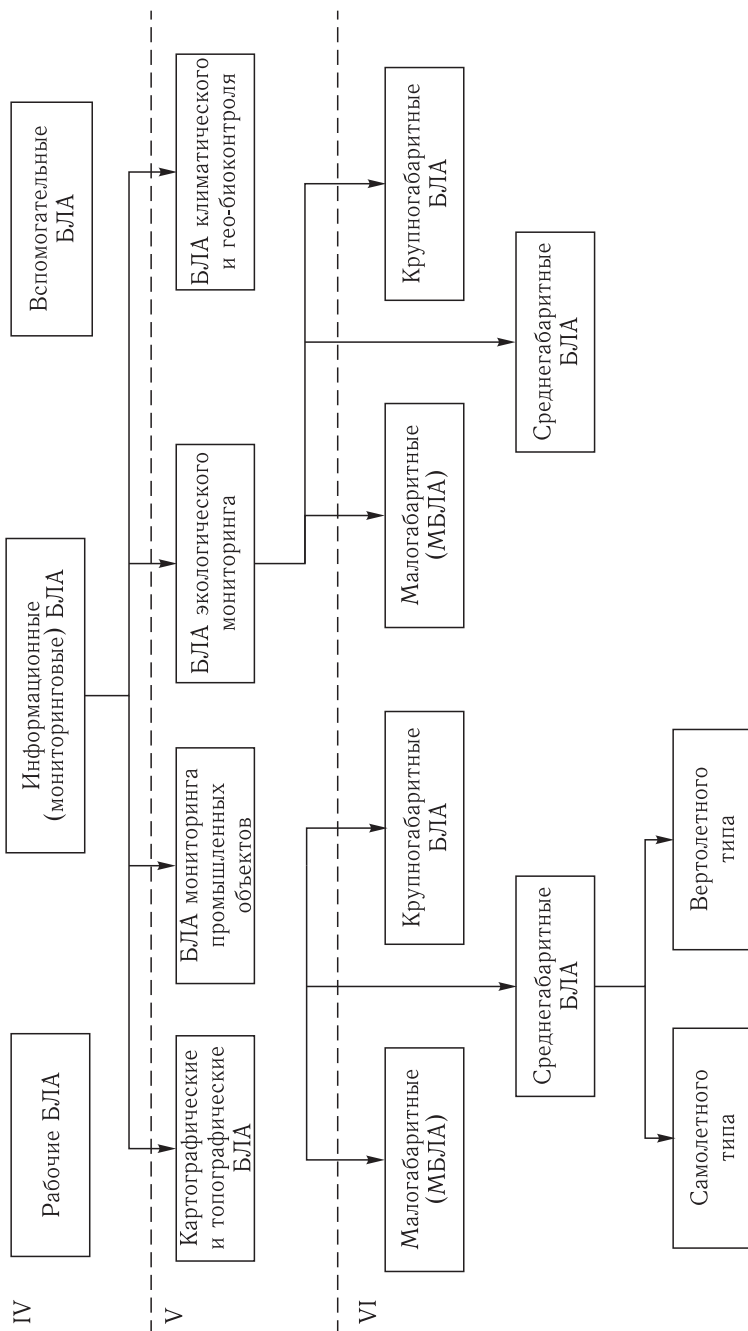


Рис. 1.3. Классификация БЛА гражданского назначения

Выше были перечислены функции, выполняемые комплексом бортового оборудования БЛА, к которым следует добавить обеспечение таких упоминавшихся выше качеств БЛА, как автономность, независимость от человеческого фактора и устойчивость к внешним воздействиям — это и многое другое достигается соответствующей работой бортовой цифровой системы автоматического управления (ЦСАУ).

Возможность решения задач, которые ставятся на современном этапе перед БЛА (в первую очередь перед информационными БЛА: военными, гражданскими и антитеррористическими), требуют интеграции автопилота с «интеллектуальным» оборудованием, занятым обработкой целевой информации, например, видеоинформации. Такая интеграция и должна достигаться ЦСАУ, но примеров столь глубоко интегрированных ЦСАУ БЛА на настоящий момент неизвестно.

Можно отметить следующие ЦСАУ, применяемые в отечественных БЛА:

1. Бортовой комплекс навигации и управления БЛА производства ООО «ТеКнол», РФ, включает следующие элементы:

- инерциальная навигационная система;
- приемник спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС);
- накопитель летных данных;
- модуль автопилота (алгоритмы замыкания контуров управления полетом БЛА, формирование информации в накопитель летных данных и в канал телеметрии);
- датчик воздушной скорости.

Технические характеристики: вес — 310 г; ошибки измерения: координат БЛА — 6 м, высоты — 2 м, вертикальной скорости — 0,25 м/с, углов ориентации — $(1 \div 1,3)^\circ$, путевого угла — 1° .

2. Система автоматического управления «Восток-228», Беспилотные системы, РФ, в комплектации:

- блоки датчиков;
- вычислитель;
- накопитель данных;

Функции: стабилизация БЛА на траектории, стабилизация высоты, управление маневрами ЛА и приведение его в горизонтальный полет, измерение координат, углов ориентации и параметров движения БЛА.

Технические характеристики: вес — 22,5 г; ошибки измерения: координат БЛА — 5 м, высоты — 2 м, вертикальной скорости — 0,2 м/с, углов ориентации: при прямолинейном полете — $(0,2 \div 0,3)^\circ$ и при маневрировании — 2° , путевого угла — $0,2^\circ$.

3. Бортовой комплекс управления AP-50, UAV Flight Systems Inc., США, включающий:

- антенна и приемник GPS;
- три встроенных датчика гиравертикали и двухосевой акселерометр;
- барометрический альтиметр;
- трубка Пито;

- два бортовых компьютера: один решает навигационные задачи, другой — задачи управления.

Технические характеристики: вес — 50 г; ошибки измерения: координат БЛА — 15 м, высоты — 3 м, по скорости — 20 % от заданного значения.

На отечественном рынке известны также:

- система автоматической стабилизации и пилотирования STA30, группа компаний «Рисса» (РФ);
- AeRA autopilot (США);
- MicroPilot (Канада).

Перечень действующих БАС на основе БЛА, применяемых в различных областях человеческой деятельности, и их ТТХ показывают, что, несмотря на большое внимание и серьезную финансовую и организационную поддержку работам по внедрению БЛА для решения задач военного и гражданского характера, пока не произошел качественный прорыв подобных сложных систем в практику решения перечисленных выше целевых задач.

Одной из причин такого положения является неполное выполнение требования существенного повышения степени автоматизации БЛА. Для решения этой проблемы необходимы совершенно новые подходы к синтезу и реализации управления всеми составляющими полета и, соответственно, к информационному обеспечению управления, необходимого для достижения высокой эффективности многократного выполнения целевой задачи. Решать надо и фундаментальную задачу создания новых методов измерения и управления, и задачу комплексирования разнородного оборудования, и задачу создания высокоэффективного программно-математического обеспечения.

Высочайшая сложность целевых задач, эффективно решаемых БЛА только при выполнении весьма жестких тактико-технических требований, оказалась причиной того, что пока не удалось преодолеть многие фундаментальные, инженерные и технологические проблемы:

- не создана полномасштабная система автоматического опознавания целевых объектов (на первом этапе предполагается решать более простую задачу — автоматическое категорирование целей);
- отсутствуют адаптивные системы управления полетом БЛА, способные автоматически гибко реагировать на нестационарность объекта управления (изменяемые во времени коэффициенты аэродинамических параметров);
- отсутствуют системы управления выполнением целевых функций, учитывающие изменения в окружающей обстановке при выполнении полетного задания в автоматическом режиме;
- не создана бортовая система комплексирования и анализа больших потоков информации, которая может из всего потока поступающих на боевой БЛА информационных данных выделять наиболее важные сведения о целевых объектах, что позволяет существенно сократить объем передаваемых данных;

- не отработаны способы навигации и согласованного управления группой БЛА, которые могли бы позволить выполнять полеты в составе группы БЛА, выбирать альтернативные маршруты и осуществлять взаимодействие между собой;
- не решены в полной мере вопросы автоматической посадки на необорудованные площадки и спасения БЛА;
- отсутствуют методы ускоренного, с минимальными финансовыми и временными затратами процесса ввода в эксплуатацию широкой номенклатуры БЛА.

Некоторые пути решения указанных фундаментальных задач могут быть найдены за счет рационального комплексирования бортовых ИУС с учетом их целостного функционирования во взаимодействии с другими системами БАС (в том числе и с оператором, остающимся на земле). Такое комплексирование должно учитывать современное развитие информационных и управляющих технологий, достижения в совершенствовании элементной базы, опыт создания и испытаний различных классов и типов БЛА.

1.2. Беспилотные летательные аппараты как средство решения задач боевой авиации

Стремительный прогресс технологий в области микропроцессорной техники, коммуникаций, систем управления и навигации привел к появлению концепции, суть которой состоит в реализации потенциальной возможности боевых беспилотных летательных аппаратов (ББЛА) выполнять в обозримом будущем отдельные задачи боевой авиации.

В связи со сказанным, наиболее перспективна следующая системная концепция развития боевой авиации: ББЛА эффективно дополняют пилотируемые ЛА, возьмут на себя часть их задач, но полностью заменить пилотируемые ЛА в доступной для анализа перспективе развития не смогут. При этом сочетание беспилотных и пилотируемых ЛА ведет к появлению комплекса боевой авиации, обладающего качественно новыми свойствами и характеристиками.

В рамках создаваемых авиационных ударных групп ББЛА занимают промежуточное положение между перспективными крылатыми ракетами (КР) и боевыми самолетами нового поколения, т. е. там, где ББЛА могут обладать существенно большими возможностями по сравнению с КР и существенно меньшей стоимостью по сравнению с боевыми самолетами. Нынешние разработки опытных и демонстрационных образцов (прототипов), их летные испытания, в том числе и в боевых условиях, позволяют определить перспективную конфигурацию систем боевой авиации нового поколения, включающую:

- авиационные комплексы с КР нового поколения;
- пилотируемые боевые самолеты нового поколения с ударными ракетами большой дальности;

- малозаметные ББЛА с высокоточными планирующими бомбами [1.1].

В зависимости от целевых функций ББЛА могут быть разделены на две группы:

- собственно боевые БЛА, способные поражать воздушные, морские и наземные цели (по классификации, приведенной в 1.1, — ударные беспилотные летательные аппараты);
- ББЛА боевого обеспечения (по классификации, приведенной в 1.1, — разведывательные стратегические и тактические БЛА, а также БЛА управления, ретрансляции и формирования информационных сетей, БЛА воздушных перевозок личного состава, дозаправки топливом в полете и прочих функций, необходимые для эффективного нанесения боевого удара по противнику).

На ББЛА возлагаются задачи обнаружения, опознавания и поражения хорошо защищенных стационарных и мобильных целей в глубине обороны противника, радиоэлектронное и огневое подавление средств противовоздушной обороны (ПВО), а также поражение воздушных целей.

Концепция применения ББЛА предусматривает следующую последовательность их действий: полет в заданный район, поиск объектов, передача на пункты управления изображений для идентификации целей, их поражение и последующее возвращение к месту базирования (для ББЛА многократного применения) [1.8].

Особенность применения ББЛА заключается в том, что после нанесения ударов по целям противника они могут продолжить свой полет уже в другой конфигурации авиационной группы или перейти в режим длительного автономного барражирования. Иными словами, ББЛА могут действовать как совместно с пилотируемыми ЛА, так и отдельно от них.

Обладают ББЛА и более широкими возможностями по нанесению поражающих ударов с относительно безопасных расстояний или с минимальной дистанции в режиме «камикадзе».

Перспектива применения ББЛА рассматривается не только при их участии в авиационных ударных группах при операциях по наземным целям, но и в морских системах вооружения. В частности, прорабатываются возможности создания «кораблей-арсеналов», представляющих собой полностью самостоятельные единицы, способные применять ракетное вооружение и ББЛА в любое время суток и в любых погодных условиях по целям на дальностях, превышающих 1600 км [1.1]. Такие «корабли-арсеналы» могут прийти на смену группировкам авианосцев и кораблей сопровождения — достаточно громоздким и уязвимым формированиям.

Многократность применения ББЛА также оказывает свое влияние на их облик и, соответственно, на концепцию применения ББЛА в составе ударных авиационных комплексов. Здесь следует отметить два различных типа ББЛА:

- стационарного (аэродромного или палубного) базирования;
- мобильного базирования (воздушный или наземный старт и парашютная посадка).

В настоящее время мобильное базирование часто связывается с применением боевых вертолетов, поэтому столь заметен прогресс в создании беспилотных боевых вертолетов.

Наиболее проработанными стратегиями комплексного применения беспилотной и пилотируемой авиации в настоящее время являются стратегии радиоэлектронного противодействия (РЭП) и огневого подавления радиоэлектронных средств (РЭС) противовоздушной обороны (ПВО) противника.

Эксперты полагают, что уже в период с 2005 по 2010 г. могут появиться ББЛА, участвующие вместе с пилотируемыми ЛА в прорыве многоэшелонированной и многослойной ПВО противника [1.9].

При этом тактика прорыва ПВО может быть следующей [1.10]:

- передовой эшелон тактического построения авиационной группировки включает ББЛА, обеспечивающие РЭП и «провоцирование» ПВО противника с целью вскрытия ее РЭС, а также доразведку и обозначение объектов удара;
- ББЛА вызывают «огонь на себя» и сами ББЛА самостоятельно наносят удары по объектам ПВО;
- осуществляется массовый вход ББЛА в зону ПВО с целью дезорганизации системы управления ПВО, после чего пилотируемым самолетам будет облегчена задача РЭП и огневого подавления РЛС ПВО.

После прорыва ПВО противника ББЛА осуществляют доразведку и обозначение наземных целей, до подхода пилотируемых ЛА с мощными средствами поражения они наносят выборочные удары маломощными боеприпасами.

Следующий этап расширения области применения ББЛА (с 2010 по 2015 г.) по мнению экспертов будет характеризоваться решением задачи автономного преодоления многоэшелонированной и многослойной ПВО и нанесением ударов по объектам в глубине обороны противника [1.10]. Это станет возможным благодаря освоению технологий малозаметности и потенциальных возможностей маневрирования ББЛА при выполнении противоракетных и противозенитных маневров

Целями в глубине обороны противника станут стационарные объекты с достоверно известными координатами. По мере развития систем распознавания, систем управления и наведения возникнут условия для поражения мобильных целей в автономном режиме полета ББЛА. Возросшие возможности по преодолению ПВО противника и усовершенствование бортовых систем позволят боевым БЛА данного этапа решать задачи доразведки целей (в том числе мобильных), формирования целеуказаний для высокоточных систем оружия и контроля результатов поражающих ударов.

Наконец, в период с 2015 по 2020 г. на ББЛА могут быть возложены боевые задачи с применением практически всего спектра средств поражения совместно с пилотируемой авиацией в едином информационном поле [1.10].

Таким образом, наивысшей эффективности следует ожидать от ББЛА, которые могут совмещать разведывательные и ударные функции.

В Приложении приведены тактико-технические характеристики подобных многофункциональных ББЛА: MQ-1 «Predator» (табл. 5), MQ-9A «Predator-B» (табл. 5), MQ-5B «Hunter-2» (табл. 5), X-45C (табл. 5), X-47B, (табл. 5), MQ-8B «Fire Scout» (табл. 6), а также разведывательных ББЛА: RQ-1 «Predator» (табл. 9), RQ-4A «Global Hawk» (табл. 8), RQ-8A «Fire Scout» (табл. 11), прошедших всестороннюю апробацию и задействованных в реальных боевых операциях.

Анализ показывает, что реализация концепции создания высокоэффективной авиации комплексного применения ББЛА и пилотируемых ЛА требует решения ряда фундаментальных и прикладных технических проблем, освоения критических технологий, переводящих ББЛА в класс «интеллектуальных» систем, а именно:

1. Обеспечение низкой заметности ББЛА для средств наблюдения противника;
2. Повышение точности применения авиационных средств поражения (АСП), размещаемых на ББЛА, переход к применению оружия направленной энергии в качестве АСП, поскольку здесь отсутствует опасность воздействия микроволнового или лазерного излучения на экипаж;
3. Существенное снижение показателя аварийности ББЛА;
4. Обеспечение всепогодности ББЛА, поскольку сейчас они плохо применимы в ветреную погоду: относительно большой размах крыла, малая удельная нагрузка на крыло приводят к большой «парусности» ББЛА, что существенно усложняет заход на посадку, особенно при боковом ветре, и может привести к повреждению аппарата;
5. Создание комплексной иерархической автоматизированной системы управления ББЛА для всех видов боевых операций с использованием единого информационного поля;
6. Автоматизация решения интеллектуальных задач с помощью соответствующей экспертной системы поддержки летных экипажей и операторов;
7. Дальнейшее совершенствование навигационных систем ББЛА путем интеграции инерциальной навигационной системы (ИНС) со спутниковыми навигационными системами, тепловизионными и лазерными системами, а также РЛС с синтезированной апертурой;
8. Выход на новый технологический уровень разработки микропроцессоров и комплексов телекоммуникационной связи, так как

при операциях с мобильными целями для обработки информации требуются процессоры с характеристиками скорости и объема памяти, эквивалентными или превышающими возможности человека.

Список литературы к главе 1

- 1.1. Развитие беспилотной боевой авиации и роль информационных технологий в ее реализации. Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников / Под общей ред. академика РАН Е. А. Федосова, ГосНИИАС, 2005.
- 1.2. *Располчин В. В.* Современная классификация беспилотных авиационных систем, ООО «Техкомтех», www.UAV.ru.
- 1.3. *Мясников Е.* Угроза терроризма с использованием беспилотных летательных аппаратов: технические аспекты проблемы, МФТИ, 2004.
- 1.4. «UAV Systems Reference Presentation», UAV Systems, The Global Perspective. 1006/2007.
- 1.5. *Краснов А., Путилин А.* Беспилотные летательные аппараты: от разведки к боевым действиям // Зарубежное военное обозрение, 2004, № 4.
- 1.6. Система подготовки полетной информации фирмы ВАЕ СИСТЕМЗ. Аналитический обзор ГосНИИАС, 2005.
- 1.7. *Попов В. А., Ефремова Е. Н.* «Потребности НАТО в разведывательных беспилотных летательных аппаратах нового поколения и работы по их созданию в Европе», www.UAV.ru «Беспилотная авиация».
- 1.8. *Ануфриев О. Н., Герасимов А. А., Меркулов В. И., Самарин О. Ф., Чернов В. С.* Ударные беспилотные летательные аппараты и их радиолокационные системы // Успехи современной радиоэлектроники, 2007, № 7.
- 1.9. *Новичков Н., Барковский В.* Основные направления развития беспилотных авиационных комплексов // Рынки вооружений, 2008, Т. 8, № 1.
- 1.10. *Моисеев С.* Перспективы развития зарубежных боевых БЛА // Аэрокосмическое обозрение, 2008, № 1.

Глава 2

ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ КАК СОВРЕМЕННОЕ СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ БПЛА

2.1. Современное состояние и перспективы развития ГНСС GPS, ГЛОНАСС и Galileo

2.1.1. Российская глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Федеральная целевая программа поддержания и развития ГЛОНАСС. Мы полагаем здесь, что принцип работы и основные характеристики системы ГЛОНАСС, такие, как ее баллистическая структура, параметры орбит спутников и т. д., в настоящее время известны и широко описаны в литературе. Тем не менее, мы считаем необходимым привести табл. 2.1, в которой даны одновременно соответствующие характеристики существующих (GPS и ГЛОНАСС) и создаваемой (Galileo) глобальных навигационных систем.

В настоящем разделе основное внимание уделяется перспективам развития системы ГЛОНАСС, способам совершенствования ее характеристик, а также современным аспектам взаимодействия потребителей с этой системой.

В настоящее время ГЛОНАСС рассматривается как система двойного назначения, являющаяся стратегическим элементом Российской доктрины национальной безопасности. В то же время обеспечивается открытый доступ потребителей к гражданским сигналам ГЛОНАСС, а также к производству и использованию соответствующей аппаратуры потребителей.

Кроме того, благодаря тому, что обеспечена совместимость систем ГЛОНАСС, GPS и создаваемой системы Galileo, на Российской территории возможно использование соответствующих комбинированных приемников. Таким образом, ГЛОНАСС может рассматриваться как элемент глобального рынка соответствующих услуг.

Все перечисленные положения, связанные с созвездием ГЛОНАСС, базируются на соответствующих Указах Президента РФ и Постановле-