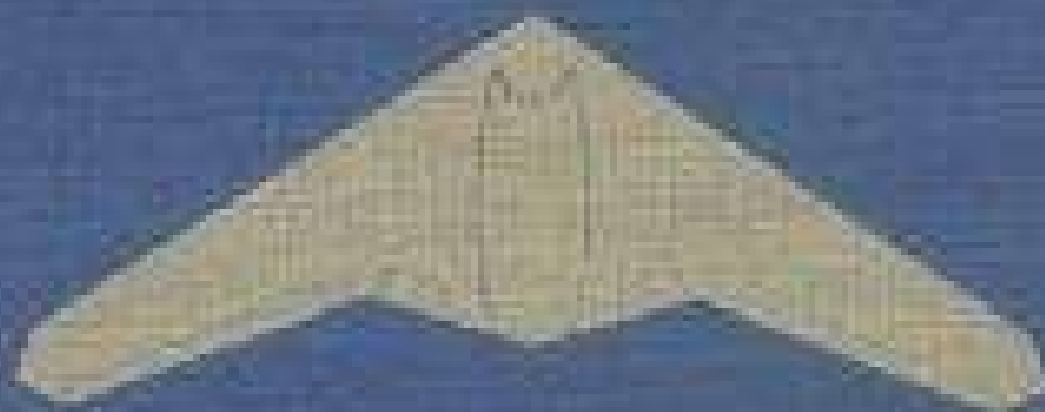
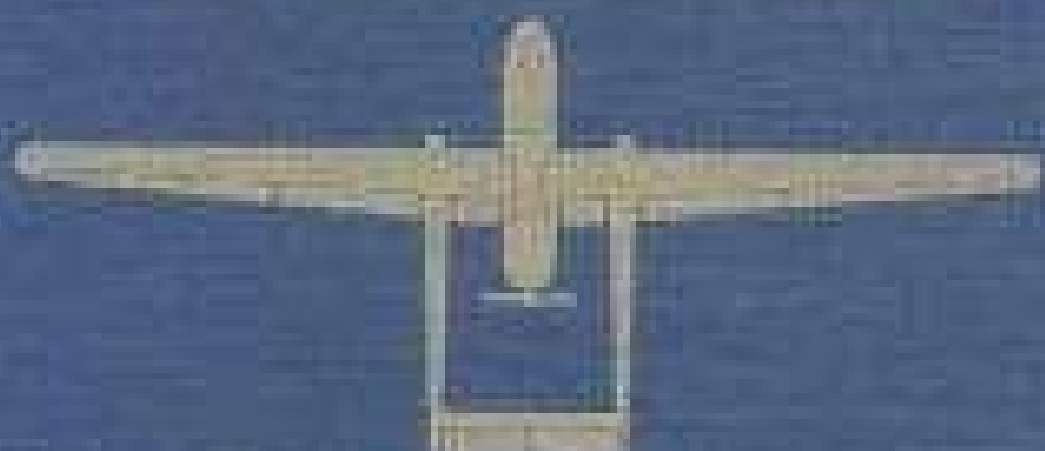




БЕСПИЛОТНАЯ АВИАЦИЯ

терминология,
классификация,
современное состояние



Владимир Станиславович Фетисов, Любовь Михайловна Неугодникова, Владимир Владимирович Адамовский, Роман Анатолиевич Красноперов

Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние

Под редакцией В. С. Фетисова

Уфа 2014

Научное издание

ISBN 978-5-9903144-3-6

Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.: ил.

Табл. 4. Ил. 153. Библиогр.: 133 назв.

Книга носит преимущественно справочно-ознакомительный характер и написана по результатам обзоров и анализа многочисленных литературных и интернет-источников. Она знакомит читателя со сложившимися на сегодняшний день терминологией и классификацией в области беспилотной авиации, с современными тенденциями в производстве беспилотных летательных аппаратов, а также с состоянием рынка беспилотных авиационных систем.

Книга может быть полезна для студентов авиационных учебных заведений, а также для всех интересующихся авиацией.

Предисловие

Авиация в последние годы становится все в большей степени беспилотной. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) постепенно становятся главной продукцией многих авиационных фирм. Появляется большое количество разработчиков и производителей БПЛА, занимающихся исключительно беспилотными аппаратами и системами. Это происходит по ряду причин. Сами БПЛА, как правило, гораздо дешевле пилотируемых самолетов и вертолетов. Дешевле, чем подготовка летчика, обходится и подготовка оператора беспилотной системы. Отсутствие пилота позволяет исключить бортовые системы жизнеобеспечения, уменьшить массу и габариты БПЛА, а также увеличить диапазон допустимых перегрузок и влияющих факторов. Большое значение имеет и фактор безопасности – потери беспилотных аппаратов не ведут к потере пилотов.

Диапазон существующих и разрабатываемых аппаратов очень широк: от микро- и мини-БПЛА до тяжелых многотонных аппаратов, а также БПЛА, способных выполнять сверхдальние и сверхвысотные полеты длительностью в несколько месяцев. Назначение современных БПЛА не ограничивается только военной областью. Стремительно расширяется и сфера их гражданского применения (в таких отраслях, как: нефтегазовая промышленность, транспорт, строительство, сельское хозяйство, связь и др.), что придает дополнительные импульсы

развитию беспилотной авиационной техники.

Взрывной рост количества разработок БПЛА именно в последнее десятилетие не случаен. Этому способствовали определенные объективные предпосылки, которые созрели именно к этому времени. Они связаны с серьезными технологическими успехами в различных областях. Например, этому способствовало:

- появление новых легких и прочных материалов, особенно композитных;
- быстрое развитие микроэлектронной компонентной базы: микроконтроллеров, микросистемных навигационных датчиков, приемопередатчиков радиосигналов, различных СВЧ-устройств, микроэлектронных драйверов сильноточных потребителей, миниатюрных видеокамер и т.д.;
- появление и быстрое развитие высокоэффективных возобновляемых источников питания (на основе литий-полимерных аккумуляторов, топливных элементов и др.);
- разработки в области высокоресурсных бесколлекторных электродвигателей, а также реактивных и поршневых двигателей;
- развитие спутниковых систем глобального позиционирования;
- общее развитие вычислительной техники, включая появление специальных операционных систем, интерфейсов, математического и алгоритмического обеспечения.

Разработками в области беспилотной авиационной техники занимаются в разных странах как крупные фирмы, так и небольшие специализированные предприятия, подразделения университетов и даже отдельные энтузиасты-любители.

Огромное количество информации по беспилотной тематике, появляющееся в последнее время, с одной стороны, удовлетворяет возрастающий интерес к беспилотной авиации, но, с другой стороны, далеко не всегда эти источники информации отличаются полнотой и системностью изложения, существует неоднозначное понимание некоторых терминов, для выяснения объективной картины часто приходится сопоставлять материалы из разрозненных источников. Авторы при написании данной книги ставили своей задачей обобщить и систематизировать информацию из большого количества литературных источников и интернет-сайтов и таким образом облегчить изучение данной темы для всех интересующихся. Многочисленные иллюстрации призваны оживить восприятие, а большое количество ссылок на первоисточники позволяют читателю в случае необходимости углубить и расширить знания по отдельным узким вопросам.

Данная книга носит преимущественно справочно-ознакомительный характер. Она знакомит читателя со сложившимися на сегодняшний день терминологией и классификацией в области беспилотной авиации, с современными тенденциями в разработках и производстве беспилотных летательных аппаратов, а также с состоянием рынка беспилотных авиационных систем.

Книга состоит из 3-х глав. Первая глава посвящена терминологии и классификации беспилотных аппаратов и беспилотных систем. Во второй главе сделан обзор современного мирового рынка беспилотных авиационных систем и приведена информация по различным фирмам-разработчикам и производителям. В третьей главе описаны краткая история и современное состояние разработок и производства БПЛА в России. Списки использованных источников информации приведены отдельно к каждой главе. Подразделы 1.1-1.2 написаны В.С. Фетисовым, подраздел 1.3 написан Л.М. Неугодиной. В написании второй главы принимал участие В.В. Адамовский, а в написании третьей – Р.А. Красноперов. Авторы выражают признательность всем, кто способствовал написанию этой книги.

Список используемых сокращений

АК – авиационный комплекс

АНПА – автономный необитаемый подводный аппарат

АТЛ А – аэростатический термобалластируемый летательный аппарат

АФАР – активная фазированная антенная решетка

БАК – беспилотный авиационный комплекс

БАРС – безаэродромный самолет с аэростатической разгрузкой

БАС – беспилотная авиационная система

ББС – беспилотный боевой самолет

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ВВС – военно-воздушные силы

ВМС – военно-морские силы

ВПП – взлетно-посадочная полоса

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ДПЛА – дистанционно-пилотируемый летательный аппарат

ЛА – летательный аппарат

ЛТХ – летно-технические характеристики

МАКС – Международный авиакосмический салон

МО – Министерство обороны

МЧС – Министерство по чрезвычайным ситуациям

НИИ – научно-исследовательский институт

НИОКР – научно-исследовательская и опытно- конструкторская работа

НИР – научно-исследовательская работа

НУРС – неуправляемый реактивный снаряд

ОКБ – опытно-конструкторское бюро

ПВО – противовоздушная оборона

ПЗРК – переносной зенитно-ракетный комплекс

ПТА – подводный телеуправляемый аппарат

САУ – система автоматического управления

СВВП – самолет с вертикальным взлетом и посадкой

СВП – судно на воздушной подушке

СОИ – средства отображения информации

СУАК – система управления авиационным комплексом

ФСБ – Федеральная служба безопасности

ЦПУ – центральный процессорный узел

ASV – Autonomous Surface Vehicle (автономное надводное судно)

AUV – Autonomous Unmanned Vehicle (автономное беспилотное мобильное средство)

AUVSI – Association for Unmanned Vehicle Systems International (международная ассоциация по беспилотным системам)

CR – Close Range (класс тактических БПЛА ближнего радиуса действия)

DARPA – Defence Advanced Research Projects Agency (агентство по перспективным исследовательским проектам Министерства обороны США)

DEC – Decoys (класс БПЛА "ложные цели")

EXO – Exo-Stratospheric (класс экзостратосферных БПЛА)

GPS – Global Positioning System (спутниковая система глобального позиционирования)

HALE – High Altitude Long Endurance (класс стратегических высотных БПЛА с большой продолжительностью полета)

HTA – Heavier Than Air (класс ЛА тяжелее воздуха)

HTAL – High Torque Aerial Lift (вентилятор с большим крутящим моментом)

LADP – Low Altitude Deep Penetration (класс маловысотных БПЛА для проникновения в глубину обороны противника)

LALE – Low Altitude Long Endurance (класс маловысотных БПЛА с большой продолжительностью полета)

LET – Lethal (класс БПЛА летального действия)

LTA – Lighter Than Air (класс ЛА легче воздуха)

MALE – Medium Altitude Long Endurance (класс средневысотных БПЛА с большой продолжительностью полета)

MR – Medium Range (класс тактических БПЛА среднего радиуса действия)

MRE – Medium Range Endurance (класс тактических БПЛА среднего радиуса действия с большой продолжительностью полета)

NOTAR – NO Tail Rotor (система управления вертолетом без хвостового винта)

OPA – Optionally Piloted Aircraft (опционально пилотируемый летательный аппарат)

QTR UAV – Quad Tilt Rotor UAV (БПЛА с четырьмя поворотными роторами)

QTW UAV – Quad Tilt Wing UAV (БПЛА с четырьмя поворотными крыльями)

ROA – Remotely Operated Aircraft (дистанционно управляемый летательный аппарат)

ROV – Remotely Operated Vehicle (дистанционно управляемое мобильное средство)

RPA – Remotely Piloted Aircraft (дистанционно пилотируемый летательный аппарат)

SR – Short Range (класс тактических БПЛА малого радиуса действия)

STRA – Stratospheric (класс стратосферных БПЛА)

UAS – Unmanned Aerial System (беспилотная авиационная система)

UAV – Unmanned Aerial Vehicle (беспилотный летательный аппарат)

UCAV – Unmanned Combat Aerial Vehicle (беспилотный боевой летательный аппарат)

UGV – Unmanned Ground Vehicle (беспилотное наземное мобильное средство)

UMV – Unmanned Marine Vehicle (беспилотное морское мобильное средство)

USV – Unmanned Surface Vehicle (беспилотное надводное судно)

UUV – Unmanned Underwater Vehicle (беспилотное подводное судно)

UV – Unmanned Vehicle (беспилотное мобильное средство)

UVS – Unmanned Vehicle System (беспилотная система)

VTOL – Vertical Take-Off and Landing (вертикальный взлет и посадка)

Глава 1. Терминология и классификация

1.1. Общее понятие беспилотного мобильного средства

Прежде чем приступить к рассмотрению беспилотных летательных аппаратов, сделаем ряд уточнений, касающихся беспилотных мобильных средств вообще. В этой бурно развивающейся области техники на сегодняшний день существует много понятий, которые не всегда правильно и однозначно понимаются. Для многих объектов пока нет устоявшихся определений. В разных источниках классификация беспилотных мобильных средств проводится по-разному. Кроме того, часто не очень удачным бывает перевод на русский язык терминов из англоязычной научно-технической литературы. Поэтому постараемся здесь системно изложить вопросы, связанные с терминологией и классификацией.

Беспилотное мобильное средство – это искусственный мобильный объект многоразового или условно-многоразового использования, не имеющий на борту экипажа (человека-пилота) и

способный самостоятельно целенаправленно перемещаться в пространстве для выполнения различных функций в автономном режиме (с помощью собственной управляющей программы) или посредством дистанционного управления (осуществляемого человеком-оператором или диспетчерским центром).

Именно термин "беспилотное мобильное средство" представляется наиболее точным русскоязычным эквивалентом термина "unmanned vehicle" (UV). Его часто неудачно переводят как "беспилотное транспортное средство", тем самым сильно сужая смысл широкого понятия UV, т.к. спектр применений беспилотных мобильных средств далеко не ограничивается только транспортными функциями [1].

Приведенное выше определение беспилотного мобильного средства отражает в общем виде современные представления специалистов о данном техническом объекте. Эти представления эволюционировали на протяжении многих лет. До недавнего времени, например, существовала неоднозначность мнений специалистов относительно того, должно ли быть беспилотное мобильное средство многоразовым. Поэтому во многих случаях до сих пор сюда же причисляются и многие мобильные объекты одноразового использования. Например, крылатые ракеты во многом очень похожи на беспилотные самолеты, что позволяло считать их разновидностью беспилотных летательных аппаратов. Однако по сути, крылатая ракета – это прежде всего средство доставки до цели боевого заряда, который является главным компонентом ракеты и интегрирован с ее другими подсистемами, подчиненными главной задаче – поражению цели, после чего ракета перестает существовать. Именно из-за специфичности назначения и вытекающих отсюда особенностей функционирования подобные объекты сейчас не принято рассматривать как беспилотные мобильные средства [2]. К таким объектам относятся: баллистические и крылатые ракеты, управляемые и неуправляемые снаряды, бомбы, торпеды. Не относятся к беспилотным мобильным средствам и одноразовые ракеты-носители, предназначенные для вывода космических аппаратов на орбиту. А вот беспилотные космические челноки многоразового использования (каковым являлся, например, "Буран"), можно считать беспилотными мобильными средствами. К беспилотным мобильным средствам относятся также аппараты условно-многоразового использования (сюда относятся, например, мобильные мишени и аппараты диверсионного назначения), которые могут быть уничтожены при первом применении, однако при определенных условиях они могут возвращаться на базу. Любой непилотируемый космический аппарат также можно считать беспилотным мобильным средством несмотря на то, что его программой полета может быть не предусмотрен возврат на Землю; если в процессе выполнения его миссии не происходит его фатального разрушения, то его можно считать условно-многоразовым.

Нельзя считать беспилотными мобильными средствами те объекты, которые не имеют собственных энергетической подсистемы и движителя. Например, буксируемый за кораблем на тросе исследовательский зонд нельзя считать беспилотным мобильным средством. По этой же причине не является беспилотным мобильным средством метеорологический зонд, свободно дрейфующий в атмосфере. Не являются таковыми и различные устройства, прикрепляемые к мобильным объектам и служащие для слежения за ними (пример – GPS-трекеры), т.к. в этом случае отсутствует возможность самостоятельного перемещения и управления движением.

Беспилотные мобильные средства можно классифицировать по критерию среды их функционирования, которой может быть:

- космос (с подразделением на околопланетные орбиты, межпланетное пространство, атмосферу планет и поверхность планет);
- воздух (земная атмосфера);

- суша (с подразделением по рельефно-климатическим и инфраструктурным условиям, таким как: городская дорожная сеть, рельсовые линии, пустыня, лес, горы, заснеженные поля и т.д.);
- водная среда (с подразделением на водную поверхность и подводное пространство);
- подземная среда (с подразделением на подземные каналы и коммуникации, включая трубопроводы и скважины, а также неразработанную породу).

В соответствии с таким подразделением в табл. 1.1 приведены встречающиеся на сегодняшний день наиболее устоявшиеся аббревиатуры, термины и типичные названия беспилотных мобильных средств различного назначения.

Каждый из перечисленных в табл. 1.1 классов UV имеет свои особенности: свойственные только ему схемы построения энергетической подсистемы и двигателя, специфичные средства управления, навигации, связи, а также средства обеспечения живучести. Рассмотрение этих особенностей выходит за рамки данной книги.

Беспилотное мобильное средство функционирует не абсолютно самостоятельно, а в составе комплекса, куда могут входить еще другие беспилотные мобильные средства, центр управления, диспетчерские пункты, ретрансляционные узлы, станции подзарядки, средства транспортирования, запуска, посадки и т.д. Все вместе это принято называть UVS – Unmanned Vehicle System – беспилотная мобильная система [3].

Беспилотные мобильные средства могут быть дистанционно управляемыми или автономными. Для них существуют общие названия – ROV – Remotely Operated Vehicle и AUV – Autonomous Unmanned Vehicle. Причем первые исторически появились раньше. Полностью автономные беспилотные мобильные средства встречаются пока редко. Как правило, автономность не является стопроцентной: обычно оператор имеет возможность корректировать поведение аппарата или переводить его на ручное дистанционное управление. У военных существует следующее разделение беспилотных систем по степени автономности мобильных средств: "man-in-the-loop systems" (с управляемыми объектами, когда удаленный оператор является необходимым звеном системы управления), "man-on-the-loop systems" (с контролируемыми объектами, когда все обычные задачи решаются без участия оператора, а вмешательство его требуется только в ответственных случаях), "fully autonomous systems" (полностью автономные системы, когда оператор только иницирует систему для выполнения задачи) [4].

Таблица 1.1 Некоторые термины в области беспилотных мобильных средств UV - Unmanned Vehicle - беспилотное мобильное средство ROV - Remotely Operated Vehicle - дистанционно управляемое мобильное средство AUV - Autonomous Unmanned Vehicle - автономное мобильное средство UVS - Unmanned Vehicle System - беспилотная система среда функционирования: космос воздух суша вода: подземная среда UMV — Unmanned Marine Vehicle подводное пространство поверхность Unmannedspacecraft UAV - Unmanned Aerial Vehicle UGV-Unmanned Ground Vehicle UUV- Unmanned Underwater Vehicle USV - Unmanned Surface Vehicle Unmanned Drilling Rig Unmanned Underground Mine Vehicle Flying robot AGV -Autonomous Ground Vehicle AUV- ASV -Autonomous Surface Vehicle Autonomous Underwater Vehicle Robotic Crawler Pilotless terrain vehicle Pipe Crawler Pipe Inspection Robot Pilotless car Mobile robot Непилотируемый космический аппарат БПЛА (БЛА) -Беспилотный летательный аппарат МРК - мобильный робототехнический комплекс АНПА-Автономный необитаемый подводный аппарат Безэкипажный корабль Автономный буровой подземный снаряд Автономный ВИС (внутри-трубный инспекционный снаряд Воздушный робот Мобильный робот ПТА-Подводный телеуправляемый аппарат Беспилотный автомобиль

Наиболее многочисленные группы беспилотных мобильных средств – это UAV (Unmanned Aerial Vehicles) – беспилотные летательные аппараты, UGV (Unmanned Ground Vehicles) – беспилотные наземные мобильные средства и UMV (Unmanned Marine Vehicles) – беспилотные морские мобильные средства (последние ничто не мешает применять не только в море, но и в других водоемах).

В колонке табл. 1.1, соответствующей UAV (БПЛА), информация приведена без детализации, т.к. далее будет рассмотрена более подробная классификация этих аппаратов.

Кроме приведенных в табл.1 вариантов, возможны и различные гибридные разновидности беспилотных мобильных средств. Например, известна идея беспилотных самолетов-амфибий, способных передвигаться как в воздухе, так и в водной среде [5]. Уже реализованы гибриды UAV+UGV (БПЛА и наземный мобильный робот [6, 7]), амфибии UGV+USV (например, в виде роботов, имитирующих движения земноводных, которые способны и плавать, и ползать [8]), а самоходный аппарат типа "Луноход" можно считать одновременно мобильным роботом (UGV) и космическим аппаратом.

1.2. Беспилотные летательные аппараты

1.2.1. Основные понятия и определения

Существует большое количество различных определений БПЛА. Вот одно из самых простых: "Беспилотный летательный аппарат – это летательный аппарат без человека (экипажа) на борту" [9]. Однако в таком случае к БПЛА нужно причислить вообще все летающие искусственные объекты, что, очевидно, неправильно.

На сегодняшний день наиболее адекватным определением БПЛА представляется то, которое практически повторяет определение для беспилотного мобильного средства, данное в подразделе 1.1. Отличие состоит лишь в указании среды функционирования. Повторим это определение применительно к БПЛА.

Беспилотный летательный аппарат – это летательный аппарат многоразового или условно-многоразового использования, не имеющий на борту экипажа (человека-пилота) и способный самостоятельно целенаправленно перемещаться в воздухе для выполнения различных функций в автономном режиме (с помощью собственной управляющей программы) или посредством дистанционного управления (осуществляемого человеком-оператором со стационарного или мобильного пульта управления).

Заметим, что к БПЛА не относятся все ракеты, снаряды, бомбы (независимо от того, управляемые они или нет), аэростаты без двигателей и другие безмоторные летательные аппараты: планеры, дельтапланы, парaplаны. Но беспилотные дирижабли, моторные дельтапланы и парaplаны в соответствии с данным определением вполне можно отнести к БПЛА. Существуют другие, более узкие понятия БПЛА. Например, известны такие определения, в которых к БПЛА причисляют только аппараты самолетного и вертолетного типов [10].

Основные термины и аббревиатуры, касающиеся БПЛА, приведены в табл. 1.2. Разница в терминах БПЛА и ДПЛА (дистанционно-пилотируемый летательный аппарат) в том, что

первый является более общим понятием. ДПЛА относится к тем аппаратам, которые управляются оператором дистанционно по радио с наземного пункта, тогда как в общем случае БПЛА может выполнять задачу и автономно, по заложенной в нем программе.

Недавно появившиеся термины UAS (Unmanned Aerial System) и соответствующий русскоязычный БАС (беспилотная авиационная система) учитывают не только сам летательный аппарат (аппараты), но также всю инфраструктуру и средства обеспечения (транспортно-пусковое устройство, средства связи, наземный пункт управления и др.) [11]. В наших источниках встречается также термин БАК (беспилотный авиационный комплекс). Многие БАС и БАК считают синонимами, однако между ними есть некоторая разница, которая заключается в том, что БАС является более широким понятием [64]. БАК – это только совокупность материально-технических средств, необходимых для выполнения определенных функций. Однако эти функции выполнены быть не могут без наличия элементов, устанавливающих связи различного типа (информационные, информационно-управляющие и т.п.) между структурными элементами комплекса. Наличие таких элементов и таких связей является отличительной особенностью БАС. Таким образом, кроме всего того, что входит в БАК, в БАС должны быть включены еще: технический персонал, протоколы обмена информацией, нормативно-регламентирующая документация, средства интеграции с другими системами. Таблица 1.2 Основные англоязычные термины в области БПЛА и их русскоязычные соответствия UAV - Unmanned Aerial Vehicle, Uninhabited Aerial Vehicle БПЛА (БЛА) - беспилотный летательный аппарат drone дрон, беспилотник flying robot воздушный робот ROA - Remotely Operated Aircraft, RPA - Remote Piloted Aircraft ДПЛА - дистанционно-пилотируемый летательный аппарат UAS - Unmanned Aerial System БАС - беспилотная авиационная система, БАК - беспилотный авиационный комплекс

1.2.2. Классификация БПЛА по принципу полета

По этому критерию все БПЛА можно разделить на 5 групп (первые 4 группы относятся к аппаратам аэродинамического типа):

- 1) БПЛА с жестким крылом (БПЛА самолетного типа);
- 2) БПЛА с гибким крылом;
- 3) БПЛА с вращающимся крылом (БПЛА вертолетного типа);
- 4) БПЛА с машущим крылом;
- 5) БПЛА аэростатического типа.

Кроме БПЛА перечисленных пяти групп существуют также различные гибридные подклассы аппаратов, которые по их принципу полета трудно однозначно отнести к какой-либо из перечисленных групп. Особенно много таких БПЛА, которые совмещают качества аппаратов самолетного и вертолетного типов.

1.2.2.1. БПЛА самолетного типа

Этот тип аппаратов известен также как БПЛА с жестким крылом (англ.: fixed-wing UAV). Подъемная сила у этих аппаратов создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью полета, большой максимальной высотой полета и высокой скоростью.

Существует большое разнообразие подтипов БПЛА самолетного типа, различающихся по форме крыла и фюзеляжа. Практически все схемы компоновки самолета и типы фюзеляжей, которые встречаются в пилотируемой авиации [12], применимы и в беспилотной. На рис. 1.1 – 1.6 представлены некоторые примеры.

На рис. 1.1 показан экспериментальный многоцелевой самолет Proteus разработки американской компании Scaled Composites. Разработаны как пилотируемый, так и беспилотный варианты этого самолета. Особенностью конструкции является тандемная схема расположения крыльев. Его длина составляет 17,1 м, размах задних крыльев 28 м, потолок высоты 16 км (при нагрузке 3,2 т), взлетная масса 5,6 т, максимальная скорость 520 км/ч (на высоте 10 км), длительность полета до 18 ч. Силовая установка – два турбореактивных двигателя с тягой по 10,2 кН.

Рис. 1.1. Экспериментальный самолет Proteus (США, 2006). Под фюзеляжем подвешена гондола с радиолокационным оборудованием

На рис. 1.2 показан разведывательный БПЛА RQ-4 Global Hawk, разработанный американской фирмой Teledyne Ryan Aeronautical, дочерним предприятием компании Northrop Grumman. Он отличается необычной формой фюзеляжа, в носовой части которого размещено радиолокационное, оптическое и связное оборудование. Аппарат изготовлен из композитных материалов на основе углеволокна и алюминиевых сплавов, имеет длину 13,5 м, размах крыльев 35 м, взлетную массу около 15 тонн, способен нести полезную нагрузку массой до 900 кг. RQ-4 Global Hawk может находиться в воздухе до 30 часов на высоте до 18 км. Максимальная скорость 640 км/ч. Силовая установка – турбореактивный двигатель с тяговым усилием 34,5 кН.

Рис. 1.2. БПЛА RQ-4 Global Hawk (США, 2007)

На рис. 1.3 показан перспективный боевой палубный БПЛА X-47В, разрабатываемый компанией Northrop Grumman (США). Он имеет форму широко выгнутой буквы "V" без хвостовой части. Крылья могут складываться, что немаловажно для ограниченной площади палубы авианосца. Для управления полетом БПЛА оснащен 6-ю рабочими плоскостями. Турбореактивный двигатель канадской фирмы Pratt amp; Whitney обеспечивает высокую скорость полета беспилотного аппарата и расположен в задней части аппарата. Беспилотник состоит из четырех частей, собранных из композитных материалов и соединяющихся примерно в середине корпуса. Самолет имеет длину 11,6 м, размах крыльев 18,9 м (в сложенном состоянии 9,4 м), собственную массу 6,3 т, максимальную взлетную массу 20,2 т. Крейсерская скорость составляет 900 км/ч. Радиус действия 3900 км. Потолок 12,2 км. Предположительно аппарат будет приспособлен для выполнения дозаправки в воздухе. При этом БПЛА будет готов при необходимости непрерывно выполнять поставленную боевую задачу в течение 80 часов, что на порядок больше длительности полёта боевых самолетов с пилотами [13].

Рис. 1.3. БПЛА X-47B компании Northrop Grumman (США, 2013)

X-47B UCAS-D Air Vehicle System in Focus

Altitude: >40,000 ft

Speed: High Subsonic

Weapons Payload Provisions: 4,500 lbs

Max Unrefueled Range: >2,100 NM

Max Unrefueled Endurance: >6 hours

Sensor Provisions: EO/IR/SAR/ESN

Air Refueling Provisions: USN/USAF

CV Demo TOGW: 44,567 lbs

CV Launch OPWOD: -3.6 kts

CV Recovery WOD: 9.3 kts

Spot Factor (F/A-18C): 0.87

На рис. 1.4 показан ударный БПЛА MQ-9 Reaper, разработанный американской компанией General Atomics и стоящий на вооружении ВВС США и других стран с 2007 г. Как и многие другие БПЛА, аппарат имеет V-образное оперение, состоящее из двух наклонных поверхностей, выполняющих функции и горизонтального, и вертикального оперения. Синхронное отклонение управляющих поверхностей играет роль руля высоты и управляет тангажом, а асинхронное руля направления и управляет рысканьем. Для беспилотников V-образное оперение представляется более экономичным решением, чем классическое. MQ-9 Reaper оснащен турбовинтовым двигателем, позволяющим развивать скорость более 400 км/ч. Практический потолок составляет 13 км. Максимальная продолжительность полёта равна 24 ч.

Рис. 1.4. БПЛА MQ-9 Reaper во время боевого вылета в Афганистане, 2008 год.

БПЛА тактического назначения Viking 300 разработки американской компании L-3 Unmanned Systems представлен на рис. 1.5. Он построен полностью из композитных материалов. Оснащен двухтактным двухцилиндровым двигателем внутреннего сгорания мощностью 25 л.с. с толкающим винтом. Причем винт расположен между основным крылом и хвостовым оперением, а не позади него, как в предыдущем примере. Модульная конструкция позволяет легко собирать и разбирать аппарат. Длительность полета составляет 8-10 ч при крейсерской скорости 100 км/ч. Максимальная взлетная масса 144 кг, а масса полезной нагрузки 13,5 кг. Радиус действия составляет 50-75 км. Особенностью аппарата является возможность осуществлять полностью автономные взлет и посадку, которые могут выполняться не только

на бетонной полосе, но и на плохо подготовленных поверхностях.

Рис. 1.5. Тактический БПЛА Viking 300 – разработка фирмы L-3 Unmanned Systems (США, 2009)

Еще один пример (рис. 1.6) – это любительская разработка летающей радиоуправляемой модели с дисковым крылом. Аппарат отличается хорошей маневренностью и способностью сохранять стабильность полета на малых скоростях.

Рис. 1.6. Радиоуправляемая модель с дисковым крылом

В качестве движителей аппаратов самолетного типа обычно используются тянущие или толкающие винты, а также импеллеры (лопаточные машины, заключенные в цилиндрический кожух – англ.: *impeller, ducted fan, shrouded propeller*) или реактивные двигатели.

Для аппаратов самолетного типа обычно необходима взлетно-посадочная полоса (ВПП) (рис. 1.7 а). Для некоторых типов при взлете используют стартовые катапульты (рис. 1.7 б). Есть также самолетные БПЛА легкого класса, запускаемые "с руки" (рис. 1.7 в). При посадке может применяться ВПП, парашют (рис. 1.8) или специальные уловители (тросы, сетки, растяжки) (рис. 1.9).

а

б

в

Рис. 1.7. Различные типы старта БПЛА самолетного типа: а – запуск с ВПП; б – запуск с катапульты; в – запуск "с руки"

Рис. 1.8. Посадка БПЛА с помощью парашюта

Рис. 1.9. Посадка БПЛА с помощью тормозного троса (иллюстрация к патенту США № 7335067)

Взлеты и посадки традиционных БПЛА самолетного типа – процесс достаточно трудоемкий и затратный, требующий наличия специальных вспомогательных средств (ВПП, устройств запуска и посадки), поэтому разработчики новой техники все чаще обращаются к

нетрадиционным схемам самолетных БПЛА, позволяющим создать безаэродромные БАС. Речь идет прежде всего о самолетах вертикального взлета и посадки (СВВП). На сегодняшний день существует много разновидностей аппаратов ВВП [14, 15]. Многие из них являются гибридами самолетов и вертолетов, поэтому рассмотрены в следующих подразделах (см. далее – "Винтокрылы", "Конвертопланы"). Те же СВВП, которым в большей степени присущи свойства самолета, чем вертолета, обычно имеют в качестве движителя реактивный двигатель, импеллер или небольшие по размеру пропеллеры. Их условно можно разделить по положению фюзеляжа при взлете и посадке [16] на аппараты с вертикальным положением фюзеляжа (тэйлситтеры, от англ. – tailsitter) и аппараты с горизонтальным положением фюзеляжа.

Рис. 1.10. Тэйлситтер SkyTote – разработка компании AeroVironment (США, 2006). Основное назначение – быстрая доставка небольших грузов.

Тэйлситтеры в стартовом положении обычно опираются хвостовой частью на грунт. Если в качестве движителя используются тянущие винты, то они располагаются в носовой части (как в примере, показанном на рис. 1.10). Посадка, как и взлет, у таких аппаратов обычно производится вертикально. Самое сложное для СВВП – это переход с вертикальной фазы полета на горизонтальную и обратно. У показанного на рис. 1.10 БПЛА SkyTote, например, для управления полетом в этих фазах используется даже специальный нейросетевой контроллер [17].

В последнее время в тэйлситтерах все чаще в качестве движителей используют импеллеры, особенно если движитель является толкающим и находится в хвостовой части аппарата, – это энергетически выгоднее обычного пропеллера [18]. Примером может служить разработка группы исследователей южнокорейского института KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology) (рис. 1.11). У представленного беспилотного тэйлситтера предусмотрена возможность взлета и посадки как вертикально, так и горизонтально (т.е. по-самолетному – на ВПП) [19].

Рис. 1.11. Тэйлситтер разработки KAIST (Южная Корея, 2012): а – взлет из вертикального положения; б – взлет с ВПП

Особой разновидностью тэйлситтеров можно считать т.н. кольцепланы (или колеоптеры) – летательные аппараты с крылом, имеющим при виде спереди правильную кольцевую форму. Внутренняя полость кольцевого крыла обдувается воздушной струей, отбрасываемой двумя соосными винтами противоположного вращения, расположенными на входе в крыло. Хвостовое оперение в конце короткого фюзеляжа и управляющие элероны, установленные на двух профилированных пилонах, крепящих кольцевое крыло к фюзеляжу, находятся в зоне интенсивного обдува струей от винтов, что повышает их эффективность. В 1959 во Франции фирмой SNECMA был построен экспериментальный пилотируемый кольцеплан с турбореактивным двигателем и проведены его испытания в вертикально подвешенном состоянии (рис. 1.12). При попытке перейти к горизонтальному полету произошло крушение и после этого проект был закрыт [20].

б

Рис. 1.12. Кольцеплаи С-450 фирмы SNECMA (Франция, 1959): а – проект аппарата; б – С-450 в режиме вертикального висения

Однако в наши дни кольцепланы получили новое развитие, но уже в виде беспилотных аппаратов. На рис. 1.13 показаны примеры многофункциональных БПЛА, выполненных по схеме кольцеплана. Кольцевое замкнутое крыло имеет свои преимущества (нет срыва потока по краям, допускаются очень большие углы атаки, большая маневренность, большая прочность и меньшая масса крыла, хорошее соотношение массы полезной нагрузки к общей массе аппарата).

а

б

Рис. 1.13. Беспилотные кольцепланы: а – FanTail фирмы ST Aerospace (Сингапур, 2006); б – Air 250 – разработка ООО "Группа Эйр" (Россия, 2010)

Приведенные в качестве примеров на рис. 1.13 БПЛА предназначены, в первую очередь для видеонаблюдения, причем они могут работать в сложных условиях – внутри строений, лесных массивов, горных ущелий и пещер: защищенность вентилятора корпусом-крылом делает эксплуатацию безопасной и устойчивой к контакту с препятствиями. Вертикальный взлет/посадка делают возможным применение БПЛА с ограниченных площадок и транспортных средств. Оба аппарата работают от двигателей внутреннего сгорания (в российском предусмотрен также вариант с электромотором и аккумулятором) и могут развивать горизонтальную скорость порядка 150 км/ч.

В последние годы появляются сообщения о возобновившихся и небезнадежных попытках создать самолет обычного (не вертикального) способа взлета/посадки с замкнутым крылом. Группа энтузиастов в Белоруссии в 2007 г. испытала самолет с таким крылом. Выяснено, что в поперечном сечении он должен иметь не кольцевую форму, а форму эллипса. Прототип оказался в воздухе очень стабильным, маневренным и экономичным, а длина его пробега по ВПП при взлете/посадке заметно короче, чем, например у биплана такого же размера. Можно ожидать, что вскоре появятся и беспилотные самолеты, реализующие описанную концепцию [21].

СВВП с горизонтальным положением фюзеляжа на взлете/ посадке исторически раньше были реализованы в военной пилотируемой авиации. Наиболее известные СВВП этого класса – это серийно производимые штурмовики: советский Як-38 разработки ОКБ им. Яковлева и американский AV-8B Harrier разработки фирмы McDonnell Douglas (рис. 1.14). Силовая установка Як-38 состоит из одного реактивного подъемно-маршевого двигателя и двух подъемных двигателей, а у AV-8B она состоит из одного мощного подъемно-маршевого двигателя. Управление вектором тяги при смене режима полета осуществляется с помощью поворотных реактивных сопел [22]. Главное достоинство таких СВВП очевидно – возможность базирования на ограниченных по площади полосах, в частности, на палубах авианосцев.

Кроме того, СВВП обладают дополнительными преимуществами, а именно возможностью зависания, разворота в этом положении и полёта в боковом направлении. По отношению к другим вертикально взлетающим летательным аппаратам, например, вертолётам, СВВП обладают несравненно большими скоростями и в целом преимуществами, свойственными летательным аппаратам с неподвижным крылом. Недостатками таких самолетов являются сложность управления и энергетическая неэффективность.

а

б

Рис. 1.14. Серийные пилотируемые самолеты с вертикальным взлетом и посадкой: а – советские штурмовики Як-38 на борту тяжелого авианесущего крейсера "Новороссийск" (Тихоокеанский флот, 1984); б – штурмовик AV-8B Harrier Корпуса морской пехоты США на взлете в аэропорту г. Фритаун (Сьерра-Леоне, 2003)

Беспилотные СВВП с горизонтальным положением фюзеляжа на взлете/посадке стали появляться только в последние 10 лет. Один из примеров – разработка американской компанией American Dynamics военного беспилотного СВВП BattleHog 100x (рис. 1.15).

Летные испытания БПЛА BattleHog 100x прошли в 2006 г. Аппарат мог находиться в воздухе непрерывно до 8 часов. Длина BattleHog 100x составляет 3,8 м, размах крыльев – 5,2 м, высота – 1,5 м, максимальный взлетный вес – 1450 кг, полезная нагрузка – 340 кг, потолок высоты – около 7 тыс. м, максимальная скорость – 500 км/ч, крейсерская – 330 км/ч. Расчет станции управления – от 1 до 3 чел. Дальность передачи данных по каналу прямой видимости – около 250 км. BattleHog 100x оснащен турбовентиляторным двигателем Rolls Royce T63-A720. Аппарат может действовать как в режиме вертикального взлета и посадки, так и в режиме обычного самолетного взлета и посадки [23]. Разработка BattleHog 100x была ориентирована на использование его в боях в городе или сильнопересеченной местности.

Рис. 1.15. Проект беспилотного СВВП BattleHog 100x фирмы American Dynamics (США, 2006)

Аппарат BattleHog 100x предположительно должен быть оснащен двумя ракетами HellFire, либо пусковыми установками НУРС и артиллерийской системой M134. Бронирование кевларом призвано защитить подъемный вентилятор от пуль калибра 7,62 мм на дистанции до 50 м, а также от воздействия разрывов гранат в непосредственной близости от аппарата [24].

В ходе испытаний в лесу аппарат продемонстрировал возможность совершать полет ниже уровня вершущек деревьев, что позволяет обеспечить его крайне низкую заметность. Полет с огибанием рельефа местности, между деревьями или зданиями осуществляется с помощью модифицированного радара Raytheon. Управление летательным аппаратом осуществляется путем изменения скорости вращения и угла наклона подъемного вентилятора с высоким крутящим моментом (High Torque Aerial Lift, HTAL). Его применение, во-первых, позволило резко уменьшить габариты роторов, "спрятав" их внутрь фюзеляжа, что одновременно

позволило снизить их уязвимость от огня противника. С другой стороны, система HTAL позволила обеспечить BattleHog 100х не только высокую грузоподъемность, но и возможность вертикального взлета и посадки, зависания и полета с предельно малыми скоростями, а также, по заверению разработчиков, уникальную маневренность аппарата без использования аэродинамических управляющих поверхностей – рулей поворота и элеронов (что также снижает уязвимость) или сложных систем управления вектором тяги, используемых в современных военных СВВП.

Другим примером беспилотного СВВП с горизонтальным расположением фюзеляжа является аппарат Excalibur американской фирмы Aurora Flight Sciences (рис. 1.16). Он имеет разворачиваемый подъемно-маршевый газотурбинный двигатель, а для управления положением используются электрические импеллеры, расположенные в крыльях и носовой части. Данный БПЛА также предназначен для применения в качестве штурмовика и рассчитан на подвеску различного ракетного и стрелкового вооружения [25].

И еще один пример БПЛА этого же подкласса – аппарат V-STAR компании Frontline Aerospace (США). Он имеет несколько модификаций, некоторые из которых показаны на рис. 1.17.

V-STAR проектировался как боевая машина универсального применения: для разведки, слежения, целеуказания и поиска; для ударов по наземным объектам с помощью устанавливаемого на борту оружия; для доставки на поле боя и за линию фронта оружия, боеприпасов, продовольствия, медикаментов и т.д.; для эвакуации раненых и др. За свои эксплуатационные характеристики БПЛА V-STAR получил неофициальное название "Humvee of the air" ("воздушный хаммер" – по аналогии с известным американским вездеходом). Основные особенности этого аппарата [26]:

Рис. 1.16. БПЛА Excalibur – разработка американской фирмы Aurora Flight Sciences (США, 2009)

– 2 компактных газотурбинных двигателя Rolls-Royce 250. Передача движения осуществляется как на подъемный вентилятор, расположенный в центре фюзеляжа, так и на маршевый толкающий вентилятор в хвостовой части. При выходе из строя одного двигателя аппарат может продолжить полет и совершить посадку на оставшемся. В штатном режиме оба двигателя работают одновременно лишь на взлёте, когда нужно оторвать аппарат от земли. При горизонтальном полёте маршевый вентилятор приводит во вращение лишь один двигатель, а второй в это время не работает, экономя топливо;

– особая технология энергосбережения делает аппарат эффективным при перевозке грузов и пригодным для длительных полетов на дальние расстояния: V-STAR рассчитан на перевозку грузов до 180 кг при максимальном взлетном весе 1,06 т. Наибольшая скорость 533 км/ч. Дальность полёта 1316 км с полной нагрузкой, при уменьшении массы груза до 15 кг дальность увеличивается до 5570 км. Длительность полета (при нагрузке 50 кг) составляет порядка 20 ч;

а

б

В

Г

Рис. 1.17. БПЛА V-STAR компании Frontline Aerospace (США, 2009): а – базовая модель; б – модификация с увеличенной продолжительностью и дальностью полета; в – V-STAR в полете; г – компоновка БПЛА

– груз в машине располагается в центре тяжести агрегата (внутри цилиндрического отсека, вокруг которого вращаются лопасти подъёмного вентилятора), поэтому загрузка/разгрузка не нарушает центровки аппарата;

– особая конструкция крыльев. Основные крылья – ромбовидная "этажерка", которая обеспечивает устойчивый горизонтальный полет, и в то же время не ограничивает скороподъемность. На законцовках могут раскладываться дополнительные короткие крылья для увеличения грузоподъемности на малой скорости;

– вертикальные взлет/посадка или обычные самолетные взлет/посадка с укороченным пробегом по полосе. В полете – способность быстро переключаться от медленного барражирования к мгновенному броску в сторону цели;

– БПЛА V-STAR имеет очень высокий показатель транспортной результативности, который вычисляется как произведение скорости, дальности полёта и полезной нагрузки, деленное на полный взлётный вес. По этому показателю аппарат опережает многие БПЛА самолетного и вертолетного типов.

В заключение темы аппаратов самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой необходимо упомянуть о существовании еще одного особого вида БПЛА – аппаратах с жестким зонтообразным крылом, основанных на эффекте Коанды. Хотя эти аппараты мало похожи на самолеты, по принципу полета они все же больше всего соответствуют этой классификационной группе.

Эффект Коанды – физическое явление, названное так, потому что в 1932 году румынский учёный Анри Коанда обнаружил, что поток жидкости или газа стремится отклониться по направлению к стенке тела с криволинейной поверхностью и при определенных условиях прилипает к ней, вместо того, чтобы продолжать движение в начальном направлении. Действие эффекта Коанды проявляется тогда, когда подача слоя воздуха на поверхность производится через узкую щель. Этот тонкий скоростной слой захватывает окружающий воздух. В итоге создается т.н. настилаящая струя – полуограниченная струя, которая всегда развивается только вдоль поверхности ограждения. Дальность распространения настилаящей струи увеличивается приблизительно в 1,2 раза по сравнению со стеснённой струей (т.е. струей, ограниченной со всех сторон, как в трубе). Таким образом, струя, которая настиляется на поверхность, имеет большую дальность при остальных одинаковых условиях, чем струя ненастилаящая [27].

Летательный аппарат на эффекте Коанды устроен довольно просто: над зонтообразной поверхностью установлен вентилятор или реактивный двигатель, создающий поток воздуха, выходящий через узкую щель и настилаящий криволинейную поверхность. Результаты моделирования скорости потока показаны на рис. 1.18.

Рис. 1.18. Результаты моделирования скорости воздушного потока вдоль зонтообразной поверхности (по материалам исследований Jean-Louis Naudin, 2006)

В последние годы ряд исследователей и фирм провели достаточно удачные эксперименты по реализации эффекта Коанды применительно к построению БПЛА. Так, в Великобритании фирмой AESIR [28] испытан экспериментальный аппарат Embler, демонстрирующий возможности использования эффекта. Аппарат выполнен из углепластикового корпуса. Привод вентилятора – электромотор. Аппарат может находиться в воздухе до 10 мин. Управление направлением движения в этом БПЛА осуществляется с помощью управляемых заслонок в выходной щели вентиляторного канала (управление рысканьем), а также с помощью четырех закрылков у кромки зонтообразной поверхности (управление креном и тангажом).

Рис. 1.19. БПЛА Embler компании AESIR, принцип полета которого основан на эффекте Коанды (Великобритания, 2009)

Компания AESIR объявила также о своих планах построения целой линейки аппаратов на эффекте Коанды [29]. Они отличаются своими размерами и грузоподъемностью. Самый крупный из них, названный Hoder, показан на рис. 1.20. Этот БПЛА имеет 2 вентиляторных движителя, приводимых в движение от двигателей внутреннего сгорания. Угол расположения лопаток вентиляторов сделан регулируемым. В отличие от прототипа, показанного на рис. 1.19, у БПЛА Hoder обтекаемые поверхности сделаны вообще без всяких аэродинамических элементов управления. А управление движением осуществляется путем изменения соотношения параметров вращения и углов лопаток вентиляторов. Собственная масса аппарата 1500 кг, масса полезной нагрузки 500 кг. БПЛА предназначен для выполнения локальных транспортных миссий продолжительностью до 8 ч. Такой аппарат имеет преимущество при использовании по сравнению с обычными вертолетами в городских условиях, лесистой и горной местности, где велика вероятность повреждения несущего винта вертолета. У предлагаемого аппарата небольшие столкновения с препятствиями не могут нарушить его работу.

а

б

Рис. 1.20. Перспективный БПЛА Hoder компании AESIR (Великобритания, 2009): а – общий вид аппарата; б – выставочный образец

1.2.2.2. БПЛА с гибким крылом

Это дешевые и экономичные летательные аппараты аэродинамического типа, в которых в

качестве несущего крыла используется не жесткая, а гибкая (мягкая) конструкция, выполненная из ткани, эластичного полимерного материала или упругого композитного материала, обладающего свойством обратной деформации.

В этом классе БПЛА можно выделить беспилотные моторизованные парaplаны, дельтапланы и БПЛА с упруго деформируемым крылом.

Беспилотный моторизованный парaplан – аппарат на основе управляемого парашюта-крыла, снабжённый мототележкой с воздушным винтом для автономного разбега и самостоятельного полёта. Крыло обычно имеет форму прямоугольника или эллипса. Крыло может быть мягким, иметь жесткий или надувной каркас. Пример – разработки американской фирмы Atair Aerospace, которая предложила серию беспилотных парaplанов под общим названием LEAPP (Long Endurance Autonomous Powered Paraglider) (рис. 1.21). Их основное достоинство – экономичность. Они снабжены двигателями внутреннего сгорания и способны длительное время медленно барражировать над объектом, производя, например, видеосъемку. Для запуска требуется площадка длиной 2-3 м для короткого разбега. Модель Micro LEAPP является компактной модификацией, которую может обслуживать один человек (предусмотрена переноска аппарата в заплечном ранце) [30]. Недостатком беспилотных моторизованных парaplанов является трудность управления ими, так как навигационные датчики не имеют жесткой связи с крылом. Ограничение на их применение оказывает также очевидная зависимость от погодных условий.

а

б

Рис. 1.21. Беспилотные мотопарaplаны фирмы Atair Aerospace: а – модель LEAPP Type I (взл. масса 1600 кг, длина 2,7 м, длительность полета 48 ч); б – модель Micro LEAPP (взлетная масса 34 кг, длина 1 м, длительность полета 4 ч); в – одна из модификаций Micro LEAPP в полете

Беспилотный моторизованный дельтаплан – это аппарат на основе мягкого крыла дельтавидной формы. Такое крыло представляет собой три жесткие направляющие, соединённые между собой в передней точке и образующие в горизонтальной плоскости веер, с углом между трубами 90-140 градусов. Между трубами натянута прочная ткань. Две боковые направляющие и задняя кромка ткани образуют при виде сверху почти треугольник. Крыло крепится на тележку, на которой смонтированы двигатель с винтом (тянущим или толкающим) и аппаратура (рис. 1.22). Управление полётом осуществляется обычно с помощью дополнительных аэродинамических элементов, небольшой деформации крыла или с помощью перемещаемого центра тяжести.

а

б

Рис. 1.22. Беспилотные мотodelьтапланы: а – с толкающим винтом; б – с тянущим винтом

Рис. 1.23. Беспилотный мотodelьтаплан с собранным крылом (Белоруссия, 2007).
Назначение аппарата – видеосъемка для различных задач милиции.

Скорость современных дельтапланов составляет от 25 км/ч до 100-130 км/ч, высота полётов достигает 6 км и более. По сравнению с беспилотными мотопарапланами мотodelьтапланы значительно проще и стабильнее в управлении благодаря наличию жестких связей крыла с остальной конструкцией.

Преимущество мотodelьтаплана по отношению к другим БПЛА заключается в простоте и надёжности конструкции, дешевизне и компактности в сложенном виде (рис. 1.23), минимальной необходимой длине площадки для взлёта и посадки, бесшумности, отсутствию влияния вибраций от ротора несущего винта на аэродинамические элементы конструкции [31].

БПЛА с упруго деформируемым крылом.

Крыло в аппаратах такого типа выполняется из композитного материала с большой степенью упругости. Это позволяет сворачивать крыло без опасения потерять его форму (рис. 1.24, а).

а

б

в

Рис. 1.24. БПЛА Maverick компании Prioria Robotics (США, 2013): а – общий вид; б – пневматическая катапульта; в – вылет БПЛА из катапульти

Оно также хорошо противостоит соударениям с землей и препятствиями. Примером может служить БПЛА Maverick – компактный и очень легкий электрический летательный аппарат, разработанный американской компанией Prioria Robotics [32]. Гибкое упругое крыло позволяет размещать Maverick в небольшом тубусе диаметром 15 см. Кроме того, по заявлению авторов, такое крыло способно частично компенсировать порывы ветра и улучшать стабильность полета. Аппарат оснащен камерой для видео и фото съемки. Запуск БПЛА может производиться как "с руки", так и с помощью специальной пневматической катапульти. После вылета из катапульти аппарат разворачивает крылья (рис. 1.24, б, в). Гибкое крыло не имеет элеронов, поэтому управление осуществляется с помощью небольших аэродинамических рулей в хвостовой части. БПЛА Maverick имеет массу 1,16 кг, радиус действия до 5 км и способен находиться в воздухе от 45 до 90 минут, совершая полет со скоростью от 40 до 100 км/ч.

1.2.2.3. БПЛА вертолетного типа

Этот тип аппаратов известен также как БПЛА с вращающимся крылом (англ.: rotary-wing UAV, rotorcraft UAV, helicopter UAV). Часто их называют также VTOL UAV (Vertical Take-off and Landing UAV) – БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой. Последнее не совсем корректно, так как в общем случае вертикальный взлет и посадку могут иметь и БПЛА с неподвижным крылом (например, как в СВВП – за счет реактивного сопла, при взлете и посадке направляемого вертикально вниз).

Подъемная сила у аппаратов этого типа также создается аэродинамически, но не за счет крыльев, а за счет вращающихся лопастей несущего винта (винтов). Крылья либо отсутствуют вовсе, либо играют вспомогательную роль. Очевидными преимуществами БПЛА вертолетного типа являются способность зависания в точке и высокая маневренность, поэтому их часто используют в качестве воздушных роботов.

Существует множество схем построения аппаратов вертолетного типа [33, с. 14-17]. Все рассматриваемые далее схемы построения вертолетов сведены в таблицу 1.3.

Рассмотрим более подробно каждую из схем.

Таблица 1.3 Схемы построения вертолетов

Классическая одновинтовая схема с хвостовым рулевым винтом

Двухвинтовая поперечная схема

Схема с перекрещивающимися несущими винтами

Вертолеты с крылом

Двухвинтовая соосная схема

Двухвинтовая продольная схема

Реактивные вертолеты

Винтокрылы

Гибридные винтокрылые аппараты:

Автожиры

Конвертопланы

Многовинтовые вертолеты (мультикоптеры)

Одновинтовая схема (англ.: single rotor helicopter). Это летательный аппарат с приводным несущим винтом, который при подъеме аппарата вращается в горизонтальной плоскости. Вертолет движется горизонтально за счёт наклона плоскости вращения винта. Чаще всего используется классическая одновинтовая схема с хвостовым рулевым винтом (рис. 1.25). Реактивный крутящий момент у таких вертолетов уравнивается рулевым винтом, расположенным на хвостовой балке на некотором расстоянии от оси несущего винта. Создавая тягу в плоскости, перпендикулярной вертикальной оси вертолета, рулевой винт компенсирует реактивный момент. Изменяя тягу рулевого винта, можно управлять вертолетом относительно вертикальной оси. Большинство современных вертолетов выполнено по одновинтовой схеме. Достоинством схемы является простота конструкции и системы управления. К недостаткам следует отнести большие габариты за счет хвостовой балки и потери мощности на привод рулевого винта (до 10% от мощности двигателя), уязвимость и опасность повреждения рулевого винта при полете у земли.

Рис. 1.25. Пример беспилотного вертолета, построенного по одновинтовой схеме с хвостовым рулевым винтом – RQ-8A Fire Scout, разработанный компанией Northrop Grumman (США, 2005)

Существуют, однако, варианты реализации одновинтовой схемы, в которых функцию хвостового винта выполняют другие элементы, например, фенестрон (от фр. fenestron – маленькое окно). Это закрытый рулевой винт вертолётa, устанавливаемый в специальный профилированный канал, встроенный в киль вертолётa. Пример – вертолет ЕС 120В франко-германской фирмы Eurocopter (рис. 1.26). В отличие от обычных рулевых винтов с 2 или 4 лопастями, фенестроны обычно имеют более 8 лопастей. Преимущества фенестрона: большая безопасность; большая скорость вращения; меньшие шумность и уровень вибраций; существенно более низкие, по сравнению с обычным рулевым винтом, затраты мощности при горизонтальном полете. Недостатки: большая масса; высокая стоимость и высокие требования к тяге двигателя.

Другой способ обойтись без хвостового рулевого винта – применение т.н. технологии NOTAR (от англ. NO Tail Rotor). Суть технологии поясняется на рис. 1.27, а.

Рис. 1.26. Фенестрон на вертолете ЕС 120В компании Eurocopter (2003)

Рис. 1.27. Система NOTAR: а – принцип действия; б – вертолет MD 520N компании MD

В хвостовой части фюзеляжа (у основания хвостовой балки) расположен вентилятор, приводящийся в движение от редуктора несущего винта. Вентилятор создаёт поток воздуха, выходящий через два узких длинных сопла на правой стенке хвостовой балки, заставляя нисходящий поток воздуха от несущего винта, обдувающего балку, отклоняться влево, создавая аэродинамическую силу, направленную вправо (проявление эффекта Коанды). Кроме того, для управления используется реактивное воздушное сопло на конце хвостовой балки и кили. Достоинства системы NOTAR заключаются в повышении безопасности и значительном снижении уровня шума. Вертолёты, оборудованные этой системой, – одни из самых "тихих". Вертолёты, использующие систему NOT AR, производятся компанией MD Helicopters (США).

Двухвинтовая соосная схема (англ.: coaxial rotor helicopter): вертолеты имеют два несущих винта, расположенных на одной оси, с противоположным направлением вращения, за счет чего и компенсируются реактивные моменты (рис. 1.28). Плоскости вращения винтов удалены друг от друга для предотвращения схлестывания лопастей нижнего и верхнего винтов на всех режимах полета. Достоинством схемы являются малые габариты. Недостатки схемы: сложная система трансмиссии и управления, недостаточная путевая устойчивость на авторотации.

Рис. 1.28. Пример беспилотного вертолета, построенного по двухвинтовой соосной схеме – KO AX X-240 фирмы Swiss UAV (Швейцария, 2010)

Двухвинтовая поперечная схема (англ.: side-by-side rotor helicopter): вертолеты имеют два несущих винта, установленных по бокам фюзеляжа на консолях крыла или фермах. Реактивные моменты уравниваются противоположным направлением вращения винтов, которые могут иметь перекрытие при количестве лопастей менее 4-х. Достоинства схемы: аэродинамическая симметрия схемы; небольшие индуктивные потери на режиме горизонтального полета, что повышает экономичность и дальность полета; относительно высокая грузоподъемность. Недостатки схемы: сложность конструкции системы управления и трансмиссии, необходимость синхронизации вращения винтов, дополнительная масса и лобовое сопротивление фермы, поддерживающей крыло.

В истории мирового вертолетостроения, пожалуй, самым известным вертолетом, построенным по такой схеме, является, советский вертолет Ми-12 разработки ОКБ М.Л. Миля (рис. 1.29). Однако, большой популярностью в пилотируемой авиации эта схема не пользовалась. В беспилотной авиации в последние годы наблюдается рост интереса к двухвинтовой поперечной схеме. Однако она используется, как правило, не в чистом виде, а именно: из соображений простоты конструкции для управления движением используется не автоматы перекоса, а различные другие технические решения (рис. 1.30).

Рис. 1.29. Вертолет, построенный по двухвинтовой поперечной схеме (вертолет Ми-12 1967 года постройки – самый большой в мире вертолет, диаметр несущего винта 35 м, максимальная взлетная масса 105 т)

а

б

в

г

Рис. 1.30. Концепты беспилотных вертолетов, основанные на двухвинтовой поперечной схеме

Например, для управления движением могут использоваться:

- дополнительный небольшой хвостовой винт, вращающийся в горизонтальной плоскости – для управления углом тангажа (рис. 1.28, а);
- управляемые заслонки на выходе импеллеров (рис. 1.30, а);
- повороты (на небольшой угол) вокруг своей оси балок с укрепленными на их концах роторами (рис. 1.30, б, в, г);
- небольшие отклонения балок с роторами в вертикальной плоскости относительно точек их крепления (рис. 1.30, г);
- изменение соотношения частот вращения винтов и др.

Очень часто в беспилотных вертолетах, построенных по двухвинтовой поперечной схеме, используют не открытые винты, а винты, защищенные кольцевым кожухом (англ.: ducted fan), или импеллеры (рис. 1.30, а, в). Это увеличивает эффективность винтов и делает более безопасными полеты в условиях возможных столкновений с препятствиями.

Легкие БПЛА, построенные по данной схеме, часто называют бикоптерами (англ.: bicopter, twincopter, dualcopter). Их можно классифицировать также как подкласс мультикоптеров (см. далее – табл. 1.3).

Двухвинтовая продольная схема (англ.: tandem rotor helicopter). У таких вертолетов реактивный момент компенсируется за счет противоположного направления вращения винтов, которые расположены один за другим вдоль фюзеляжа (рис. 1.31). Несущие винты располагаются с перекрытием, причем задний винт имеет превышение, чтобы уменьшить вредное влияние на него потока от переднего винта. Достоинство схемы – большой объем грузовой кабины. Недостатками являются сложная система трансмиссии, необходимость синхронизации вращения несущих винтов, большие индуктивные потери при горизонтальном полете и переменные нагрузки на несущих винтах, а также сложная посадка при авторотации.

Рис. 1.31. Пример беспилотного вертолета, построенного по двухвинтовой продольной схеме – DP-6 Whisper компании Dragonfly Pictures (США, 2007). Назначение: разведка, ретрансляция ТВ-сигнала. Длина 3,35 м. Диаметр ротора 3,2 м. Максимальная взлетная масса 215 кг, масса

полезной нагрузки 34 кг. Скорость 185 км/ч. Продолжительность полета 5,5 ч. Двигатель: ДВС, 97 л.с.

Схема с перекрещивающимися несущими винтами (синхроптер) (англ.: intermeshing rotor helicopter). У таких вертолетов несущие винты расположены по бокам фюзеляжа, а их оси наклонены наружу (рис. 1.32). Из-за наклона винтов реактивные моменты уравниваются только относительно вертикальной оси, а их проекции относительно поперечной оси складываются, образуя момент тангажа, что необходимо учитывать при расчете продольной устойчивости. Достоинством схемы являются малые габариты вертолета, а недостатками – необходимость синхронизации вращения винтов, сложная система трансмиссии, большой уровень вибраций, возникновение продольного момента, усложняющего балансировку вертолета. Вертолет хорошо приспособлен для вертикального подъема грузов.

Рис. 1.32. Синхроптер K-MAX фирмы Kaman Aerospace (США). Беспилотная версия разрабатывается совместно с фирмой Lockheed Martin. Способен перевозить грузы массой до 2,7 тонны на расстояние до 500 километров. Максимальная скорость до 185 км/ч. В 2011 г. использовался в Афганистане в беспилотном режиме для доставки боеприпасов.

Реактивный вертолет (англ.: tip jet helicopter). У таких вертолетов механический привод несущего винта заменен реактивным. Суммарный крутящий момент на втулке несущего винта близок к нулю, так как момент несущего винта от сил сопротивления воздуха уравнивается моментом, создаваемым тягой реактивных двигателей или сопел, установленных на концах лопастей (рис. 1.33).

Рис. 1.33. Экспериментальный реактивный мини-вертолет с пульсирующими реактивными двигателями, установленными на концах лопастей (СССР, 1947 год)

При этом отпадает необходимость в мощном рулевом винте. Реактивный привод несущего винта может осуществляться, например, установкой на концах лопастей реактивных двигателей различного типа, топливо к которым подается через втулку и лопасти винта. Достоинствами вертолетов с реактивным приводом являются простая система трансмиссии и высокая весовая отдача. К недостаткам следует отнести сложную конструкцию втулки и лопасти несущего винта, трудность создания специальных двигателей, работающих в поле центробежных сил, большой расход топлива, а также шум от прямоточных и пульсирующих воздушно-реактивных двигателей.

Пример беспилотного вертолета такой схемы – аппарат ORCA швейцарской фирмы Swiss Unmanned Systems (рис. 1.34). У этого вертолета реактивный двигатель мощностью 215 л.с. установлен сверху. От него горячий воздух (700 °С) подается через полые лопасти к соплам, расположенным на окончаниях этих лопастей. Максимальная взлетная масса вертолета 350 кг, масса полезной нагрузки 120 кг. Потолок составляет 375 м. Длительность полета 2,5 ч.

Вертолеты с крылом. Рост скорости вертолета ограничен срывом потока с отступающей лопасти несущего винта. Для увеличения скорости полета необходимо разгрузить несущий винт. Это может осуществляться постановкой крыла на вертолет. Типичные примеры приведены на рис. 1.35.

Рис. 1.34. Реактивный беспилотный вертолет ORCA фирмы Swiss Unmanned Systems (Швейцария, 2011)

Рис. 1.35. Вертолеты с крылом

Винтокрылы. Для увеличения скорости полета у этих аппаратов используют крылья и дополнительные тянущие двигатели. Подъемная сила на режиме вертикального полета создается несущим винтом, а на режиме горизонтального полета – крылом с дополнительными тянущим (или толкающим) винтом. В англоязычных источниках этот класс аппаратов встречается под самыми разными названиями: gyrodyne, compound helicopter, compound gyroplane, heliplane [34].

Несущих винтов у винтокрыла может быть два (как у вертолета Ка-22, рис. 1.36) или один (как у вертолета Eurocopter X3, рис. 1.37). Возможны также варианты с несущими винтами, выполненными по сосной схеме, как у винтокрыла Sikorsky S-97 Raider (рис. 1.38).

Рис. 1.36. Винтокрыл Ка-22 (СССР, 1960)

Рис. 1.37. Винтокрыл Eurocopter X3. Выпускается с 2010 г. компанией Eurocopter (Франция-Германия). Максимальная крейсерская скорость 430 км/ч

Винтокрыл, обладая несущим винтом, может производить вертикальный взлёт и посадку, как вертолёт. В полёте наличие крыла и дополнительных движителей, как у самолёта, позволяет ему развивать достаточно большую скорость по сравнению с аналогичным вертолётom, что является основным преимуществом. В горизонтальном полёте несущий винт винтокрыла работает в режиме авторотации (или очень близким к нему), как у автожира. Недостатком является сложность конструкции.

Рис. 1.38. Sikorsky S-97 Raider – перспективный скоростной многоцелевой винтокрыл (США). Летные испытания планируются на 2014 г. Разрабатывается в пилотируемой и беспилотной версиях. Максимальная крейсерская скорость 490 км/ч

Гибридные винтокрылые аппараты – автожиры и конвертопланы. Кроме рассмотренных классов аппаратов самолетного и вертолетного типа существуют их гибридные

разновидности, такие как автожиры и конвертопланы, которые имеют некоторые признаки как вертолетов, так и самолетов.

Автожир (другие названия: гирокоптер, гироплан, ротаплан, англоязычные: autogiro, gyrocopter, gyroplane, rotorplane) – схема, подобная самолёту, у которого в качестве крыла (или в дополнение к нему) установлен свободно вращающийся винт (рис. 1.39) [35].

Как и вертолёту, автожиру несущий винт необходим для создания подъёмной силы, однако создание подъёмной силы основным винтом автожира основано на другом принципе. Он создает виртуальную дисковую поверхность, при набегании на которую встречного потока воздуха и создаётся подъёмная сила. Здесь существенно, что в полёте этот винт наклонён назад, против потока – подобно фиксированному крылу с положительным углом атаки (вертолёт, наоборот, наклоняет винт в сторону движения, т.к. создаёт приводным несущим винтом и подъёмную, и горизонтальную пропульсивную силы одновременно). Кроме несущего ротора, автожир обладает ещё и тянущим (рис. 1.39, а) или толкающим (рис. 1.39, б) маршевым винтом (пропеллером), как и у обычного самолёта. Этот маршевый винт и сообщает автожиру горизонтальную скорость [36-38].

а

б

Рис. 1.39. Автожиры: а – Cierva C19 (Великобритания, 1929); б – современный легкий автожир

Автожиры отличаются от винтокрылов, которые имеют подключаемый привод несущего винта от двигателя, позволяющий им использовать как режим авторотации, так и режим вертолётного полёта. На больших скоростях их роторная система действует сходным с автожиром образом (в режиме авторотации), обеспечивая только подъёмную силу, но не тягу. Можно сказать, что винтокрылы занимают промежуточное положение, сочетая в себе качества автожиров и вертолётов [35].

Большинство автожиров не могут взлетать вертикально, но им требуется гораздо более короткий разбег для взлёта (10-50 м, с системой предраскрутки ротора), чем самолётам. Почти все автожиры способны к посадке без пробега или с пробегом всего несколько метров. По маневренности они находятся между самолётами и вертолётами, несколько уступая вертолётам и абсолютно превосходя самолёты. Автожиры превосходят самолёты и вертолёты по безопасности полёта. Самолёту опасна потеря скорости, поскольку он сваливается при этом в штопор. Автожир при потере скорости начинает снижаться. При отказе мотора автожир не падает, вместо этого он снижается (планирует), используя эффект авторотации (несущий винт вертолёта при отказе двигателя также переводится в режим авторотации, но на это теряется несколько секунд и падают обороты ротора, важные при вынужденной посадке). При посадке автожиру не требуется посадочная полоса.

Скорость автожира сравнима со скоростью лёгкого вертолёта и несколько уступает лёгкому самолёту. По расходу топлива они уступают самолётам, техническая себестоимость лётного часа автожира в несколько раз меньше, чем у вертолёта, благодаря отсутствию сложной трансмиссии. Типичные автожиры летают со скоростью до 180 км/ч, а расход топлива составляет 15 л на 100 км при скорости 120 км/ч. Другими преимуществами автожиров являются гораздо меньшая, чем в вертолётах, вибрация, а также способность летать при

значительном (до 20 м/с) ветре.

В настоящее время автожиры производятся и в беспилотном исполнении фирмами разных стран. Назначение их самое разнообразное. Так, российская компания "Рустехресурс" (г. Воронеж) разработала беспилотный автожир "Химик" для сельскохозяйственных работ – опыления посадок химикатами (рис. 1.40) [39].

Рис. 1.40. Беспилотный автожир "Химик" (Россия, 2012)

Конвертоплан (англ.: convertiplane, heliplane) – летательный аппарат с поворотными винтами, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте – как тянущие (при этом в полете подъёмная сила обеспечивается крылом самолётного типа). Таким образом, этот аппарат ведет себя как вертолет при взлете и посадке, но как самолет в горизонтальном полете. Большие винты конвертоплана помогают ему при вертикальном взлете, однако в горизонтальном полете они становятся менее эффективными по сравнению с винтами меньшего диаметра традиционного самолета [40].

В некоторых конструкциях используют не открытые винты, а импеллеры. Импеллер обладает очень высокой скоростью отбрасываемого воздушного потока, что позволяет обойтись очень маленькими крыльями, обеспечивая высокую компактность конвертоплана.

Среди конвертопланов можно выделить три принципиально различающихся подкласса: аппараты с поворотными винтами (Tiltrotor), с поворотным крылом (Tiltwing) и со свободным крылом (Freewing).

В конвертопланах с поворотными роторами обычно поворотными являются не сами винты, а гондолы с винтами и двигателями. Крылья (обычно небольшой площади) при этом остаются неподвижными. На рис. 1.41 приведен пример беспилотного конвертоплана типа Tiltrotor.

Рис. 1.41. Беспилотный конвертоплан Smart с поворотными винтами – Tiltrotor (Южная Корея, 2011)

Пример конвертоплана с поворотными роторами, в конструкции которого применены импеллеры, – американский аппарат X-22A разработки компании Bell (рис. 1.42).

Рис. 1.42. Конвертоплан Bell X22A с поворотными импеллерами (США, 1967)

Этот аппарат, разработанный еще в 1967 г., мог совершать как вертикальные взлеты/посадки, так и обычные (укороченные). Традиционный фюзеляж имел расположенные в задней части короткие крылья, на передней кромке каждого из которых размещались импеллеры. Управляющие поверхности элеронов находились в турбулентном потоке воздуха от трехлопастного винта диаметром 2,13 м. Силовая установка – четыре турбовальных газотурбинных двигателя, расположенных попарно на заднем крыле и работающих на общую

трансмиссию.

Конвертопланы с поворотными импеллерами в пилотируемой авиации сейчас применяются редко (видимо, по экономическим причинам). В беспилотной же авиации у этой схемы, видимо, есть определенные перспективы. Пример – разрабатываемый в США с 2008 г. компанией American Dynamics проект беспилотного конвертоплана с поворотными импеллерами AD-150 (рис. 1.43) [41].

В конвертопланах с поворотным крылом поворачивается всё крыло вместе с установленными на нем двигателями и винтами. Достоинством такой схемы является то, что при вертикальном взлёте крылья не закрывают воздушный поток от винтов (увеличивая тем самым эффективность работы винтов). На рис. 1.44 приведены примеры конвертопланов типа Tiltwing.

Рис. 1.43. Беспилотный конвертоплан AD-150 компании American Dynamics с поворотными импеллерами (США, 2008)

а

б

Рис. 1.44. Конвертопланы с поворотным крылом – Tiltwing: а – экспериментальный конвертоплан Vertol VZ-2 (США, 1957); б – современный беспилотный четырехмоторный Tiltwing на вертикальном взлете – БПЛА компании GH Craft (Япония, 2008)

Беспилотные конвертопланы с четырьмя поворотными роторами, подобные тому, что показан на рис 1.42, а также конвертопланы с поворотным крылом, построенные по схеме, показанной на рис 1.44 б, часто рассматривают как особые подклассы мультикоптеров (точнее – квадрокоптеров) – соответственно QTR UAV (Quad Tilt Rotor UAV) и QTW UAV (Quad Tilt Wing UAV).

В конвертопланах со свободным крылом (Freewing) в зависимости от фазы полета отклоняются винты, создавая вертикальную или горизонтальную тягу, а крылья свободно вращаются вокруг оси, перпендикулярной фюзеляжу.

Под напором воздуха, создаваемого винтами, крылья принимают вертикальное, горизонтальное или какое-либо промежуточное положение. Аппараты такой конструкции отличаются стабильностью полета [42]. На рис. 1.45 показан пример беспилотника типа Freewing.

а

б

Рис. 1.45. Конвертоплан со свободным крылом – Freewing (БПЛА Spirit фирмы Flight

Technologies, США): а – взлет/посадка, б – горизонтальный полет

Многовинтовые вертолеты (мультикоптеры). К этой группе относятся вертолеты, имеющие больше двух несущих винтов. Реактивные моменты уравниваются за счет вращения несущих винтов попарно в разные стороны или наклона вектора тяги каждого винта в нужном направлении (рис. 1.46). Беспилотные мультикоптеры, как правило, относятся к классам мини- и микро-БПЛА [65].

Существует некоторая неопределенность относительно того, являются ли мультикоптерами аппараты с двумя симметричными несущими винтами – бикоптеры. В некоторых источниках их считают подклассом мультикоптеров. По мнению авторов этой книги, лучше относить такие аппараты к уже рассмотренным вертолетам с поперечной схемой расположения винтов. Безусловно к мультикоптерам относятся аппараты, имеющие три несущих винта и более. Соответственно трехроторные мультикоптеры называют трикоптерами, четырехроторные – квадрокоптерами, шестироторные – гексакоптерами, восьмироторные – октокоптерами.

Рис. 1.46. Различные схемы построения мультикоптеров

QuadCopters:

TriCopter

+Copter

XCopter

Y4Copter

HexaCopter

H6Copter

Y6Copter

OctoCopter

Butte rflyCopter

Трикоптер – самая простая схема построения мультикоптеров. Обычно трикоптер движется двумя винтами вперед, а третий является хвостовым. Первые два винта имеют противоположные направления вращения и взаимно компенсируют реактивные закручивающие моменты, у хвостового же винта пары нет, поэтому для компенсации его реактивного момента ось вращения этого винта немного наклоняют в сторону, противоположную направлению закручивания. Это делают с помощью специального сервопривода и тяги (рис. 1.47), которые используются для стабилизации или управления положением аппарата по курсу.

Рис. 1.47. Трикоптер и сервопривод отклонения его хвостового ротора

Однако существуют производные от трикоптера схемы построения, в которых отсутствуют механически подвижные части, и корпуса всех двигателей жестко зафиксированы на своих местах. Причем один (в У4-коптере) или все три двигателя (в У6-коптере, рис. 1.48) имеют симметричные им относительно горизонтальной плоскости двигатели с толкающими винтами, направленными вниз. Управление курсовым углом и направлением перемещения осуществляется за счет изменения соотношения частот вращения винтов.

Рис. 1.48. У6-коптер

Квадрокоптер (quadcopter, quadrotor) – самая распространенная схема построения мультикоптеров. Наличие четырех жестко зафиксированных роторов дает возможность организовать довольно простую схему организации движения. Существуют две таких схемы движения: схема "+" и схема "х" (рис. 1.46). В первом случае один из роторов является передним, противоположный ему – задним, и два ротора являются боковыми. В схеме "х" передними являются одновременно два ротора, два других являются задними, а смещения в боковом направлении также реализуются одновременно парой соответствующих роторов. Алгоритм управления частотами вращения винтов для схемы "+" несколько проще и понятнее, чем для схемы "х", однако последняя используется все же чаще из-за конструктивных преимуществ: при такой схеме проще разместить фюзеляж, который может иметь вытянутую форму, бортовая видеочка имеет более свободный обзор. То, каким образом квадрокоптер совершает элементарные маневры, понятно из рис. 1.49. Иллюстрация приведена для случая схемы "+".

Из рисунка видно, что одна пара винтов вращается по часовой стрелке, другая – против. Если частоты вращения пар одинаковы, то аппарат неподвижен относительно вертикальной оси. Если увеличить частоту вращения для одной пары на Δf а для другой – уменьшить на ту же величину Δf (чтобы сохранить общий вертикальный вектор тяги неизменным), то будет реализован поворот влево или вправо вокруг вертикальной оси. При одновременном одинаковом изменении частот вращения всех винтов будет осуществляться подъем или снижение квадрокоптера. Для движения в каком-либо направлении (вперед, назад, влево, вправо) двигатель, соответствующий направлению желаемого смещения, должен уменьшить

частоту вращения на Af противоположный ему – увеличить на Af а два других – оставить без изменения.

Рис. 1.49. Принцип движения квадрокоптера (схема "+")

Рис. 1.50. Состав оборудования квадрокоптера

Типичный состав оборудования квадрокоптера показан на рис. 1.50. Для аппаратов с другим количеством роторов он аналогичен.

Команды, принятые приемником, поступают в полетный контроллер в виде широтно-импульсного сигнала. Здесь они с учетом текущей навигационной информации (получаемой в самом полетном контроллере от встроенных микросистемных гироскопов и акселерометров), а также с учетом сигналов с модуля GPS (опционально) преобразуются в широтно-импульсные сигналы управления двигателями, которые подаются на контроллеры частоты вращения двигателей (т.н. ESC – Engine Speed Control). Назначение модулей ESC – преобразование управляющих широтно-импульсных сигналов в синусоидальные трехфазные напряжения для обмоток бесколлекторных электродвигателей. Типичный источник питания для бортсети мультикоптеров – это батарея литий-полимерных аккумуляторов. Потребляемые токи – от единиц до сотен ампер в зависимости от размеров аппарата.

Основное назначение мультикоптеров – это фото- и видеосъемка различных объектов, поэтому они, как правило, оснащаются управляемыми подвесами для камер (рис. 1.51).

Рис. 1.51. Квадрокоптер (схема "+") с видеокамерой

Компоновка оборудования на мультикоптере может быть самой различной. Модуль GPS обычно стараются выносить отдельно как можно дальше от силовых цепей. Для защиты пропеллеров часто предусматривают специальные охватывающие ограждения (рис. 1.52).

Для увеличения подъемной силы и повышения живучести аппарата часто объединяют на одной балке тянущий и толкающий винты с соответствующими двигателями (рис. 1.53).

Рис. 1.52. Квадрокоптер с защитой пропеллеров (вверху – GPS-модуль)

Рис. 1.53. Квадрокоптер (схема "х") с совмещенными тянущими и толкающими винтами

Гексакоптеры и октокоптеры, имеющие соответственно по 6 и 8 роторов (рис. 1.54 – 1.55), обладают гораздо большей грузоподъемностью по сравнению с квадрокоптерами. Они также способны сохранять устойчивый полет при выходе из строя одного ротора. Такие аппараты отличаются также гораздо меньшим уровнем вибраций, что особенно важно для видеосъемки.

Рис. 1.54. Гексакоптер

Рис. 1.55. Октокоптер

1.2.2.4. БПЛА с машущим крылом

БПЛА с машущим крылом (flapping-wing UAV) основаны на бионическом принципе – копировании движений, создаваемых в полете летающими живыми объектами – птицами и насекомыми.

Хотя в этом классе БПЛА пока нет серийно выпускаемых аппаратов и практического применения они пока не имеют, во всем мире проводятся интенсивные исследования в этой области. В последние годы появилось большое количество разных интересных концептов малых БПЛА с машущим крылом.

Главные преимущества, которые имеют птицы и летающие насекомые перед существующими типами летательных аппаратов – это их энергоэффективность и маневренность. Если разработчикам "машущих" БПЛА удастся по показателям энергоэффективности и маневренности приблизиться к тому, что уже имеется в живой природе, то тогда их усилия будут не напрасными, и можно ожидать, что этот класс аппаратов начнет находить свое применение.

Аппараты, основанные на имитации движений птиц, получили название орнитоптеров (англ.: omithopter), а аппараты, в которых копируются движения летающих насекомых – энтомоптерами (англ.: entomopter) [43].

Орнитоптеры.

При создании БПЛА, имитирующих движения птиц, много внимания уделяется механическому приводу крыльев. Механические передачи должны обеспечивать необходимый набор движений и при этом быть простыми и легкими. Кроме махов вверх/вниз с нужной частотой, система управления движением в подходящие по внешним условиям моменты должна реализовывать режим парения, для того, чтобы аппарат мог максимально эффективно использовать набегающие и восходящие потоки воздуха.

Показательным примером в этой области является БПЛА SmartBird германской фирмой Festo, которая известна своими разработками в области бионики. Созданный ей аппарат внешне действительно очень похож на птицу (рис. 1.56). Он выполнен по образу и подобию реальной птицы – серебристой чайки, но несколько крупнее ее по габаритам. Аппарат способен не только собственно летать, но и совершать самостоятельные взлет и приземление. Крылья SmartBird движутся не только вверх и вниз, но также и поворачиваются вокруг собственной оси, что обеспечивает движениям максимальную точность.

БПЛА SmartBird имеет длину 1 м, размах крыльев 2 м, массу 450 г. Питание осуществляется от литий-полимерной двухэлементной аккумуляторной батареи (7,4 В). Потребляемая мощность в режиме выполнения маховых движений всего 23 Вт, в режиме парения еще меньше – 18 Вт.

Аппараты, подобные описанному, в скором времени вполне смогут найти свое место на рынке БПЛА. Военные ведомства различных стран уже оценили очевидные достоинства этих аппаратов при выполнении разведывательных и диверсионных операций.

Рис. 1.56. Орнитоптер SmartBird компании Festo (Германия, 2011): а – создатели аппарата; б – вид сзади; в – демо-макет механических передач; г – различные фазы полета

Энтомоптеры.

БПЛА, имитирующие движения летающих насекомых, условно можно подразделить на имитаторы четырехкрылых и имитаторы двукрылых насекомых. Четырехкрылые (стрекозы, бабочки) совершают более сложные движения, чем двукрылые, и возможностей управления полетом у них гораздо больше. На рис. 1.57 показан пример четырехкрылого энтомоптера, разработанного компанией Festo.

Рис. 1.57. Энтомоптер Bionicopter компании Festo (Германия, 2013)

Длина корпуса аппарата составляет 44 см, размах крыльев 63 см. Крылья выполнены из углеродного волокна и полиэфирной плёнки. Показатель частоты взмахов крылом относительно невысокий – 15-20 Гц. Масса аппарата составляет всего 175 г.

Управление полётом робота осуществляется со смартфона. BionicOpter имеет встроенный ARM-микроконтроллер, обеспечивающий стабилизацию полёта. Аппарат оснащен одним основным электродвигателем и восемью сервоприводами. На борту имеется набор сенсоров для предотвращения столкновений с препятствиями. Схема питается от двухсекционного литийполимерного аккумулятора 7,4 В.

Конструкция BionicOpter обеспечивает этому аппарату множество возможностей маневрирования. Каждое крыло, кроме маховых движений, может совершать вращательные движения вокруг своей оси и угловые перемещения в горизонтальной плоскости. Кроме того, хвостовая часть может изгибаться, меняя положение центра тяжести. Благодаря таким возможностям управления, аппарат может, например, мгновенно зависать на месте и перемещаться в горизонтальной плоскости в любую сторону, не изменяя при этом угла тангажа.

Разработки БПЛА, имитирующие двукрылых насекомых, развиваются, в основном, в направлении микроминиатюризации аппаратов. Здесь все достижения, видимо, еще впереди. Развитие технологий новых сверхлегких материалов, источников питания, наноэлектроники и интеллектуального управления в ближайшие годы позволят создать микроминиатюрные насекомоподобные БПЛА, приближающиеся к живым существам и по выполняемым функциям, и по размеру. Появятся (уже появляются) новые концепции управления коллективами микророботов, перед которыми можно будет ставить цели, ранее не достижимые, т.к. эти формации воздушных микророботов будут обладать большими возможностями в силу таких их качеств, как коллективная живучесть, способность многовариантного решения задач, незаметность перемещений, способность к массированным и непрерывным миссиям и т.д.

Пример разработки миниатюрного двукрылого энтомоптера показан на рис. 1.58. Это

микро-БПЛА Mabee (Monolithic Bee), разработанный Лабораторией микроробототехники Гарвардского университета (США). Его особенность в том, что он изготовлен по интегральной многослойной технологии. В основе – тонкая углепластиковая пластина, в которой лазером сделаны все необходимые вырезы, затем нанесено еще множество металлических и неметаллических слоев, формирующих необходимые электронные и микроэлектромеханические устройства, включая сенсоры, радиотехнические устройства и актуаторы крыльев [44].

Рис. 1.58. Энтомоптер Mabee – разработка Harvard Microrobotics Lab (США, 2011)

1.2.2.5. БПЛА аэростатического типа

БПЛА аэростатического типа (blimps) – это особый класс БПЛА, в котором подъемная сила создается преимущественно за счет архимедовой силы, действующей на баллон, заполненный легким газом (как правило, гелием). Этот класс представлен, в основном, беспилотными дирижаблями.

Дирижабль (от фр. dirigeable – управляемый) – ЛА легче воздуха, представляющий собой комбинацию аэростата с двигателем (обычно это винт (пропеллер, импеллер) с электрическим двигателем или ДВС) и системы управления ориентацией.

По конструкции дирижабли подразделяются на три основных типа: мягкий, полужёсткий и жёсткий [45].

В дирижаблях мягкого и полужёсткого типа оболочка для несущего газа мягкая, которая приобретает требуемую форму только после закачки в неё несущего газа под определённым давлением. В дирижаблях мягкого типа неизменяемость внешней формы достигается избыточным давлением несущего газа, постоянно поддерживаемым баллонетами – мягкими ёмкостями, расположенными внутри оболочки, в которые нагнетается воздух (рис. 1.59). Баллонеты, кроме того, служат для регулирования подъемной силы и управления углом тангажа (дифференцированная откачка/закачка воздуха в баллонеты приводит к изменению центра тяжести аппарата).

Дирижабли полужёсткого типа отличаются наличием в нижней части оболочки жесткой (в большинстве случаев на всю длину оболочки) фермы. В жёстких дирижаблях неизменяемость внешней формы обеспечивается жестким каркасом, обтянутым тканью, а газ находится внутри жёсткого каркаса в баллонах из газонепроницаемой материи. Жесткие дирижабли в беспилотном исполнении пока практически не применяются.

Рис. 1.59. Система баллонетов

Хорошим примером современного мягкого дирижабля является Skyship 600, разработанный в 1984 г. британской компанией Airship Industries (рис. 1.60). Skyship 600 изготовлен из кевлара и композитных материалов. Большинство построенных дирижаблей Skyship 600 были использованы в рекламных целях [46]. Он может использоваться как в пилотируемом, так и в беспилотном вариантах. В состав оснащения входят бортовые видеокамеры, которые позволяют производить круглосуточный мониторинг территорий. На летних Олимпийских

играх 2004 года дирижабль Skyship 600 применялся для видеонаблюдения.

Дирижабль Skyship 600 имеет, как и большинство дирижаблей, традиционную сигарообразную форму. Его основные параметры: длина: 66 м, высота: 22 м; объем оболочки: 7600 м

3 ; крейсерская скорость: 64 км / ч; потолок: 2100 м; дальность полета 644 км; двигатели: 2 х Porsche 930 мощностью по 255 л.с. Положением воздушного корабля можно управлять с помощью баллонетов, поворотных элементов хвостового оперения, а также с помощью двух отклоняемых импеллеров.

Малые мягкие беспилотные дирижабли выпускает множество фирм во всем мире. Они предназначены для управляемых полетов как внутри помещений (таких как выставочные залы, стадионы и т.д.), так и на открытом воздухе.

а

б

в

Рис. 1.60. Дирижабль Skyship 600, разработанный в 1984 г. британской компанией Airship Industries: а – у причальной мачты; б – в полете; в – отклоняемые импеллеры

На рис. 1.61 показан дешевый беспилотный дирижабль фирмы Minizepp (Швейцария). Емкости аккумулятора хватает этому аппарату на 10 часов полета. Его длина составляет 5 м. Дальность полета 300 км, предельная высота 3000 м, максимальная скорость 65 км/ч.

Наиболее типичные применения современных беспилотных дирижаблей – это реклама и видеонаблюдение. Однако в последние годы их все чаще заказывают телекоммуникационные компании для использования в качестве ретрансляторов сигналов. Существуют также проекты постройки дирижаблей очень большой грузоподъемности – 200-500 тонн [47].

Рис. 1.61. Дирижабль фирмы Minizepp (Швейцария, 2012)

Привлекают внимание новые концепты дирижаблей, имеющие, как правило, нетрадиционные форму оболочки и способ движения. Так, в России успешно испытаны дирижабли, имеющие не сигарообразную, а дисковидную форму. Беспилотные дирижабли линзообразной формы планирует выпускать ОАО "Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики" при поддержке "Рособоронэкспорта" и "Ростехнологий". Они будут иметь от 22 до 200 м в диаметре и смогут переносить до нескольких сотен тонн груза. Пока созданы лишь демонстрационные масштабные модели таких дирижаблей. Пример – успешно испытанная модель ДП-27 "Анюта" (рис. 1.62). Дисковидная форма этого аппарата обеспечивает устойчивость к боковому ветру, простоту управления и высокую маневренность этого многоцелевого беспилотного дирижабля. Диаметр корпуса судна – 17 м с объемом оболочки

– 522 куб. м, грузоподъемность – 200 кг, максимальная высота подъема достигает 800 м. С помощью 4 двигателей по 25 л.с. аппарат развивает скорость до 80 км/ч, бензобак объемом 40 л позволяет демонстратору осуществлять полёт на дистанцию 300 км. Данный образец предназначен для проверки конструкционных решений и систем управления, которые впоследствии будут применены на полномасштабном опытном дирижабле [48].

Рис. 1.62. Экспериментальный дирижабль "Анюта" Долгопрудненского конструкторского бюро автоматики (Россия, 2011)

В другой разработке российских дирижаблестроителей (компания "Локомоскай" в сотрудничестве с ульяновским ЗАО "Авиастар-СП" [47]) основной особенностью является то, что помимо объемов гелия в аппарате присутствует полость, заполняемая подогреваемым воздухом (идея, предложенная К.Э. Циолковским в 90-х гг. XIX века). Благодаря такой конструкции, позволяющей контролировать подъемную силу, аппарат сможет совершать не только вертикальный взлет, но и зависать в одной точке или садиться на любую ровную площадку – в отличие от классических дирижаблей, которым необходимы специальные мачты для причаливания. Для передвижения аппарата используются электродвигатели (рис. 1.63). Кроме этого, по краям дирижабля планируется расположить небольшие крылья, которые тоже будут создавать некоторую подъемную силу. Дискообразная форма позволяет обеспечить устойчивость под напором ветра (до 20 м/с) при зависании аппарата над определенной точкой. По расчетам, АТЛА (аэростатический термобалластируемый летательный аппарат) "Локомоскайнер" будет способен развивать скорость до 110 километров в час, а максимальная дальность его полета составит 3000 км.

Рис. 1.63. Демонстрационная модель "Локомоскайнера" (Россия, 2010)

Интересны гибридные концепты, в которых объединяются, как правило, аэростатическая и аэродинамическая подъемные силы. Обычные дирижабли иногда обозначают в англоязычных источниках как LTA (Lighter Than Air – легче воздуха). Гибридные аппараты несколько тяжелее воздуха, поэтому обозначаются как HTA (Heavier Than Air). Обычно они представляют собой гибрид дирижабля и самолета. Пример – аппарат Dynalifter DL-100 американской фирмы Ohio Airships (рис. 1.64). Для взлета и посадки аппарату нужна ВПП, однако это окупается очевидными достоинствами по сравнению с обычными дирижаблями: простота взлета и посадки без необходимости иметь специальные персонал и приспособления, устойчивость к ветровым нагрузкам, в том числе при нахождении на земле. В то же время сохраняется, как у всех дирижаблей, способность летать на очень низких скоростях при малых энергетических затратах [49].

Рис. 1.64. Гибридный аппарат Dynalifter DL-100 (США, 2012): а – взлет; б – распределение подъемной силы

В России несколько лет назад был разработан гибрид дирижабля, самолета, вертолета, а также судна на воздушной подушке (СВП) (рис. 1.65). Этот уникальный проект Сибирского научно-исследовательского института авиации (СибНИИА) и ОАО "Тюменьэкотранс" был

назван "БАРС" (Безаэродромный с Аэростатической Разгрузкой Самолет) [50]. Создателям БАРСа удалось в этом аппарате исключить недостатки дирижабля, самолета, вертолета и СВП, но сохранив их положительные качества. Так, например, были исключены такие недостатки: у дирижабля – парусность, необходимость иметь сложную систему обслуживания; у самолета – необходимость иметь аэродром; у вертолета – небольшую дальность и дороговизну перевозок. Применение же элементов СВП и несущего винта вертолета позволило обеспечить безаэродромность базирования и эксплуатацию с любой ровной поверхности (воды, болота, снега, грунта). Сохранение элементов самолета (несущие поверхности) и дирижабля (подъемный газ) позволило получить большую грузоподъемность, дальность и высокую экономичность перевозок. Грузоподъемность аппарата может достигать 500 тонн, крейсерская скорость – до 300 км/ч, а дальность полета составляет 3350-4500 км.

Рис. 1.65. Макет гибридного аппарата БАРС (Россия, 2012)

Среди серийно производимых беспилотных гибридов на базе дирижаблей стоит выделить интересную разработку итальянской фирмы Nimbus, которая представляет собой своеобразную комбинацию дирижабля и дельтаплана [51] (рис. 1.66). Очевидные достоинства аппарата: легкость, экономичность, способность летать на низких скоростях, бесшумность, простота транспортировки, низкая стоимость (в т.ч. обслуживания). Недостаток – невозможность работы при сильном ветре.

Рис. 1.66. Гибрид дирижабля и дельтаплана компании Nimbus (Италия, 2013)

Одним из самых успешных проектов в области разработки гибридных аппаратов, использующих одновременно аэростатический и аэродинамический принципы создания подъемной силы, является аппарат Р-791 американской компании Lockheed Martin [52] (рис. 1.67). Он разрабатывается как в пилотируемом, так и в беспилотном вариантах. Первый полёт прототипа этого воздушного судна состоялся в январе 2006 г. Для взлёта аппарату необходима взлётная полоса. В дирижабле Р-791 решена проблема надёжной посадки дирижабля – для этой цели используются 4 воздушные подушки-присоски. Аппарат обладает большой грузоподъёмностью – в новых моделях дирижаблей заложена возможность перемещения грузов массой до 1000 тонн (проект "Морж" (Walrus)).

Рис. 1.67. Гибридный аппарат компании Lockheed Martin (США, 2010)

1.2.3. Классификация БПЛА по летным параметрам

1.2.3.1. Классификация UVS International

Кроме принципа полета, для классификации БПЛА может быть использовано большое количество объективных критериев: взлетная масса, дальность, высота и продолжительность полета, размеры аппарата и т.д. [53].

Международной ассоциацией по беспилотным системам AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International, до 2004 она называлась Европейской ассоциацией по беспилотным системам – EURO UVS) была предложена универсальная классификация БПЛА, которая объединяет многие из названных критериев [9, 11, 54, 55]. В табл. 1.4 показана эта классификация с приведением англоязычных эквивалентов категорий и аббревиатур.

Таблица 1.4 Универсальная классификация БПЛА по летным параметрам

Группа	Категория	Взлетная масса, кг	Дальность полета, км	Высота полета, м	Продолжительность полета, ч	
рус. Малые БПЛА	англ. Nano-BPЛА Nano	< 0,025	< 1	100	1	
рус. Микро-БПЛА	англ. Micro-BPЛА Micro (?)	< 5	< 10	250	1	
рус. Мини-БПЛА	англ. Mini-BPЛА Mini	5-150*	< 10	150-300*	< 2	
Тактические	Легкие БПЛА для контроля переднего края обороны	Close Range (CR)	25-150	10-30	3000	
Легкие БПЛА с малой дальностью полета	Short Range (SR)	50-250	30-70	3000	3-6	
Средние БПЛА	Medium Range (MR)	150-500	70-200	5000	6-10	
Средние БПЛА с большой продолжительностью полета	Medium Range Endurance (MRE)	500-1500	> 500	8000	10-18	
Маловысотные БПЛА для проникновения в глубину обороны противника	Low Altitude Deep Penetration (LADP)	250-2500	> 250	50-9000	0,5-1	
Продолжение таблицы 1.4	Группа	Категория	Взлетная масса, кг	Дальность полета, км	Высота полета, м	Продолжительность полета, ч
рус. Тактические	англ. Low Altitude Long Endurance (LALE)	15-25	> 500	3000	> 24	
Средневысотные БПЛА с большой продолжительностью полета	Medium Altitude Long Endurance (MALE)	1000-1500	> 500	5000-8000	24-48	
Стратегические	Высотные БПЛА с большой продолжительностью полета	High Altitude Long Endurance (HALE)	2500-5000	> 2000	20000	24-48
Боевые (ударные) БПЛА	Unmanned Combat Aerial Vehicles (UCAV)	> 1000	1500	12000	2	
Специального назначения БПЛА, оснащенные боевой частью (летального действия)	Lethal (LET) (Offensive)	300	4000	3-4		
БПЛА - ложные цели	Decoys (DEC)	150-500	0-500	50-5000	< 4	
Стратосферные БПЛА	Stratospheric (STRA)	> 2500	> 2000	> 20000	> 48	
Экзостратосферные БПЛА	Exo-stratospheric (EXO)	-	-	> 30500	-	

* - зависит от ограничений, принятых в конкретной стране

Приведенная классификация распространяется как на уже существующие, так и на перспективные разрабатываемые БПЛА. В основном эта классификация сложилась к 2000 г., но с тех пор много раз пересматривалась. Ее и сейчас нельзя считать устоявшейся. Кроме того, многие особые типы аппаратов с нестандартными комбинациями параметров трудно отнести к какому-либо определенному классу. В некоторых версиях этой классификации специфичные для военного применения классы UCAV, Lethal и Decoys выделяют в отдельную группу БПЛА. Есть также тенденция, в связи с быстрорастущим числом гражданских применений БПЛА, вообще не подразделять БПЛА на стратегические и тактические.

На рис. 1.68 показаны примеры БПЛА, относящихся к категориям Мини и Микро. В примерах указаны страна и фирма-производитель и модель аппарата. В этих категориях встречаются аппараты с самыми различными принципами полета: самолетного, вертолетного типов, с гибким и машущим крылом, аэростатические. В категории Мини особую подгруппу составляют БПЛА аэростатического типа (Mini – Lighter-than-Air), т.к. формально их масса обычно не превышает 150 кг, но по объему они резко выделяются среди остальных. Категория Нано-БПЛА появилась в последние годы в связи с успехами создания сверхлегких (< 25 г) аппаратов (в т.ч. насекомоподобных – энтомоптеров).

Рис. 1.68. Примеры БПЛА, относящихся к категориям Мини и Микро (источник иллюстрации: [55])

БПЛА категорий Close Range и Short Range очень многочисленны (рис. 1.69). Типичные применения – разведка и корректировка огня артиллерии, постановка радиопомех. Для самолетных аппаратов этой категории обычным способом запуска является запуск с катапульты.

Категория БПЛА MR (Medium Range) представлена аппаратами самолетного, вертолетного типов или их гибридами (рис. 1.70).. В дополнение к задачам мониторинга, на них часто возлагают задачи ретрансляции радиосигналов для обеспечения связи наземных и воздушных объектов в радиусе порядка 200 км.

Рис. 1.69. Примеры БПЛА, относящихся к категориям Close Range и Short Range (источник иллюстрации: [55])

Рис. 1.70. Примеры БПЛА, относящихся к категории Medium Range (источник иллюстрации: [55])

От аппаратов предыдущей группы их отличает более мощная силовая установка, улучшенные аэродинамические характеристики и более сложная система управления.

В категории MRE (рис. 1.71) уже редко встречаются аппараты вертолетного типа, – она представлена в основном беспилотными самолетами. Их особенностью, как правило, являются особые аэродинамические параметры конструкции, способствующие экономичности полета.

Рис. 1.71. Примеры БПЛА, относящихся к категории MRE (источник иллюстрации: [55])

Отличительной особенностью категории БПЛА LADP (рис. 1.72) является высокая скорость аппаратов, предназначенных для быстрого проникновения в глубь территории противника. Основными функциями являются разведка и целеуказание. В качестве силовых установок используются реактивные двигатели.

Рис. 1.72. Примеры БПЛА, относящихся к категории LADP (источник иллюстрации: [55])

Аппараты группы LALE (рис. 1.73) предназначены для длительных полетов с целью разведки, видеосъемки, метеорологических и экологических наблюдений. Скорость полета составляет порядка 100-150 км/ч. Они отличаются небольшой массой и экономичной силовой установкой.

Рис. 1.73. Примеры БПЛА, относящихся к категории LALE (источник иллюстрации: [55])

БПЛА из категории MALE (рис. 1.74) занимают промежуточное положение между тактическими и стратегическим БПЛА. Обычно это многоцелевые аппараты. Кроме обычных функций разведки, наблюдения, наведения на цель, радиоретрансляторов, они могут нести на борту оружие (как правило, в виде высокоточных ракет), выполнять транспортные задачи (сброс или принятие груза в установленном месте).

БПЛА класса HALE (рис. 1.75) предназначены для выполнения стратегических задач. Наиболее известным в этой категории является американский аппарат Global Hawk. Как правило, в таких БПЛА совмещают разведывательные и ударные функции. Все фазы полета (включая взлет и посадку на ВПП) они могут выполнять в автоматическом режиме. Аппараты HALE невоенного назначения выполняют функции наблюдения, фотосъемки, ретрансляции сигналов и мониторинга атмосферы. Для обеспечения большой длительности полетов и экономичности аппарата энергетическую установку часто реализуют в виде электрической системы на основе электродвигателей, аккумуляторов и солнечных батарей.

Кроме HALE к стратегическим также относят БПЛА класса UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) (рис. 1.76). В России БПЛА этого класса называют беспилотными боевыми самолетами (ББС). ББС – это ударно-разведывательный БПЛА, который представляет собой беспилотный разведчик, способный одновременно вести разведку, поиск целей и их поражение.

Рис. 1.74. Примеры БПЛА, относящихся к категории MALE (источник иллюстрации: [55])

Рис. 1.75. Примеры БПЛА, относящихся к категории HALE (источник иллюстрации: [55])

Для этого аппарат несет высокоточное ударное вооружение. Характерными примерами таких машин являются американские аппараты Predator MQ-1B и Reaper MQ-9. ББС – это уже реальная боевая единица. Фактически он представляет собой беспилотный истребитель или штурмовик. Не случайно такие летательные аппараты предлагали делать на основе серийных пилотируемых самолетов, в частности, истребителей Lockheed Martin F-16 или штурмовиков Fairchild A-10. В настоящее время в России и за рубежом ведутся работы по целому ряду проектов ББС и их демонстрационных прототипов [56]. Так в России начаты работы по созданию ББС, базой для которого послужит новый истребитель пятого поколения ПАК-ФА Т-50 [57].

Современные ББС, кроме ракетного вооружения, отличаются наличием сложных радионавигационных систем, радиолокаторов (обычно на базе АФАР – активных фазированных антенных решёток), высокоэффективных средств наблюдения и передачи данных. Технология "стелс", которая используется в пилотируемых истребителях новых поколений и обеспечивает незаметность самолета для радаров противника, в ББС также используется, но в очень ограниченных объемах. Их живучесть обеспечивается более простыми методами – малыми размерами, соответствующей компоновкой, низким уровнем шума и камуфляжной окраской. Многие модели ББС предназначены для палубного базирования.

Узкоспециализированные категории Lethal и Decoys относятся исключительно к военным применениям. Иногда их не включают в классификацию, размещая модели аппаратов по вышеописанным категориям в соответствии с их взлетной массой и полетными параметрами.

БПЛА класса Lethal совмещают в себе функции разведывательного БПЛА и самонаводящейся бомбы или ракеты. При необходимости аппарат направляется на выбранный объект и уничтожает его. Существуют специальные модификации для разных целей: противотанковые, противорадарные, противокорабельные и др. Запуск таких аппаратов может производиться как с земли, так и с борта морского или воздушного судна (обычно с помощью катапульты или реактивного ускорителя).

БПЛА категории Decoys представляют собой летающие мишени, предназначенные для дезориентации наступательных средств противника, выполнения отвлекающих маневров с целью оценки реакции противника, а также для тренинга своего личного состава и испытаний авиатехники, ракет и радиоэлектронных средств.

Категории стратосферных (Strato) и сверхстратосферных (Exo Strato) аппаратов пока относятся не к производимым, а разрабатываемым аппаратам [58, 59]. Их назначением является длительное (в т.ч. непрерывное) наблюдение за поверхностью земли и состоянием атмосферы, ретрансляция сигналов. В некоторых областях применения такие БПЛА, видимо, будут способны составить конкуренцию орбитальным космическим аппаратам, а в некоторых проектах предполагается их совместное использование.

Количество существующих в мире разработок БПЛА весьма неравномерно распределено по указанным категориям. По данным [60] оно выглядит следующим образом (рис. 1.77).

Как видно из диаграммы, лидером по количеству разработок является категория Mini. Это вполне объяснимо, т.к. бурный прогресс в этом классе аппаратов обусловлен совпадением сразу нескольких благоприятных факторов. Во-первых, это относительная простота их эксплуатации и доступность (в том числе по стоимости) для большого числа конечных потребителей. Во-вторых, эти аппараты подходят для выполнения самых разнообразных задач, причем не только в военной области, но и в гражданских, и именно спрос на аппараты гражданского применения в основном стимулировал их разработки в последние годы. И в третьих, в последнее десятилетие созрели все необходимые условия для разработок и начала производства именно таких аппаратов – относительно небольших по массе и габаритам, но способных выполнять довольно серьезные задачи. К числу таких созревших предпосылок можно отнести: достижения в области микросистемной техники (в частности, появление гироскопов и акселерометров в микроминиатюрном исполнении), широкое внедрение систем глобального позиционирования (таких как GPS), появление других необходимых элементов для комплектования мини-БПЛА: эффективных видеокамер, бесколлекторных электродвигателей и соответствующих драйверов, энергоемких литий-полимерных аккумуляторов и др.

Рис. 1.77. Распределение разработок БПЛА по категориям

1.2.3.2. Российская универсальная классификация

Российская классификация отличается от предложенной UVS International по ряду параметров – некоторые классы зарубежной классификации отсутствуют в РФ, лёгкие БПЛА в России имеют значительно большую дальность и т. д. Согласно российской классификации, которая ориентирована преимущественно пока только на военное назначение аппаратов [61], БПЛА можно систематизировать следующим образом:

Микро- и мини-БПЛА ближнего радиуса действия – взлётная масса до 5 кг, дальность действия до 25-40 км;

Лёгкие БПЛА малого радиуса действия – взлётная масса 5- 50 кг, дальность действия 10-70 км;

Лёгкие БПЛА среднего радиуса действия – взлётная масса 50-100 кг, дальность действия 70-150 (250) км;

Средние БПЛА – взлётная масса 100-300 кг, дальность действия 150-1000 км;

Средне-тяжёлые БПЛА – взлётная масса 300-500 кг, дальность действия 70-300 км;

Тяжёлые БПЛА среднего радиуса действия – взлётная масса более 500 кг, дальность действия 70-300 км;

Тяжёлые БПЛА большой продолжительности полёта – взлётная масса более 1500 кг, дальность действия около 1500 км;

Беспилотные боевые самолёты – взлётная масса более 500 кг, дальностью около 1500 км.

1.2.3.3. Опционально пилотируемые ЛА и адаптированные пилотируемые ЛА

В документах AUVSI [55, 62] упоминаются термины OPA (Optionally Piloted Aircraft) и CM A (Converted Manned Aircraft). Они не относятся к вышеприведенной классификации, а просто указывают на морфологические особенности разработки: первый из терминов обозначает опционально пилотируемый ЛА (т.е. разработанный специально с таким расчетом, что может пилотироваться как летчиком, так и дистанционно), а второй – адаптированный ЛА (т.е. ранее созданный пилотируемый ЛА, преобразованный в беспилотный). В эти группы ЛА попадают достаточно тяжелые аппараты самолетного, вертолетного типа, а также некоторые модели аппаратов с мягким крылом и аэростатические. Примеры приведены на рис. 1.78.

Рис. 1.78. Примеры опционально пилотируемых БПЛА (источник иллюстрации: [55])

1.2.4. Классификация БПЛА по назначению

Во многих классификациях по назначению БПЛА разделяют на военные и гражданские. Однако, видимо, более логичным является подразделение [63], в котором БПЛА подразделяются вначале по укрупненным сферам использования, а именно – для научных целей и для прикладных целей; последние же подразделяются на БПЛА для военного и гражданского применения (рис. 1.79).

В научной сфере БПЛА используются для получения новых знаний, причем не имеет значения то, из какой области эти знания и где они потом будут применены. Это могут быть испытания новой техники (в т.ч. новых принципов полета) или наблюдения за природными явлениями.

Рис. 1.79. Укрупненное представление сфер применения БПЛА

Прикладная же область использования БПЛА представляет собой два основных направления – военное и гражданское.

Военные БПЛА по функциональному назначению можно классифицировать следующим образом [64] :

- наблюдательные (могут использоваться, в частности, для корректировки огня на поле боя);
- разведывательные;
- ударные (для ударов по наземным целям посредством ракетного вооружения);
- разведывательно-ударные;
- бомбардировочные;
- истребительные (для уничтожения воздушных целей);
- радиотрансляционные;
- БПЛА РЭБ (для целей радиоэлектронной борьбы);
- транспортные;
- БПЛА-мишени;
- БПЛА-имитаторы цели;
- многоцелевые БПЛА.

Гражданская область применения БПЛА весьма обширна. Отрасли и потребители услуг, предоставляемых с помощью БПЛА, также самые разные: от сельского хозяйства и строительства до нефтегазового сектора и сектора безопасности, а также научные организации, рекламные компании, средства массовой информации и отдельные граждане. Для систематизации обзора всего многообразия назначений гражданских БПЛА условно выделим 5 укрупненных групп, сформированных по критерию выполняемых функций (группы перечислены в порядке убывания частоты применения на сегодняшний день).

1. Мониторинг и подобные задачи.

Сюда входят все задачи, связанные с наблюдением за различными объектами, сбор измерительной и другой информации. Перечислим известные применения из этой группы:

- видеонаблюдение с целью охраны различных объектов;
- мониторинг лесных массивов службой лесоохраны;

- патрулирование заданных зон полицией;
- наблюдение за движением на железных и шоссейных дорогах, контроль судоходства;
- наблюдение за посевами фермерами и предприятиями сельского хозяйства;
- контроль рыбного промысла;
- картографирование земной поверхности;
- разведка и составление планов помещений с помощью малых БПЛА внутри разрушенных или опасных зданий;
- поиск полезных ископаемых с помощью специальных средств зондирования;
- мониторинг нефтегазовых объектов, особенно трубопроводов;
- инспектирование строек;
- видеофотосъемка труднодоступных промышленных объектов (линий электропередач, опор мостов, дымовых труб, ветрогенераторов, антенн и т.д.);
- радиационная и химическая разведка на опасных территориях;
- метеорологические наблюдения;
- экологический мониторинг атмосферы и поверхности водоемов;
- мониторинг опасных природных явлений (паводков, извержений вулканов, лавиноопасных горных районов и др.);
- оценка результатов стихийных бедствий и ликвидации их последствий;
- наблюдение за дикими животными в заповедниках.

2. Презентации, реклама, развлечения, творчество.

Эта группа применений БПЛА в настоящее время быстро расширяется благодаря деятельности многочисленных фирм и отдельных энтузиастов. Сюда можно отнести следующее:

- видео- и фотосъемка объектов архитектуры, природы, бизнеса, а также массовых мероприятий с целью презентации или рекламы;
- использование БПЛА в качестве носителей рекламы (например, на поверхности дирижабля);
- использование малых БПЛА в учебных целях в школах и вузах;
- авиамоделизм и авиаконструирование для многочисленных любителей;
- использование малых БПЛА в качестве арт-объекта или объекта развлечения.

3. Доставка грузов и подобные задачи.

Специфика этой группы применений позволяет называть используемые таким образом БПЛА воздушными роботами. Сюда, в частности, можно включить такие применения БПЛА как:

- доставка почты;

- доставка инструмента, комплектующих и материалов на строительные объекты;
- монтаж различных конструкций;
- выполнение или обеспечение ремонтных работ на труднодоступных объектах;
- распыление химикатов и внесение удобрений на полях;
- прокладка кабеля в опасных зонах;
- доставка продуктов, горючего, запчастей, источников питания и т.д. в труднодоступные районы для обеспечения альпинистов, туристов, экспедиций;
- сброс маркеров (световых, радиоизлучающих) для обозначения каких-либо объектов;
- доставка медикаментов и медоборудования для пострадавших в зоны аварий и катастроф;
- эвакуация пострадавших из зоны бедствия;
- эвакуация дорогостоящих материальных ценностей из опасных зон;
- доставка спасательных средств терпящим бедствие на воде;
- сброс взрывных устройств в горах для организации превентивного схода лавин;
- дозаправка или подзарядка автономно работающих труднодоступных устройств (буев, маяков, метеостанций, ретрансляционных станций и т.д.).

4. Ретрансляция сигналов и подобные задачи.

Сюда входят следующие применения (реализуемые обычно с помощью БПЛА вертолетного или аэростатического типов):

- ретрансляция радиосигналов с целью увеличения дальности действия каналов связи;
- использование БПЛА в качестве носителей осветительного оборудования;
- установка на борту громкоговорителей для воспроизведения звука: команд, музыки и т.п.;
- использование БПЛА в качестве площадки для генерации или отражения лазерного луча.

5. Управление поведением живых объектов.

Эти пока немногочисленные и довольно экзотические применения сводятся к следующему:

- использование БПЛА в качестве "пастуха": управление передвижением табунов лошадей, отар овец и т.д.;
- отпугивание стай птиц от аэродромов.

1.3. Беспилотные авиационные системы

1.3.1. Беспилотные авиационные системы и комплексы

Как уже указывалось в 1.2.1, необходимо различать понятия беспилотной авиационной системы (БАС) и беспилотного авиационного комплекса (БАК). Разница между ними заключается в том, что БАС является более широким понятием. БАК – это только совокупность материально-технических средств, необходимых для выполнения определенных функций. БАК включает один или несколько беспилотных ЛА, управляющее, транспортное оборудование, технические устройства, формирующие каналы связи и передачи информации, устройства обработки информации и др. [66].

Беспилотная авиационная система (БАС) включает в себя не только авиационный комплекс, но и дополнительные компоненты, формирующие связи различного вида между его элементами (рис. 1.80). Прежде всего это технический персонал и необходимое программное обеспечение (ПО). Еще один важный элемент БАС – средства интеграции с другими системами, позволяющие объединять несколько БАК в систему с единым управлением. Также в систему следует включить совокупность необходимой технической и регламентирующей документации [64].

Как правило, БАК поставляется с предприятия-изготовителя заказчику в виде законченного комплекса, полностью готового к применению. Но при необходимости этот комплекс может расширяться и интегрироваться в другие системы за счет дополнительных аппаратных и программных средств. Например, в состав поставляемого тактического БАК могут входить: БПЛА, специальный тягач с установленной на нем стартовой катапульты, мобильный командный пункт, выносимые антенно-фидерные устройства, включая ретрансляторы сигналов. Но этот комплекс может использовать не входящие в него: спутниковую систему глобального позиционирования, вспомогательный транспорт для перевозки людей и материальных ресурсов, ангары для хранения техники, инфраструктуру аэродромов включая радиолокационные средства и т.д. (рис.1.81).

Рис. 1.80. Обобщенная структура БАС

БПЛА, входящие в состав БАС и оснащенные соответствующей целевой нагрузкой, определяют ее специализацию. Среди гражданских систем наиболее распространены информационные, получающие в полете видео и фото данные, и передающие их на наземное оборудование для обработки. Для этого необходимо специализированное ПО, реализующее соответствующие алгоритмы.

Стартовые и посадочные средства могут включать в свой состав транспортные машины, пусковые установки, а также аппаратуру и оборудование для пред- и послеполетного контроля БПЛА. Эта часть комплекса обслуживается техническими расчетами, входящими в состав персонала БАС.

Рис. 1.81. Взаимодействие различных элементов БАС

Пункты управления, объединяющие в себе аппаратуру и оборудование для разработки программ полетов БПЛА, полетного контроля их технического состояния, радиокомандного управления выполнением полетных заданий, а также для сбора, обработки и передачи информации, функционируют с помощью расчетов управления, включающих в себя

командира расчета и операторов соответствующих специализаций.

Пункты управления в зависимости от масштаба возложенных на систему задач различаются по организации и исполнению. Так, для управления БПЛА стратегического и тактического назначения чаще всего применяют стационарные пункты управления (рис. 1.82). Для управления БПЛА оперативного назначения целесообразно размещать пункты управления на мобильных платформах – на автомобилях (рис. 1.83) или кораблях, а для управления легкими аппаратами небольшого радиуса действия вообще чаще всего используют носимые портативные комплекты, быстро разворачиваемые и собираемые в полевых условиях (рис. 1.84).

Рис. 1.82. Примеры организации рабочих мест операторов на стационарных пунктах управления БАС

а

б

в

Рис. 1.83. Пример мобильного пункта управления (БАК "Дозор" – разработка ЗАО "Транзас", С.-Петербург): а – комплекс в походном состоянии; б – рабочее место пилота-оператора; в – пункт управления с развернутой антенно-фидерной системой

Рис. 1.84. Управление малыми БПЛА в полевых условиях

Вспомогательные обеспечивающие средства предназначены для подготовки БПЛА к полету, обслуживания БПЛА после полета, проведения текущих регламентных и ремонтных работ, а также для хранения средств комплекса. Эта группа средств не входит в состав БАК, но обслуживается персоналом, входящим в состав технического расчета.

1.3.2. Планирование действий БАК

Хотя полезная нагрузка современных БПЛА может иметь самое разнообразное назначение,

основной задачей при управлении функционированием БАК является планирование траекторий полета и пилотирование БПЛА по этим траекториям. С учетом того, что БАК имеет в своем составе, как правило, не один, а два и более БПЛА, а многие небольшие комплексы (включая пункты управления) мобильны, то возникает задача планирования действий нескольких подвижных компонентов.

Задачи первого типа в настоящее время хорошо проработаны, существует большое количество систем автоматического управления, управляющих как подсистемами, так и целыми БПЛА в программных и командных режимах [67]. Ко второму типу относятся принципиально иные задачи, и в первую очередь, задача планирования групповых действий мобильных объектов, суть которой заключается в определении действий каждого объекта в составе группы для достижения поставленной перед БАК цели.

Один из подходов к решению такой задачи – представить весь комплекс как единый объект управления. В этом случае каждый компонент должен постоянно передавать в центральный процессорный узел (ЦПУ) информацию о своем текущем состоянии и текущем состоянии окружающей его среды [68]. На основе этой информации ЦПУ определяет текущие действия компонентов и передает команды на выполнение этих действий на их исполнительные системы (рис. 1.85, а).

Такой метод реализуется в настоящее время в глобальных станциях управления. Постоянная связь между всеми компонентами осуществляется через глобальные спутниковые системы. Координаты всех управляемых БПЛА (оснащенных аппаратурой спутниковой связи) непрерывно отслеживаются, а командные сигналы управляющей платформы транслируются на них. Таким образом, созвездие спутников выступает в роли двустороннего канала связи между управляющим и управляемыми компонентами.

а

б

Рис. 1.85. Варианты структур системы планирования действий БАК: а) централизованная, б) распределенная;

$R_{j,j} = 1, n$ – подвижные компоненты комплекса; E – окружающая среда; S_j и A_j – вектор-функции, описывающие текущее состояние и действия j -го компонента соответственно

Очевидно, что направление дальнейшего развития систем такого типа имеет преимущественно военное (государственное) значение. Соответственно, трудности решения многомерной задачи по управлению n мобильными объектами будут возложены на вычислительную машину, обладающую высочайшим быстродействием (и стоимостью), что трудно реализуемо в гражданских областях. При этом отметим так же, что сбои в работе центральной вычислительной машины или серьезные помехи, нарушающие связь объектов управления со спутниками могут повлечь за собой потерю контроля над управляемыми БПЛА.

Хорошим примером является единая автоматизированная система одновременного управления несколькими типами БПЛА ZaNET, разработанная компанией ZALA AERO (г. Ижевск), обеспечивает возможность пользователю управлять множеством БПЛА с любой

точки земли (рис. 1.86). Использование системы целесообразно, когда место запуска БПЛА и место получения целевой информации с борта и управление им необходимо географически разнести.

ZaNET представляет собой единую автоматизированную систему управления тактическим БАК с возможностью интеграции в общую систему управления войсковыми соединениями.

Платформа позволяет управлять несколькими типами БПЛА одновременно, при этом отдельная оперативная группа посредством наземной станции управления (НСУ) может получать информацию (видео/фото) от беспилотных аппаратов, выполняющих полетное задание в другом районе и управляемых с другой НСУ, централизованно анализируя поступающую информацию для принятия оперативных решений. При этом НСУ интегрируется в сеть как сервер с защищенным доступом.

Все БПЛА и наземные станции управления связаны между собой посредством Ethernet-радиоканала связи. Также доступно удаленное управление БПЛА с разделением прав пользователей [69].

Другим примером является проект SMAVNET (Swarming Micro Air Vehicle Network) швейцарского института EPFL в г. Лозанне [70]. Он посвящен созданию управляемых групп согласованно работающих малых беспилотных самолетов, которые могут обмениваться информацией между собой по протоколу ZigBee (рис. 1.87).

Рис. 1.86. Автоматизированная система ZaNET, предназначенная для одновременного управления несколькими типами БПЛА

Управление этими летающими роботами осуществляется централизованно; т.е. с наземного пункта управления команда передается на один из БПЛА, а затем она распространяется в "стае" благодаря локальной сети. На каждом самолете установлена мобильная платформа Toradex Colibri PXA270, а в качестве операционной системы используется Linux.

Рис. 1.87. SMAVNET – система управления "стаей" БПЛА на основе протокола ZigBee

К этому же классу централизованных управляемых систем можно отнести большую часть других часто упоминаемых в иностранной литературе "стай" (swarms). Часто в таких системах функцию ЦПУ выполняет смартфон или ноутбук [71]. Подобные примеры демонстрируют наряду с самой возможностью управления несколькими малоразмерными БПЛА с помощью одного портативного устройства проблему нехватки алгоритмического обеспечения для таких групповых полетов.

Существует другой подход планирования действий комплекса: каждый компонент должен самостоятельно решать задачу планирования своих действий на основе информации о текущей ситуации в среде, текущих состояниях и действиях других компонентов комплекса на небольшой интервал времени вперед [68].

Такой метод коллективного планирования действий может быть реализован с помощью распределенной (децентрализованной) системы, в которой каждый компонент R_j обладает своим процессорным узлом $ПУ_j$ (рис. 1.85, б). Процессорные узлы всех компонентов комплекса связаны между собой информационными каналами по принципу «каждый с

каждым», по которым передается информация о текущих состояниях J • остальных компонентов и выбираемых ими действиях.

Такой подход ориентирован на управление группой однотипных объектов, стремящихся выполнить одну общую цель. Объединение информационно-управляющих комплексов нескольких БПЛА в единую сеть позволяет производить комплексную обработку всей получаемой информации, а распределенная структура системы повышает ее надежность [72]. Один из обязательных принципов траекторного управления такой группой состоит в соблюдении некоторых установленных дистанций между управляемыми БПЛА, как и то, что все они являются взаимозаменяемыми с точки зрения достижения поставленной перед комплексом цели. В более сложных ситуациях (различные БПЛА и закономерности их взаимодействия друг с другом) требуется более сложная система управления комплексом [73].

1.3.3. Система управления БАК

Всю систему автоматического управления авиационным комплексом (АК) можно представить в виде иерархической структуры, показанной на рис. 1.89. Здесь стрелками показаны сигналы: управляющие (сверху вниз) и информационные (снизу вверх). На рисунке показаны три уровня автоматического управления АК и модели, используемые при формировании управляющих воздействий, а также верхний уровень управления, всю работу на котором выполняет человек-оператор. Следует отметить, что оператор, как правило, имеет возможность управлять любым из низлежащих уровней, задавая:

- текущую задачу для СУАК;
- действие для конкретного БПЛА;
- требуемое значение какого-либо параметра состояния БПЛА.

При этом всю необходимую информацию о состоянии компонентов БАК (помимо визуальной из окружающего пространства) оператор получает через средства отображения информации (СОИ), как правило, входящие в состав СУАК.

Рис. 1.89. Уровни управления авиационным комплексом

На уровне оператора используется модель авиационного комплекса, включающая описание:

- задач, которые способен выполнять комплекс;
- условий применения и областей достижимости АК;
- имеющихся ЛА, их полезной нагрузки и центральной системы управления комплексом;
- коммуникаций между компонентами комплекса.

Модель АК как средства для решения некоторого множества задач можно представить следующим образом:

$$\text{Mod } (1) = \{T, E, R\}, (1.1)$$

где $T = (T_1, T_2, \dots, T_q)$

– множество задач, выполняемых комплексом;

$E = (E_1, E_2, \dots, E_j)$

– параметры состояния окружающей среды (условия применения комплекса);

$R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$

– множество компонентов, составляющих АК: ЛА, взлетно-посадочные устройства; устройства связи и управления.

На этом уровне решаются следующие задачи:

- назначение задачи сеанса функционирования АК;
- назначение конкретных ЛА для использования;
- обозначение основных ограничений и дополнительных условий.

Критерием качества управления на этом уровне может служить способность БАК выполнить поставленную задачу (совокупность задач) в определенных условиях за ограниченное время ($t \leq t_{\text{зад}}$)

$I(1) = \{T, E, t\}$.

Система управления АК может иметь различное базирование [66], но наземное расположение является самым простым и распространенным. На этом уровне используются модели описания:

- ЛА в составе комплекса, их основных ЛТХ и функциональных возможностей, а также динамических характеристик других подвижных компонентов;
- назначенной задачи сеанса функционирования комплекса;
- количества ЛА, а также степень возможной замены одних компонентов (например, вышедших из строя) другими. Модель АК как совокупности разнородных компонентов, решающих свои собственные задачи в рамках общей стоящей перед комплексом цели можно представить следующим образом:

$\text{Mod}(2) = \{S, A, J, E\}, (1-2)$

где $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$

– множества параметров состояний компонентов комплекса, прежде всего координат их местонахождения;

$A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ – множества действий компонентов, включая алгоритмы решения типовых задач из множества T ;

$J = (J_1, J_2, \dots, J_n)$

– множества действий компонентов, включая алгоритмы решения типовых задач из множества T ;

$E = (E_1, E_2, \dots, E_j)$

– параметры состояния окружающей среды (условия применения комплекса);

$R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$

– множество компонентов, составляющих АК: ЛА, взлетно-посадочные устройства; устройства связи и управления.

n) – множества, характеризующие каждый компонент в качестве исполнителя подзадач из множества T . При этом необходимо учесть летно-технические характеристики имеющихся БПЛА и их целевой нагрузки для выполнения конкретной задачи [74].

Решаемые задачи:

- построение решения поставленной перед АК задачи в виде совокупности подзадач, решаемых каждым ЛА в составе комплекса;
- составление плана полета для каждого ЛА, а также перечня действий в определенных точках с учетом топливно-временных ограничений;
- согласование движения нескольких ЛА в составе АК, если это необходимо.

Критерий качества управления на этом уровне можно сформулировать как оценку решения каждым БПЛА поставленной перед ним задачи с определенным уровнем эффективности:

$$I(2) = \{T, J\}$$

Следующие два уровня реализуются непосредственно на борту ЛА. Соответственно, перечисленные ниже характеристики могут иметь количественные различия в зависимости от типоразмера и выполняемой ЛА задачи.

Траекторный уровень управления содержит подробное описание движения ЛА, в том числе и возможный разброс значений основных параметров при их выполнении. Таким образом, модели этого уровня содержат следующие сведения:

- математическое описание пространственного движения ЛА как материальной точки;
- предельные значения скоростей и эйлеровых углов при выполнении типовых маневров;
- требования к точности выдерживания заданной траектории;
- требования к выдерживанию определенных дистанций между несколькими одновременно выполняющими полет ЛА.

Модель компонента АК (летательного аппарата), как материальной точки, выполняющей определенные действия в окружающей среде, можно представить следующим образом:

$$\text{Mod}(0) = \{S$$

j, A

$$j, E\}, (1.3)$$

где $S_j = (s_{1j}, s_{2j}, \dots, s_{mj})$ – параметры состояния компонента

$R_j, j = 1, n$

t – количество переменных, описывающих состояние компонента;

$A_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{hj})$ – действия, которые может выполнять компонент комплекса R_j для изменения окружающей среды и собственного состояния;

h – количество таких действий.

Решаемые задачи:

- расчет конкретных значений параметров типовых участков траекторий исходя из ЛТХ ЛА и специфики решаемой задачи;
- предотвращение опасных сближений и потерь ЛА;
- обеспечение выполнения запланированных действий на каждом участке траектории.

Эффективность управления на этом уровне можно сформулировать как отработку заданных действий за заданное время с заданной точностью (Q):

$$I(3) = \{A, Q, t\}.$$

На нижнем уровне управления обеспечивается отработка всех действий ЛА, рассчитанных на траекторном уровне. Соответственно, модель этого уровня содержит:

- математическое описание пространственного движения ЛА как твердого тела;
- законы управления отдельными параметрами движения ЛА;
- предельные значения некоторых величин, подлежащих ограничению.

Модель ЛА, как объекта управления, можно представить в следующем виде:

$$\text{Mod}(4) = \{U$$

$$j, X_j, S$$

$$j\} \quad (1.4)$$

где U_j – множество управляющих воздействий;

X_j – множество выходных параметров.

Решаемые задачи:

- формирование управляющих воздействий, передающихся для отработки в САУ;
- ограничение предельных значений заданных величин.

Задачи этого уровня решаются традиционными методами теории автоматического управления, поэтому качество их решения может быть выражено показателями качества переходных процессов всех задействованных САУ:

$$I(4) = \{?, t_{\text{рег}}, ?\},$$

где ? – перерегулирование;

$t_{\text{рег}}$ – время регулирования;

? – статическая точность.

Источники информации по главе 1:

1. Портал новостей по аэрокосмической и оборонной тематике. <http://www.shephardmedia.com/news/uv-online>
2. The Free Dictionary <http://www.thefreedictionary.com/Unmanned+Aerial+Vehicle>
3. Международный портал по беспилотным системам UVS-info. <http://www.uvs-info.com>
4. Fitzpatrick B.G. Max Plus Decision Processes in Planning Problems for Unmanned Air Vehicle Teams // Recent Advances in Research on Unmanned Aerial Vehicles / Fahroo F. et al. (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013.-P. 31.
5. Marks P. From sea to sky: Submarines that fly. 05 July 2010 // Портал New Scientist, <http://www.newscientist.com/article/mg20727671.000-from-sea-to-sky-submarines-that-fly.html#Ud2xGqxyzcba>
6. Transforming unmanned aerial-to-ground vehicle/ US Patent 8205820. Publ. Jun 26, 2012.
7. Yamauchi B., Rudakevych P. Griffon: A Man-Portable Hybrid UGV/UAV // Industrial Robot, vol. 31, no. 5, pp. 443-450, 2004.
8. Ijspeert A.J., Crespi A., Ryczko D., Cabelguen J.-M. From Swimming to Walking with a Salamander Robot Driven by a Spinal Cord Model // Science, 9, March 2007. – Pp. 1416-1420.
9. Bento M. Unmanned aerial vehicles: an overview // Inside GNSS. – 2008. – №1. – P. 54-61. <http://www.insidegnss.com/auto/janfeb08-wp.pdf>
10. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования // Сайт компании "Ракурс". http://www.racurs.ru/wwdownload/articles/UA_V_1.pdf
11. Заблотский А., Ларинцев Р. БПЛА: первое знакомство // Авиация и время. – 2008. – №2 // Онлайн-библиотека Litrus.net. <http://litrus.net/book/read/164811?p=15>
12. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение, 1995.
13. Сайт "Военное обозрение", <http://topwar.ru/8293-bespilotnyy-ucas-x-47b-smert-v-lyuboy-ugolok-planety.html>
14. Сайт "Самолёты вертикального взлёта и посадки". <http://p-ln.ru/sitemap.html>
15. Ружицкий Е.И. Европейские самолеты вертикального взлета. – М.: ООО "Издательство Астрель", 2000; ООО "Издательство АСТ", 2000 (Популярное издание. Серия "Современная авиация")
16. Википедия. Самолет вертикального взлета и посадки https://ru.wikipedia.org/wiki/Самолет_вертикального_взлета_и_посадки
17. AeroVironment Glossary / SkyTote. http://www.avinc.com/glossary/sky_tote
18. Kim G.-H., Jeong Y.-D., Park S.O. Measurement and prediction of control vane force in the wake of a shrouded propeller system // Proceedings of the 27th International congress of the aeronautical sciences, 19-24 Sept., Nice, France.- P. 1-7. http://www.icas.org/ICA_SARCHIVE/ICAS2010/PAPERS/265.PDF

19. Proof of Flight – Development of a Tailsitter UAV for UAVForge competition.
<http://www.youtube.com/watch?v=vP4FVLK4sdw>
20. Авиация: Энциклопедия / Гл. ред. Г.П. Свищев. – М.: Большая Российская Энциклопедия. 1994.
21. Скоренко Т. Окольцованный самолет: кольцоплан // Интернет- портал "Популярная механика". <http://www.popmech.ru/article/6825-okoltsovannyiy-samolet>
22. Уголок неба: авиационная энциклопедия. <http://www.airwar.ru/enc/attack/av8.html>
23. Создан тяжелый беспилотник для боев в городе // Интернет-издание CNews. <http://www.cnews.ru/newtop/index.shtml?2006/10/06/213068>
24. Franchi P. Mystery surrounds new BattleHog close air support vertical take-off and landing UAV and its creators American Dynamics. 11 Sep 2006 // Новостной портал Flight Global. <http://www.flightglobal.com/news/articles/mystery-surrounds-new-battlehog-close-air-support-vertical-take-offand-landing-uav-and-its-creators-american-dynamics-208932>
25. Сайт компании Aurora Flight Sciences. <http://www.aurora.aero/Media/Gallery/Excalibur.aspx>
26. Сайт компании Frontline Aerospace <http://frontlineaerospace.com/sites/default/files/pdfs/VSTARGuideweb24.pdf>
27. Популярная библиотека физических эффектов. Эффект Коанда. <http://magicinventions.com/physics/koandy-effect.html>
28. Сайт British Aviation – Projects to Production. <http://britishaviation-ptp.com/aesir.html>
29. CoppingerR. Aesir unveils Hoder UAV for resupply missions. 30 Jul 2009 // Новостной портал Flight Global. <http://www.flightglobal.com/news/articles/aesir-unveils-hoder-uav-for-resupply-missions-330339>
30. Сайт компании Atair Aerospace, <http://www.atair.com/leapp>
31. Беспилотный мотодельтаплан ШАХИД-1. <http://ru.similarsites.com/goto/swd4w.narod2.ru>
32. Сайт компании Prioria Robotics, <http://www.prioria.com>
33. Богданов Ю.С., Михеев Р.А., Скулков Д.Д. Конструкция вертолетов. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
34. The GBA Gyrodyne Concept. <http://www.groenbros.com/gyrodynetechnology.php>
35. Википедия. Автожир, <http://ru.wikipedia.org/wiki/Автожир>
36. Русскоязычный форум по автожирам, <http://rotorcraft.unoforum.ru>
37. Братухин И. П. Автожиры. Теория и расчёт. – Госмашметиздат, 1934. – 110 с. <http://twistairclub.narod.ru/bratgyro/contents.htm>
38. Жабров А. А. Автожир и геликоптер. – 2-е изд. – ЦС ОСОАВИАХИМа СССР, 1939. <http://twistairclub.narod.ru/zabrov/index.htm>

39. Сайт компании "Рустехресурс". <http://www.rustrain3d.ru/avtozhirhimik.shtml>
40. Спицын В. Что такое конвертоплан? // Сайт "Город Воркута". <http://www.vorcuta.ru/articles-transportaerol.htm>
41. Сайт компании American Dynamics Flight Systems. <http://www.adflightsystems.com/Gallery.shtml?igid=10036>
42. Сайт компании Flight Technologies, <http://freewing.net/index.html>
43. Abdul Razak N., Dimitriadis G. Flapping Flight Aerodynamics for flying animals. <http://orbit.ulb.ac.be/bitstream/2268/100998/1/Presentation1.pdf>
44. Harvard Microrobotics Laboratory. Research overview. <http://micro.seas.harvard.edu/research.html>
45. Арие М. Я. Дирижабли – Киев: Наук, думка, 1986. – 264 с. <http://publib.ru/ARCHIVES/A/ARIEMihailYakovlevich/ArieM.Ya..html>
46. Сайт компании Skyship Services, <http://www.skyshipservices.com>
47. Сайт компании "Локомоскай". <http://www.locomosky.ru/presscenter/massmedia/89>
48. Сайт ОАО "Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики". <http://www.dkba.ru>
49. Сайт компании Ohio Airships, <http://www.dynalifter.com/index.html>
50. Сайт Содружества авиационных экспертов Aviation Explorer. <http://www.aex.ru/docs/3/2012/11/19/1673/print>
51. Сайт компании Nimbus. <http://www.nimbus.aero/archive/Home.html>
52. Сайт компании Lockheed Martin. <http://www.lockheedmartin.com/us/products/p-791.html>
53. Arjomandi M. Classification of unmanned aerial vehicles: Techn. overview. The Univ. of Adelaide, Australia. 2011. <http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/maziar.arjomandi/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2006/group9.pdf>
54. Blyenburgh P. UAVs – Current Situation and Considerations for the Way Forward // Defense Technical Information Center, Paris, France. 2000. Compilation Part Notice ADP010752. – 27 p. <http://ftp.rta.nato.int/public/PubFulltext/RTO/EN/RTO-EN-009/EN-009-01.pdf>
55. Blyenburgh P.: Unmanned Aircraft Systems. The Current Situation// EASA Workshop on UAV, EASA, 2008. <http://www.easa.europa.eu/wsprod/g/doc/Events/2008/February/Overview%20of%20the%20UAV%20Industry%20%28UVS%29.pdf>
56. Белкин В., Мельник П. Беспилотные боевые самолеты и боевая авиация 6-го поколения. – Серия статей в ж-ле "Авиапанорама", № 6, 2008, №№ 1-3, 2009 и в Интернет-издании "UAV.ru – Беспилотная авиация".

- <http://aviapanorama.su/2008ZI/1/bespilotnye-boevye-samolety-i-aviaciya-6-gopokoleniya>;
<http://aviapanorama.su/2009/02/bespilotnye-boevye-samolety-i-boevayaaviaciya-6-go-pokoleniya>;
<http://aviapanorama.su/2009/04/bespilotnye-boevye-samolyoty-i-boevaya-aviaciya-6-go-pokoleniya>;
- <http://aviapanorama.su/2009/05/boevye-bespilotnye-samolety-i-boevaya-aviaciya-6-go-pokoleniya>;
<http://uav.ru/articles/6gen.pdf>
57. Россия начинает разработку боевого беспилотника на базе истребителя пятого поколения ПАК-ФА Т-50 // Новостной Интернет-ресурс DailyTechInfo, 4 сентября 2013 / Военные технологии. <http://www.dailytechinfo.org/military/5143-rossiya-nachinaet-razrabotku-boevogo-bespilotnika-na-baze-istrebitelya-pyatogo-pokoleniya-pak-fa-t-50.html>
58. Everaerts J., Lewyckij N., Fransaer D. Pegasus: Design of a stratospheric long endurance UAV system for remote sensing // Proc. of XXXV Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm2/papers/93.pdf>
59. Сайт компании Aurora Flight Sciences. <http://www.aurora.aero/Media/Gallery/MarsFlyer.aspx>
60. Blyenburgh, P. (ed.) The Global Perspective 2011/2012 // Proceeding of the Annual UAS Conference, 9th edition, Blyenburgh and Co, Paris, 2011.
61. Российский сайт о ракетной технике и технологии MISSILES.RU. <http://www.missiles.ru/UA/Vjclass.htm>
62. Blyenburgh P. RPAS: The European Approach // Proceedings of RPAS Symposium, FH-Johanneum, Graz, Austria – 28 May 2013. [http://uvs-info.com/phocadownload/022ckFH-JohanneumRPAS Symposium/1vanBlyenburgh RPAS-EuroApproach 130528 V2.pdf](http://uvs-info.com/phocadownload/022ckFH-JohanneumRPAS%20Symposium/1vanBlyenburghRPAS-EuroApproach130528V2.pdf)
63. Дружинин Е.А., Яшин С.А., Крицкий Д.Н. Анализ влияния функционального назначения и зон применения на структуру и характеристики безопасных к использованию в воздушном пространстве БАР // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2012. – № 54. – С. 60-67. <http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/vikit/201254/p60-67.pdf>
64. Ростопчин В.В. Современная классификация беспилотных авиационных систем военного назначения // Интернет-издание UAV.ru – Беспилотная авиация, <http://uav.ru/articles/bas.pdf>
65. Сайт о мультикоптерах. <http://multicopter.ru/microcopter>
66. Моисеев В. С., Гущина Д. С., Моисеев Г. В. Основы теории создания и применения информационных беспилотных авиационных комплексов: Монография. – Казань: Изд-во МОиН РТ. – 2010. – 196 с. (Серия «Современная прикладная математика и информатика»),
67. Салычев О. С. Автопилот БПЛА с Инерциальной Интегрированной Системой – основа безопасной эксплуатации беспилотных комплексов. http://www.teknol.ru/trash/uavautopilot_salychev2602182965.pdf
68. Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов / под общей ред. Е. И. Юревича / И. А. Каляев, В.М. Лохин, И. М. Макаров и др. – М.: Машиностроение, 2007. – 360 с.

69. Система ZANET – Группа компаний ZALA AERO <http://zala.aero/ru/uavs/1284015065.htm>

70. Hauert S., Leven S., Zufferey J.-C., Floreano D. The Swarming Micro Air Vehicle Network <http://lis2.epfl.ch/CompletedResearchProjects/SwarmingMAVs>

71. Drone Swarm: Networks of Small UAVs Offer Big Capabilities.
<http://www.defensenews.com/article/20130612/C4ISR/306120029/Drone-Swarm-Networks-Small-UAVs-Offer-Big-Capabilities>

72. Бабиченко А.В., Бражник В.М., Герасимов Г.И., Горб В.С., Гушин Г.М., Джанджгава Г.И., Кавинский В.В., Негриков В.В., Орехов М.И., Полосенко В.П., Рогалев А.П., Семаш А.А., Шелепень К.В., Шерман В.М. Патент РФ на изобретение № 2232102. Распределенный информационно-управляющий комплекс группы многофункциональных летательных аппаратов. Заявка: 2003130782/11, 21.10.2003; опубликовано: 10.07.2004.

73. Неугодникова Л. М. Распределенная система управления гражданским беспилотным авиационным комплексом // Авиакосмическое приборостроение. – 2013,- № 11. – С. 50-58.

74. Ростопчин В. В. Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки. // Интернет-издание UAV.ru – Беспилотная авиация. http://uav.ru/articles/basic_uav_efficiency.pdf

cuav efficiency.pdf

Глава 2. Обзор современного мирового рынка беспилотных авиационных систем

2.1. Распределение мирового рынка БАС

В отличие от других оборонных рынков со сравнительно невысокой динамикой, рынок беспилотных систем меняется достаточно быстрыми темпами и демонстрирует значительный рост.

Армиями многих стран мира на вооружение каждый год принимается огромное число беспилотных летательных аппаратов, автоматически управляемых наземных машин, роботизированных подводных аппаратов и беспилотных катеров. За последние пять лет интерес оборонных заказчиков к беспилотным системам значительно вырос, что привлекло на этот рынок сотни поставщиков, предлагающих не только готовые платформы, но и разнообразные программные продукты, датчики, коммуникационные решения и т.д.

Сектор БПЛА считается самым крупным и наиболее зрелым сегментом рынка беспилотных систем. В оборонной отрасли найдётся очень немного технологических направлений, по которым в последние годы был достигнут столь же значительный прогресс. БПЛА проделали действительно большой путь: от простейших дронов, использовавшихся преимущественно для наблюдения, до передовых летающих оружейных комплексов, способных обнаруживать, сопровождать и поражать цели при участии оператора, находящегося за тысячи километров от места событий. В настоящее время к основным задачам БПЛА относятся разведка, наблюдение и сбор информации (Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance – ISR), а также нанесение высокоточных ударов. Однако набор задач, которые могут решать военные БПЛА, гораздо шире, не говоря уже о гражданских применениях. Так, например, список типов БПЛА

из портфеля заказов Министерства обороны США довольно разнообразен и продолжает расширяться (рис. 2.1) [1].

По оценкам Центра анализа мировой торговли оружием (г. Москва), в 2012-2015 гг. объем мирового экспорта БПЛА составит более 5 млрд. долл. (1,8 % от прогнозируемого объема продаж всех типов вооружений и военной техники). Для сравнения: в 2004-2011 гг. объем мировых продаж БПЛА составлял 3,52 млрд. долл. (1 % мирового рынка вооружений), в том числе 0,784 млрд. долл. в 2004-2007 гг. и 2,735 млрд. долл. в 2008-2011 гг.

Рис. 2.1. Затраты Министерства обороны США на беспилотные аппараты разных типов

Примерно 80 % от суммы продаж БПЛА приходится на беспилотные платформы, способные к долговременным полётам на больших (High Altitude Long Endurance – HALE) и средних (Middle Altitude Long Endurance – MALE) высотах. Причем беспилотники классов HALE и MALE нужны не только военно-воздушным силам. Так, в США ощутимый вклад в рост сегмента БПЛА дала программа BAMS (Broad Area Maritime Surveillance – морская разведка больших акваторий), реализуемая под эгидой ВМФ США, а также самолёт увеличенного радиуса действия ERMP (Extended Range, Multi Purpose), разрабатываемый для армии США. Как можно видеть, БПЛА, способные совершать длительные полёты, востребованы в разных родах войск.

Рост спроса наблюдается не только на платформы типа MALE и HALE, но и на малые и тактические БПЛА. В 2013 году полные затраты Министерства обороны США по двум последним направлениям составили около 12 % от общей суммы закупок БПЛА. К небольшим беспилотным самолётам "обычного" (невертикального) взлёта и посадки относятся, в частности, системы RQ-11 Raven B, производимые компанией AeroVironment, и аппараты RQ-7 Shadow 200 компании AAI Corporation.

Ещё один класс беспилотных летательных аппаратов, который постоянно закупается оборонным ведомством Соединённых Штатов – это платформы вертикального взлёта и посадки (Vertical Take Off and Landing – VTOL). По сравнению с другими воздушными беспилотниками, такие летательные аппараты обладают рядом преимуществ, которые особенно ярко проявляются в двух случаях: при ведении боевых действий в населённых пунктах и при базировании J1A на кораблях. В качестве примеров можно назвать платформу MAV (Micro Air Vehicle) компании Honeywell, принятую на вооружение в ограниченных количествах и которую, в частности, использовали для поиска самодельных взрывных устройств в иракских городах, а также беспилотный летательный аппарат корабельного базирования MQ-8B Fire Scout, созданный компанией Northrop Grumman. К классу БПЛА вертикального взлёта и посадки относятся также система Fire Scout, разрабатываемая для ВМФ и армии США, и ряд менее известных платформ, в том числе A-160 Hummingbird корпорации Boeing и аппараты серии GoldenEye компании Aurora Flight Sciences, оснащённых импеллерами [1].

По данным на 2013 г., в разработке, серийном производстве и эксплуатации находились БПЛА почти 1000 различных типов. Их разработкой и производством занимались около 300 фирм в 60 странах мира. Все эти страны можно условно разделить на три группы. В первую входят добившиеся наибольших успехов в области создания БПЛА. Это – США, Израиль, Франция, Великобритания, Россия и Германия. Во вторую группу входят страны, активно занимающиеся проблемой беспилотных аппаратов и заметно в этом преуспевшие: Австралия, Индия, Иран, Испания, Италия, Канада, КНР, Швейцария, Швеция, ЮАР, Южная Корея и Япония. Наконец, третья группа объединяет страны, где тематика БПЛА лишь

начинает зарождаться: Австрия, Алжир, Аргентина, Бельгия, Болгария, Бразилия, Голландия, Греция, Дания, Египет, Иордания, Ирак, Ливия, Малайзия, Мексика, Новая Зеландия, Норвегия, ОАЭ, Оман, Пакистан, Польша, Португалия, Саудовская Аравия, Сербия, Сингапур, Таиланд, Тайвань, Тунис, Турция, Украина, Филиппины, Финляндия, Хорватия, Чехия, Шри Ланка и др [2].

Работы по БПЛА координируются и финансируются в ряде случаев государственными структурами. Например, в США за программы исследований и разработки перспективных БПЛА отвечают Управление совместных программ разработки крылатых ракет и беспилотных летательных аппаратов (ЛЮ) и Управление воздушной разведки при Министерстве обороны (DARO), где формируются концепции и облик перспективных беспилотных систем различного назначения. Активную роль, включая финансирование, играет DARPA – Управление перспективных исследований при Министерстве обороны США. Большую роль в создании БПЛА государство играет во Франции, Израиле, Китае и других странах. Кроме того, в Европе ряд проектов осуществляется в рамках международного сотрудничества.

Характерным примером государственного подхода к развитию БПЛА является подготовленная в августе 2005 г. Министерством обороны США долгосрочная комплексная программа, рассчитанная до 2030 г. Она носит название "Дорожная карта развития БПЛА: 2005-2030 гг."

Лидерство в разработке и производстве БПЛА сейчас уверенно удерживают США [3]. Но в последние несколько лет на рынке БПЛА возросла активность европейских фирм. Сейчас они занимаются разработкой и серийным производством более чем 200 моделей БПЛА. По этому показателю европейцы даже немного превзошли американцев (правда, следует учесть, что некоторые европейские БПЛА являются доработанными американскими изделиями). В Европе создаются практически все типы современных БПЛА (от микро-БПЛА до ББС, но не все они выпускаются серийно). Многие европейские разработки последних лет являются сильными конкурентами на мировом рынке и в экспортном плане начинают вытеснять американские БПЛА. Следует, отметить, что по уровню используемых технологий европейские БПЛА несколько отстают от американских, зато с точки зрения стоимости они более привлекательны для покупателей.

Ведущими разработчиками БПЛА в Европе являются концерн EADS и фирмы Alcore Technologies (Франция) и Rheinmetall (Германия). На их долю приходится 25 % всех работ в области БПЛА. Есть еще ряд фирм, которые приближаются к этой тройке. Согласно анализу, проведенному американской консалтинговой компанией Teal Group, Европа вышла на второе место в мире по объему продаж БПЛА и уступает только США по объему НИОКР, обладая 20 % долей затрат в общемировом рынке [2].

Основные работы в Европе в области БПЛА сосредоточены во Франции, где они ведутся как по национальным программам, так и по общеевропейским. Созданные во Франции различные беспилотники активно применялись во время событий на Балканах в конце 1990-х гг. В настоящее время французские БПЛА (например, Sagem Sperwer) успешно несут военную службу в Ираке и Афганистане. Концерн EADS участвует в программе разработки разведывательного аппарата Eagle 1, предназначенного для продолжительных полетов на средних высотах (7000-8000 м), а также высотных аппаратов HALE, способных в течение 24-36 ч летать на высоте около 18000 м.

Фирма Dassault Aviation специализируется на разработке ББС. Вместе с фирмами Швеции, Швейцарии, Греции и Испании она осуществляет программу создания демонстрационного ББС nEUROn, на базе которого может появиться серийный ББС для Вооруженных сил Франции и ряда европейских стран.

Другим важным игроком на европейском рынке является Германия. В свое время

беспилотниками занималась фирма Domier, вошедшая в состав концерна EADS. Созданный ею совместно с Канадой и Францией разведывательный скоростной БПЛА CL-289 широко применялся в 1990-х гг. над Боснией и Косово. Входящие в состав концерна EADS немецкие фирмы участвуют в создании ряда европейских проектов БПЛА, главным из которых является EuroHawk, который должен войти в состав перспективной европейской системы радиоэлектронной разведки.

Немецкая фирма EMT спроектировала разведывательный БПЛА LUNA X-2000, который, по некоторым сведениям, применяется в Афганистане. Фирма STN Atlas Electronic занимается выпуском разведывательных аппаратов KZO (Brevel).

Расширяются исследования в области БПЛА в Италии. Основные работы сосредоточены в фирме Alenia и ее дочернем предприятии Galileo Avionica. В стенах этих компаний в последнее время были созданы аппараты Falco и Nibbio.

Огромным потенциалом в области создания БПЛА обладает Великобритания. Достаточно сказать, что в этой стране беспилотниками занимаются 14 фирм, ведущих работы по 35 проектам.

Здесь наиболее активна фирма BAE Systems, занимающаяся созданием самых различных БПЛА, в том числе и ББС. Английская частная научно-исследовательская фирма QinetiQ исследует различные опытные беспилотные аппараты с альтернативными источниками энергии. Уже проведены успешные летные испытания БПЛА Zephyr, оснащенного силовой установкой на солнечной энергии. Показано, что такой аппарат может находиться непрерывно в воздухе 90 суток и более.

Большое внимание уделяют беспилотникам в Швеции, где фирма SAAB участвует в исследованиях ББС. С ее помощью были созданы и переданы на летные испытания демонстрационные БПЛА SHARC и FILUR, на которых специалисты отрабатывают конструктивные решения и технологии, необходимые для будущего ББС. Ведутся работы над беспилотными вертолетами.

В будущем Европа планирует сократить технологическое отставание от США. С этой целью в рамках Евросоюза была разработана перспективная концепция развития БПЛА на период до 2020 г., во многом напоминающая американскую "Дорожную карту". Европейская концепция состоит из двух разделов. Весной 2005 г. был опубликован ее первый раздел, касающийся развития исследований в области гражданских БПЛА. В конце 2006 г. в Европейском оборонном агентстве (EDA) выработали аналогичный документ, но посвященный военным БПЛА. Если гражданская концепция достаточно подробно раскрывается, то военная пока носит закрытый характер. Тем не менее, известно, что в ней предусматриваются исследования, направленные на создание высокоэффективных военных БПЛА, относительно дешевых и использующих передовые технологии [2].

В настоящее время США занимают лидирующие позиции на рынке крупногабаритных БПЛА большой продолжительности и высоты полета (HALE) со своим аппаратом Global Hawk, который в перспективе планирует использовать НАТО. Вряд ли на этот рынок смогут внедриться европейские компании. А вот конкуренция на рынке средневысотных БПЛА средней продолжительности полета (MALE) обещает быть очень ожесточенной в перспективе. На лидерство в этом секторе претендует прежде всего европейский концерн EADS.

Интересно, как видится положение в области разработок и производства беспилотных авиационных систем из России (рис.2.2). По оценкам специалистов "Рособоронэкспорта", ведущее положение по объему производства и широте ассортимента предлагаемой беспилотной авиатехники занимают США – на их долю приходится порядка 32,5 %. В тройке

лидеров также Израиль и Франция. Далее следует Великобритания с 5,6 %. Россия, где производится 5,5 % беспилотников, – на пятом месте. Замыкают десятку Италия, Испания, Германия, Иран и Китай. В последние годы стремительно развивают свой потенциал в этом направлении Украина, Индия, Южная Корея, Финляндия, Иордания, Швеция, Тунис, Иран, Сингапур [4].

Рис.2.2. Десятка ведущих стран – разработчиков и производителей систем БПЛА по версии "Рособоронэкспорта"

2.2. Ассоциация UVS International

Координацию усилий различных разработчиков и производителей беспилотных систем (и, в частности, БАС) осуществляет международная ассоциация UVS International (AUVSI).

UVS International – некоммерческая организация, зарегистрированная в Торговой палате в Гааге, Нидерланды. Она представляет производителей дистанционно управляемых систем (RPS), связанных подсистем, компонентов и вспомогательного оборудования, а также исследовательские институты и академии. UVS International включает более чем 250 корпораций, институтов и академий в 40 странах, расположенных на пяти континентах. Вот эти страны: Аргентина Австралия Австрия Бельгия Ботсвана Бразилия Канада Китай Чехия Дания Финляндия Франция Германия Греция Гонконг Венгрия Индия Ирландия Израиль Италия Япония Латвия Люксембург Малайзия Голландия Н.Зеландия Норвегия Португалия Молдова Россия Сингапур Словения Ю. Африка Корея Испания Швеция Швейцария Англия Украина США

UVS International первоначально начала свое действие как европейская организация EURO UVS, которая была образована в июне 1995. EURO UVS сначала функционировала как свободная федерация корпоративных членов без какой-либо официальной юридической структуры [5]. В мае 1998 она была зарегистрирована в Париже как ассоциация. Быстро стало очевидно, что французские управляющие ассоциации не позволяют работать ей в желаемом направлении. Было решено перерегистрировать ассоциацию с тем же именем и перебазироваться в Нидерланды, что и было сделано в январе 2000 г.

В начале декабря 2003 г. Генеральная Ассамблея организации решила единодушным голосованием изменить устав EURO UVS, предоставляя избирательные права всем корпоративным членам, независимо от страны, в которой они находятся, и переименовать организацию в UVS International. В феврале 2004 г. EURO UVS окончательно изменила свое имя на UVS International и новый устав ассоциации вступил в силу. Новый устав теперь разрешает корпоративным представителям всех стран (кроме тех, которые находятся в черных списках ООН и Европейского союза) представлять свою кандидатуру на место в совете директоров ассоциации. Устав ассоциации может быть найден на сайте www.uvs-international.org [5].

2.3. Крупнейшие фирмы-производители БПЛА

2.3.1. Крупнейшие производители БПЛА самолетного типа

Основные фирмы-производители БПЛА самолетного типа могут быть поделены на 2 категории [6]:

1. Крупные производители авиационной техники, для которых БПЛА не являются основной продукцией:

- Aerospatiale Matra, Франция
- Alliant Techsystems, США
- Bell Helicopter Textron, США
- Boeing, США
- British Aerospace, Англия
- Dassault Aviation, Франция
- Dawoo Heavy Industries, Южная Корея
- Daimler Chrysler Aerospace (DASA), Германия
- ENICS, Россия
- Fuji Heavy Industries, Япония
- GEC-Marconi, Англия (сейчас называется BAE)
- Kawada Industries, Япония
- Kaman Aerospace, США
- Kamov, Россия
- Matra BAE Dynamics, Франция-Англия
- Northrop Grumman, США
- Oerlikon-Contraves, Швейцария
- Raytheon, США
- Saab, Швеция
- SAIC, США
- Sikorsky Aircraft, США
- Sokol, Россия
- Teledyne Ryan Aeronautical, США
- Thomson-CSF Detexis, Франция
- TRW, США

- Tupolev, Russia
- Turkish Aerospace Industries, Турция
- Yakovlev, Россия
- Yamaha Motor Company, Япония
- Yanmar, Япония

2. Фирмы, специализирующиеся на БПЛА:

- AAI Corp., США
- Aerosonde Robotic Aircraft, Австралия
- AeroVironment, США
- ATE, Южная Африка
- BAI Aerosystems, США
- Bombardier-Canadair, Канада
- CAC Systemes, Франция
- Domier (DAS A), Германия
- EES, Турция
- EMT, Германия
- General Atomics Aeronautical Systems, США
- Insitu Group, США
- Israeli Aircraft Industries, Израиль
- Kentron, Южная Африка
- Meteor, Италия
- Mission Technologies, США
- Pioneer UAV Inc., США
- Sagem, Франция
- Techno-Sud Industries, Франция
- Silver Arrow, Израиль
- S-Tee, США
- Schiebel Elektronische Gerate, Австрия
- STN Atlas Elektronik, Германия

2.3.2. Крупнейшие производители БПЛА вертолетного типа

Число фирм-производителей и программ развития БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой постоянно растет. В настоящее время существует более 35 компаний в 14 странах мира, связанных с производством и/или разработкой более чем 46 различных типов БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой. Основные производители включают: Bell Helicopter Textron в США, Bombardier Services в Канаде, Domier в Германии, Schiebel Elektronische Gerate в Австрии, Sikorsky Aircraft в США и Techno-Sud Industries во Франции. Шведская компания Techment разработала экономичный и эффективный аппарат RPG, который является беспилотным автожиром. Но, безусловно следует отметить, что большинство БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой разработаны и произведены японскими фирмами (Fuji, Kawada, Kubota, Yamaha, Yanmar) и используются в Японии в сельскохозяйственных целях [6].

Следующие компании производят, и в некоторых случаях специализируются на разработке и производстве БПЛА вертолетного типа: Фирма: Модель: - Adv. Aerospace Techn., США - Spinwing - AeroCam, США - 23F & 60F - BAEAustralia, Австралия - Nulka - Bell Helicopter Textron, США - Eagle Eye - Boeing, США - Canard Rotor/Wing - Bombardier-Services, Канада - CL327 - CAC Systemes, Франция - Heliot - Daewoo Heavy Ind., Ю. Корея - Arch 50 - Domier, Германия - Seamos - Dragonfly Pictures, США - DP-4 - Frontier Systems, США - A160 Hummingbird - Fuji Heavy Industries, Япония - RPH-1 & 2 - Fuji 5000 - Gyros Sistemas Autons, Бразилия - Helix - Intora-Firebird, Англия - Firebird - Kaman Aerospace, США - K-Max - Kamov, Россия - KA-37 8 KA- 137 - Kawada Industries, Япония - Robocopter300 - MovingCam, Бельгия - FlyingCam - Orion Aviation, США - Seabat 706 - SAIC, США - Vigilante - Scandicraft Systems, Швеция - APID - Schiebel Elektr. Gerate, Австрия - Camcopter - SurveyCopter, Франция - SurveyCopter - Techno-Sud Industries, Франция - Vigilant 2000 - Vigilant 5000 - Techment, Швеция - RPG (gyroplane) - Yamaha Motor Сотр., Япония - R50 & R-Max - Yanmar, Япония - KG35 & 135 - YH300

2.3.3. Крупнейшие производители БПЛА аэростатического типа

Аппараты LTA развиваются довольно медленно. БПЛА данного типа потенциально могут использоваться в военных целях, а также для гражданских применений. Ограниченное количество таких БПЛА уже используется для коммерческих и научных приложений. БПЛА LTA разрабатываются и производятся следующими фирмами:

- Advanced Hybrid Aircraft (США),
- Airspeed Airships (Англия),
- Automation Institute (Бразилия),
- Aviation Industries China (Китай),
- Bosch Aerospace (США),
- Envoi Images (Франция),
- Pan Atlantic Aerospace (США),

- Promotional Ideas (Англия),
- Shanghai Research Inst. (Китай),
- Skypia (Япония),
- Skysat Systems Corp. (США),
- TCom (США),
- University of Stuttgart (Германия) [6].

2.4. Производство БПЛА в отдельных зарубежных странах

2.4.1. Крупнейшие фирмы-производители США

В США в сегменте БПЛА доминируют четыре крупных компании: Northrop Grumman Corporation, General Atomics Aeronautical Systems Inc., AAI Corporation и AeroVironment Inc. Причем члены данной четвёрки активно конкурируют между собой. В секторе беспилотных летательных аппаратов существуют и менее крупные компании, которые поставляют не готовые системы, а отдельные узлы, например, видеокамеры и инфракрасные подсистемы. В этой нише работают такие компании, как FLIR Systems, DRS Technologies и L-3 Communications, демонстрирующие неплохие показатели роста. Из-за жёсткой конкуренции на рынке оборонных заказов многие компании, имеющие разработки в области БПЛА, пытаются искать заказы в гражданской и коммерческой сферах. Но пока заметных успехов в этом нет, поскольку в силу законодательных и административных ограничений соответствующие рынки ещё не сформированы.

Корпорация AAI

AAI Corporation – компания по разработке и производству оборонно-космической продукции. С 2007 г. является структурной единицей промышленного конгломерата Textron Inc., в который входят Bell Helicopter, Cessna Aircraft, Greenlee, EZ-GO, Jacobsen Kautex and Textron Systems. В состав продукции и услуг корпорации входят три основных блока: логистика и технические услуги; блок испытаний и подготовки кадров; беспилотные авиационные системы. В настоящее время в корпорации работает более 2 600 чел., имеются филиалы в США, Великобритании и Австралии.

AAI начала работу над беспилотными системами в 1985 году, выиграв конкурс на разработку и производство для Министерства обороны США дистанционно управляемого устройства (RPV) Pioneer. Наиболее ярким примером продукции беспилотных систем корпорации является семейство самолетов Shadow 200/400/600, обозначаемых в Армии США как модификации RQ-7 (рис.2.3), малоразмерная UAS Aerosonde Mark 4.7 и различные системы управления, в том числе универсальный наземный пункт управления UGCS и экспедиционная наземная станция EGCS.

Размещенные в Хант-Вэлли, Мэриленд, подразделения AAI Logistics amp; Technical Services, AAI Test amp; Training and AAI Unmanned Aircraft Systems занимают больше чем 621 000 квадратных футов территории. Кроме того, у компании есть несколько дополнительных расположений включая Чарлстон (Южная Каролина), Хантсвилл (Алабама), Остин (Техас) и испытательный полигон Dugway в Юте. Aerosonde Pty Ltd, базируемая в Австралии, является разработчиком малых БПЛА и стратегическим бизнес-партнером AAI Unmanned Aircraft Systems [7].

Рис. 2.3. RQ-7 Shadow 200

Корпорация AeroVironment

AeroVironment является лидером в разработке и производстве малоразмерных беспилотных авиационных систем (Small UAS). С середины 80-х годов AeroVironment стала полноценным поставщиком малых БПЛА военного применения для вооруженных сил США и их союзников, а также для мониторинга лесных пожаров и вулканической деятельности. AeroVironment является автором таких систем, как Dragon Eye, Raven (рис.2.4), Puma AE и Wasp, которые фактически устанавливают стандарты для возможного применения Small UAS. Эти системы широко используются военными для разведки, наблюдения и рекогносцировки в горячих точках земного шара. Корпорация AV стала победителем в открытых Министерством обороны США конкурсах по программам создания и производства небольших UAS. UAS, доказавшие свою эффективность в военных целях, сегодня применяются для многих гражданских приложений, таких, как: мониторинг трубопроводов и электросетей, наблюдение за объектами недвижимости, поиск пропавших и помощь терпящим бедствие. Малый БПЛА может быть

быстро, в любое время дня и ночи, для получения точной информации о ситуации везде, где она необходима.

Рис. 2.4. RQ-11 Raven ("Ворон") – малый разведывательный БПЛА – один из самых массовых в Армии США

Кроме беспилотных авиационных систем, AeroVironment является поставщиком различной продукции в области электрообеспечения. В США широко используют батарейные источники питания компании, электрические транспортные средства, системы зарядки, устройства управления электропитанием, а также различные тест-системы для разработчиков и производителей промышленных электронных устройств. Продукция корпорации AeroVironment известна на мировом рынке под торговой маркой "AVAV" [8].

Компания General Atomics Aeronautical Systems

General Atomics Aeronautical Systems. Inc. (GA-ASI). С 1994 г. является дочерней компанией корпорации General Atomics и специализируется на разработке и производстве беспилотных авиационных систем, а также цифровых наземных систем управления и высокоточных датчиков и средств передачи данных, как для беспилотных, так и пилотируемых летательных

аппаратов. Наиболее яркими представителями выпускаемых GA-ASI беспилотных авиационных систем являются аппараты семейства Predator: MQ-1 Predator (рис.2.5), MQ-1C Gray Eagle, MQ-9 Reaper (рис. 1.4) и Predator C Avenger.

Рис. 2.5. MQ-1 Predator ("Хищник") – ударный БПЛА, модификация разведывательного RQ-1

Кроме интеграции беспилотных авиационных систем и наземных систем управления компания осуществляет услуги по обучению наземных операторов и обслуживающего персонала, разрабатывает специализированное программное обеспечение, а также занимается исследованиями и разработкой технологий бортовых твердотельных лазеров, электрооптических датчиков и ультраширокополосных (UWB) каналов связи. GA-ASI имеет более чем 6000 сотрудников на нескольких объектах в районе Сан-Диего и в пустыне Мохаве, к востоку от Лос-Анджелеса. По объему бюджетного финансирования компания является одним из крупнейших поставщиков беспилотных авиационных систем для Министерства обороны США [9].

Компания Northrop Grumman Aerospace Systems

Northrop Grumman Aerospace Systems, один из четырех секторов в Northrop Grumman Corporation, который является разработчиком, интегратором и производителем пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. К трем другим секторам бизнеса компании относятся: Electronic Systems, Information Systems и Technical Services.

Подразделение, кроме пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, разрабатывает, интегрирует, производит и поддерживает космические аппараты, высокоэнергетические лазерные системы, микроэлектронику и многое другое, имеющее решающее значение для поддержания обороной безопасности. Наиболее известные "беспилотные" проекты аэрокосмического подразделения компании:

- Global Hawk (рис. 1.2);
- X-47B – беспилотный боевой самолет (рис. 1.3);
- MQ-4C Triton – БПЛА системы морского наблюдения;
- MQ-8A Fire Scout – боевой беспилотный вертолет (рис. 1.25);
- системы космического слежения и наблюдения (STSS).

Aerospace Systems является самым высокодоходным сектором Northrop Grumman с объемом продаж в 2012 году около 10 000 млн. долл. Штаб-квартира сектора находится в Редондо-Бич, Калифорния [10].

2.4.2. Крупнейшие фирмы-производители Израиля

Aeronautics Defense Systems Ltd

Aeronautics Defense Systems Ltd. – израильская компания, специализирующаяся в разработке и производстве средств и систем вооружения, в частности, военных и коммерческих беспилотных летательных аппаратов, а также роботизированных систем морского базирования и наземных систем обеспечения безопасности. Также предоставляет консалтинговые услуги в этих областях. В основном работает на внешнем рынке. На май 2012 г. БПЛА компании были поставлены в 14 государств мира. Штаб-квартира компании находится в Явне (Центральный округ Израиля). Является разработчиком и поставщиком следующих авиационных беспилотных систем [11]:

- Dominator – средневысотный БПЛА большой продолжительности полета (рис.2.6, а);
- Aerostar – тактический БПЛА для сбора разведданных;
- Orbiter 3 STUAS – мини UAS-система повышенной производительности (рис.2.6, б);
- Picador – БПЛА вертикального взлета и посадки для морских и армейских сил;
- Aerolight – система используется израильскими ВВС, ВМС США и рядом других стран.

а

б

Рис. 2.6. БПЛА производства Aeronautics Defense Systems: а – Dominator – БПЛА класса MALE; б – Orbiter 3 STUAS

Elbit Systems

Компания Elbit Systems и ее филиалы работают в областях космических, авиационных и военно-морских систем управления, связи и разведки. Компания также занимается внедрением новых технологий в гражданской авиации.

Elbit Systems – один из крупнейших частных оборонных концернов в Израиле по созданию и модернизации различных видов вооружения, БПЛА, авионики, радиолокационной техники. Заметных успехов добился в модернизации устаревших образцов советской боевой техники, конкурируя на этом рынке с российскими производителями. Находится в г. Хайфа, в научно-производственном центре МАТАМ. Дочерние компании имеются в Кармиэле, Реховоте, Натани и Нес Ционе. Участвует в работе по созданию европейского истребителя нового поколения. В начале 2013 г. ежемесячный доход компании составил более 230 млн. долл., в основном за счет авиационных и контрольно-разведывательных систем. Наиболее известные изделия беспилотной авиации [12]:

- Hermes 90 – недорогой многоцелевой разведывательный БПЛА (рис.2.7);
- Hermes 450 – многоцелевой разведывательный БПЛА ;
- Hermes 900 – многоцелевой разведывательный БПЛА;

– Skylark – тактический разведывательный БПЛА.

Рис. 2.7. Hermes 90

Israel Aerospace Industries (IAI)

Malat Division – подразделение израильской компании Israel Aerospace Industries (IAI), нацеленное на разработку и производство беспилотных авиационных систем. Malat предлагает семейство систем, которые различаются размерами, продолжительностью полета и целевым назначением, включая системы вертикального взлета и посадки.

Разрабатываемые системы используются в качестве военных, военизированных и гражданских приложений. Системы Malat стоят на вооружении у 49 пользователей, развернуты на пяти континентах и имеют суммарный налет более 1 100 000 летных часов. В результате накоплен огромный оперативный опыт, который успешно используется при модернизации и обновлении этих систем. Malat предлагает комплексные решения UAS с необходимой логистической поддержкой, обеспечивающей клиентам полноценный операционный сервис. Продукция Malat Division ранжируется следующим образом:

- стратегические системы семейства Heron (рис.2.8);
- тактические системы: Panther, NRUAV, Searcher;
- системы малого радиуса действия: Mosquito, Bird Eye 400/650, Ghost.

Рис. 2.8. Heron 1 – самый продаваемый БПЛА Израиля

Ряд ранее созданных компанией беспилотных систем, такие как Hunter, Pioneer, Ranger, Scout, стали прототипом для последующих модификаций UAS во многих странах мира [13].

IAI является одной из ведущих технологическо-промышленных компаний Израиля. Около 16000 её сотрудников, создают продукцию годовым объемом продаж около 3,3 млрд. долл. Компания является мировым лидером не только в области разработок БПЛА, но и в широком спектре современных технологий, включая разработку, производство, ремонт, модернизацию и техническое обслуживание самолетов, ракет, пусковых установок, спутников связи и наблюдения, электронных систем, систем авионики, радиолокационных систем и высокоточного оружия.

2.4.3. Производство БПЛА в Европейском союзе

Европейский концерн EADS

EADS (от англ. European Aeronautic Defence and Space Company) – крупнейшая европейская

корпорация аэрокосмической промышленности. Официально зарегистрированная в Амстердаме, корпорация имеет штаб-квартиры, расположенные в Париже (Франция) и в Оттобрунне (Германия).

Компания основана 10 июля 2000 года слиянием немецкой компании Daimler-Benz Aerospace AG, французской Aerospatiale- Matra и испанской CASA.

Основные акционеры компании: правительство Франции и французский концерн Lagardere – 27,53 % акций, компания Daimler AG – 22,52 %, испанский государственный холдинг SEPI – 5,46 %, российский государственный Внешэкономбанк – 5,02 %, остальные акции распределены между менеджментом, инвестиционными фондами и торгуются на европейских биржах.

EADS является второй в мире по величине аэрокосмической компанией (после концерна Boeing). EADS также является и вторым в Европе производителем вооружения и военной техники (после компании BAE Systems.) Компания разрабатывает, производит и продаёт гражданские и военные самолёты, ракеты- носители и связанные с ними системы.

EADS является единственным акционером (100%) компании Airbus S.A.S., занимающейся производством пассажирских, грузовых и военно-транспортных самолётов. Также концерну принадлежит:

- 100 % компании Eurocopter (вертолёты),
- 100 % EADS Astrium (спутники),
- 50 % ATR (турбовинтовые самолёты),
- 47 % Dassault Aviation (истребители),
- 40 % MBDA (ракеты).

EADS – один из главных вкладчиков в строительство Международной космической станции, его подразделение EADS SPACE Transportation отвечает за лабораторный модуль "Колумбус" и за создание и выведение на орбиту первого европейского беспилотного грузового корабля ATV.

По состоянию на 2003 г., количество служащих EADS составляло более чем 100 тыс. человек на 70 промышленных площадках, расположенных по всему миру.

31 июля 2013 года EADS объявила о грядущем переименовании в Airbus group и реструктуризации. Процесс предполагается завершить во второй половине 2014 г., после чего компания будет включать три подразделения, специализирующихся на коммерческом самолётостроении (Airbus), военной авиации и космическом производстве (Airbus Defence amp; Space) и вертолётостроении (Airbus Helicopters) [14]. Беспилотными авиационными системами занимается, в основном, интегрированная в Airbus Defence amp; Space компания Cassidian. Она разрабатывает и производит БПЛА самых разных назначений. В частности, в список ее наиболее известных разработок входят [15]:

- Tracker – легкий и надежный БПЛА для запуска "с руки";
- DVF 2000 – мини БПЛА для широкого спектра гражданских применений;
- Copter City – мини БПЛА вертолетного типа, специально предназначенный для работы в условиях большого города;
- Copter 4 – мини БПЛА вертолетного типа с двумя независимыми ДВС, предназначенный

для поддержки поисковоспасательных операций, задач охраны и сопровождения;

– TR-50 – легкий тактический БПЛА самолетного типа с толкающим задним винтом;

– Тапап 300 – БПЛА вертолетного типа с мощным дизельным двигателем специально предназначенный для морских разведывательных задач (рис.2.9);

Рис. 2.9. Беспилотный вертолет Тапап 300

– Barracuda – высокоскоростной БПЛА с реактивным двигателем, предназначенный для задач разведки, наблюдения и целеуказания, а также для ударов по противнику (рис.2 Л 0);

– Harfang – БПЛА категории MALE, предназначенный в основном для пограничного и морского патрулирования;

– Eurohawk – БПЛА категории HALE, европейский аналог американского Global Hawk.

Рис. 2Л0. БПЛА Barracuda

BAE Systems

BAE Systems PLC (открытое акционерное общество) – оборонная компания Великобритании. Занимается разработками в аэрокосмической сфере, в области вооружений и информационной безопасности. Штаб-квартира расположена в Фарнборо (Хэмпшир, Англия). Работа с иностранными заказчиками, в частности с Северной Америкой, ведется через дочернее предприятие BAE Systems Inc., являющееся одним из шести крупнейших поставщиков Министерства обороны США. По оценке экспертов, объемы продаж BAE Systems Inc. для Министерства обороны США даже больше, чем для Министерства обороны Великобритании. Другие крупные рынки включают Австралию, Индию и Саудовскую Аравию. Компания образована в 1999 году путем слияния двух британских компаний, Marconi Electronic Systems (MES) и British Aerospace (BAe). Структурно бизнес делится на пять групп: Electronic Systems (электронные системы), Cyber amp; Intelligence (киберсистемы и разведка). Platforms amp; Services US (платформы и услуги США), Platforms amp; Services UK (платформы и услуги Великобритания), а также Platforms amp; Services International (платформы и услуги международные). BAE Systems принимает участие в нескольких крупных оборонных проектах, таких как F-35 Lightning II, Euro fighter Typhoon, постройка авианосцев типа Queen Elizabeth. Наиболее значимыми современными проектами в области беспилотных авиационных систем являются программы: Mantis, Taranis (рис.2.11), Telemos, ASTRAEA, Demon [16].

Рис. 2.11. Испытательный полет демонстратора проекта Taranis

Alenia Aermacchi

Alenia Aermacchi (до января 2012 года Alenia Aeronautica), созданная в 1990 г как Alenia Spazio, является дочерней компанией военных и аэрокосмических проектов крупнейшего холдинга Италии Finmeccanica. Компания Alenia Aermacchi наследует опыт создания итальянской авиапродукции под всемирно известными брендами Aeritalia, Alenia, Fiat Macchi и Romeo и гордится тем, что ведет свое начало с 1913 года, когда был создан Nieuport-Macchi. В 2012 году компания, имея в своем составе более 11 700 человек, достигла объема продаж в 3 169 млн. евро. При этом затраты на НИОКР составляли 310 млн. евро. Компания Alenia Aermacchi базируется в Турине и Неаполе.

Ассортимент продукции включает собственные разработки, такие как M-346, специальный боевой самолет, разработанный, чтобы удовлетворить учебные потребности пилотов самолетов 4- го и 5-го поколения и C-27J, современный тактический военнотранспортный самолет, доступный сегодня во всем мире. Alenia Aermacchi играет ключевую роль в ряде программ международного уровня таких, как Eurofighter Typhoon, F-35 Joint Strike Fighter и nEUROn. Она также участвует в создании коммерческих самолетов Airbus A380, Boeing 787 Dreamliner и Bombardier CSeries. Alenia Aermacchi является владельцем 25 % акций ЗАО "Гражданские самолёты Сухого". Наиболее значимыми проектам и в области беспилотной авиации компании являются: nEUROn (участие), Sky-X и Sky-Y (рис.2.12) [17].

Рис. 2.12. Sky-Y – БПЛА класса MALE

ALCORE Technologies

ALCORE Technologies – французское общество с ограниченной ответственностью, основано в 1989 г. Специализируется на разработках и исследованиях относительно небольших (до 300 кг) БПЛА самолетного и вертолетного типов [18].

Наиболее известные БПЛА разработки ALCORE:

– Azimut 2 (рис.2.13) – разведывательный БПЛА малой дальности, предназначенный для ручного запуска. Имеет на борту электрический бесколлекторный двигатель мощностью 600 Вт, который позволяет ему развивать максимальную скорость 120 км/ч. Радиус действия 10 км. Использование режима парения позволяет экономить заряд литий-полимерных батарей и продлить общее время полета до 90 мин.

– Chacal 2 – один из первых БПЛА, обладающих радиолокационной незаметностью, что достигнуто за счет широкого использования композитных материалов. В качестве силовой установки может быть использован ДВС или миниатюрный турбореактивный двигатель. Предназначен для тактической разведки, сопровождения целей или имитации ракет;

– Easycopter – мини-вертолет с электрическим двигателем мощностью 180 Вт, оптимизированным для висения с низким потреблением энергии. Предназначен для различных гражданских применений.

Многие модели разработки ALCORE выпускаются под торговой маркой Sagem.

Рис. 2.13. БПЛА Azimut 2

Официальное название этой германской компании – EMT Penzberg GmbH. Она основана в 1978 г., расположена в г. Пенцберге (Бавария). Специализируется на разработке и производстве БПЛА вертолетного и самолетного типов от микродронов до аппаратов тактического назначения [19]. Основным заказчик – бундесвер.

Наиболее известные аппараты этой фирмы:

– Luna X 2000 – разведывательный БПЛА. Предназначен для разведки целей, телевизионной разведки площадных целей и отдельных маршрутов, корректировки огня. Находится на вооружении бундесвера с марта 2000 года, используется немецким контингентом ISAF в Афганистане. Дрон оснащен инфракрасной и телевизионной камерами. Программное обеспечение комплекса управления БПЛА позволяет автоматически распознавать тип целей. Запускается с помощью катапульты, приземление происходит с помощью специального парашюта или в натянутую сеть. Летно-технические характеристики: размах крыла 4,17 м, вес < 40 кг, крейсерская скорость 70 км / ч, время полёта 6 ч, практический потолок 3500 м. На смену этому аппарату придет БПЛА нового проекта – Luna NG (рис.2.14), который отличается от предшественников более широким использованием композитных материалов, что делает его более легким и незаметным. Кроме того, на аппарате установлено большое количество новых электронных систем, позволяющих интеллектуализировать его работу и сделать в целом функционирование аппарата более автономным.

– Aladin (Abbildende Luftgestützte Aufklärungsdrohne im Nachstbereich) – малый БПЛА, разработанный по заказу Министерства обороны Германии. С 2005 года состоит на вооружении бундесвера (заказано 115 комплектов), применялся в Афганистане. Aladin способен вести разведку в течение 1 часа в радиусе до 30 километров. Запускается Aladin с рук или с помощью резиновой катапульты. Полёт осуществляется с помощью GPS по заранее определённом маршруту, есть возможность корректировки курса с земли. Возможность трансляции видеоизображения на контрольную станцию. Дрон оснащен пятью видеокамерами, формирующими изображение размерами 752x582 пикселей каждая. Для передачи изображения в аппаратуре используется радиолиния диапазона 2-2,4 ГГц. В комплект поставки входят: мобильная станция контроля, 2 летательных аппарата, мобильная метеостанция. Основные технические характеристики: размах крыльев 1,5 м, стартовый вес 3,2 кг, источник энергии – литий- полимерный аккумулятор 14 В, 9 Ач, скорость: 37-76 км/ч, высота полёта: 30-150 м, дальность полёта: 15 км.

Рис. 2.14. Тактический БПЛА LunaNG

SAAB AB

Saab AB – шведская компания, специализирующаяся в области авиастроения, аэрокосмического оборудования и военной электроники. Основана в 1937 г. как Svenska Aeroplan Aktiebolaget. Компания специализируется на разработке и производстве истребителей. Производятся также небольшие гражданские пассажирские самолёты.

Из проектов в области беспилотной техники наиболее удачным является беспилотный вертолет среднего радиуса действия Skeldar V-200 (рис.2.15) [20]. Его покупают заказчики из Швеции, Южной Африки, США. В основном аппарат предназначен для работы на море. По словам разработчиков, БПЛА Skeldar V-200 могут быть легко развернуты на борту судов, особенно на тех, где ранее были интегрированы пилотируемые вертолеты. То же самое касается и наземной станции управления, которая рассчитана на существующие консоли на борту кораблей.

Еще одним преимуществом Skeldar V-200 является тот факт, что его двигатель мощностью 40 кВт работает на дизельном топливе, а не на бензине. БПЛА оснащается модульной полезной нагрузкой из разнообразных датчиков. БПЛА Skeldar V-200 имеет длину 5,1 м (с учетом несущего винта), длину планера без учета несущего винта 4 м, высоту 1,3 м, максимальную взлетную массу 200 кг. Масса полезной нагрузки аппарата – более 30 кг, высота полета – свыше 4 км, максимальная скорость свыше 130 км/ч, продолжительность полета 4-5 ч, радиус действия более 100 км.

В качестве силовой установки аппарата применяется 2- цилиндровый двигатель внутреннего сгорания с жидкостным охлаждением.

Рис. 2.15. БПЛА Skeldar V-200

2.4.4. Производство БПЛА в Азии

2.4.4.1. Китайские производители БПЛА

В последние годы китайская авиационная промышленность демонстрирует огромные темпы роста. Уделяется много внимания и беспилотной авиации. Причем наряду с аналогами зарубежных БПЛА появляются и собственные разработки в самых разных классах. Конкурентным преимуществом китайских БПЛА на мировом рынке может стать их цена. Уже сейчас потенциальным заказчикам делаются предложения относительно аппаратов, которые по своим летно-техническим характеристикам близки к лучшим образцам производства США или Израиля, но стоимость которых значительно ниже. Разработкой и производством БПЛА в Китае занимаются как государственные предприятия и институты, так и частные фирмы [21, 22]. Огромную роль в разработке БПЛА играют также университеты.

AVIC – Корпорация авиационной промышленности Китая

Государственная корпорация AVIC (Aviation Industry Corporation of China) объединяет множество производителей и разработчиков авиационной техники как военного, так и гражданского назначения. В том числе сюда входят крупные предприятия и организации, занимающиеся в разной степени и беспилотной техникой:

– Chengdu Aircraft Industry Group;

- Guizhou Aircraft Industry Corporation;
- Harbin Aircraft Manufacturing Corporation;
- Hongdu Aviation Industry Group и др.

Одним из примеров больших успехов китайской беспилотной техники является разведывательно-ударный аппарат класса MALE Pterodactyl I (Wing Loong – "Крыло Дракона"), который производится на заводе Chengdu Aircraft Industry Group в г.Чэнду (рис.2.16).

Рис. 2.16. БПЛА класса MALE Pterodactyl I (Wing Loong – "Крыло Дракона")

Pterodactyl I по своим характеристикам и предназначению сравним с американским General Atomics MQ-1 Predator. Аппарат взлетной массой 1100 кг оснащен поршневым двигателем мощностью 100 л.с. и способен нести полезную нагрузку массой до 200 кг. Для аппарата разработаны несколько видов вооружения, включая специально модифицированные противотанковые ракеты HJ-10 и 50-кг корректируемые авиабомбы. Аппарат уже экспортирован в четыре страны, включая, например, Узбекистан [23].

Китайские разработчики БПЛА в настоящее время идут, в основном, по пути копирования лучших мировых образцов беспилотной техники [24]. В частности, разработанный авиастроительным институтом в г.Шэньяне (Shenyang Aircraft Design Institute) и построенный на заводе Hongdu Aircraft Industries Corporation (HAIC) в г. Наньчане беспилотный боевой самолет Ли Цзянь (Li Jian – "Sharp Sword") является, по сути, копией американского БПЛА X-47В компании Northrop Grumman (рис.2.17). Его преимуществом является низкая заметность для радаров. Силовая установка выполнена на базе российского турбовентиляторного двигателя РД-93 ОАО "Климов".

Рис. 2.17. БПЛА Li Jian на испытаниях

Еще одним примером удачного копирования является постройка компанией Guizhou Aircraft Industry Corporation (провинция Гуйчжоу) китайского аналога RQ-4 Global Hawk. Он назван Xiang Long ("Flying Dragon"). БПЛА пока в стадии испытаний, и подробная информация о его тактико-технических данных недоступна (рис.2.18).

Рис. 2.18. БПЛА Xiang Long ("Flying Dragon") – китайский аналог RQ-4 Global Hawk.

China North Industries Corp. (NORINCO)

Ведущая китайская государственная военно-промышленная группа NORINCO является многопрофильной компанией, которая кроме всего прочего, координирует разработки, производство и внешние поставки различной военной техники [25]. Часто под брендом

NORINCO на внешний рынок выводится продукция других фирм. Это относится и к беспилотной авиационной технике. Так, вышеупомянутый БПЛА Wing Loong, разрабатываемый и производимый подразделениями AVIC в г.Чэнду, на внешнем рынке продвигает группа NORINCO под названием Sky Saker [24]. Компания предлагает также на внешнем рынке беспилотные комплексы ASN-209 разработки и производства Xi'an ASN Technology Group. У NORINCO есть и собственные подконтрольные институты и производства, связанные с беспилотной темой, но их успехи пока малозаметны.

China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC)

CASIC является одной из крупнейших китайских госкорпораций, специализирующейся на выпуске ракетно- космической техники. Основана в 2001 г. Головная организация располагается в Пекине. Одно из подразделений CASIC – т.н. Третья Академия специализируется на разработках крылатых ракет и БПЛА. Не случайно поэтому один из последних проектов Третьей Академии – ударный БПЛА WJ-600 создан на базе крылатой ракеты (рис. 2.19).

Рис. 2.19. Китайский ударный БПЛА WJ-600

Боевой беспилотник WJ-600 не имеет явных аналогов в мире (даже в США и Израиле). WJ-600 является универсальной машиной, и может использоваться не только для ударных целей (например, для уничтожения систем ПВО), но и для целей разведки, а также целеуказания для ракет и систем залпового огня.

В отличие от крылатых ракет WJ-600 всё-таки допускает многократное использование, если противник его не уничтожил, а дальность применения позволяет вернуться на свою территорию. При этом ударный потенциал этой машины существенно отличается от американского MQ-1 Predator, поскольку она несет не относительно слабосильные противотанковые ракеты Хеллфайр, а более мощные управляемые ракеты "воздух-поверхность" и корректируемые авиабомбы. По заявлению CASIC, WJ-600 также может осуществлять "информационную войну", для чего он может быть оборудован радаром с синтезированной апертурой, электрооптической и многосенсорной турелью, ретранслятором и т.д. Для ретрансляции сигнала с WJ-600 китайские военные используют приобретаемые в России аэростаты ДРЛО. Это гораздо более практичное решение, чем используемая на американских аппаратах типа Predator или Reaper ретрансляция через спутники (через гражданские транспондеры).

Наличие реактивного двигателя позволяет аппарату развивать скорость полета намного выше той, чем располагают уже упомянутые винтовые американские БПЛА такого же назначения. Это делает WJ-600 менее уязвимым и, главное, более оперативным.

Кроме того, унификация планера и двигателя с крылатой ракетой удешевляет производство БПЛА – а для ударных машин это важно, ибо их потери неизбежно будут большими [26, 27].

Northwest Polytechnical University Xi'an ASN Technology Group Co., Ltd

Северо-западный политехнический университет в г. Сиань является одним из самых передовых технических университетов Китая. А его подразделение – ASN Technology Group (известное также как Исследовательский институт беспилотной авиации или т.н. 365-й Институт) является одним из крупнейших в Китае разработчиков и производителей БПЛА военного назначения. За 50 лет группой разработано порядка 40 типов аппаратов. По информации с официального сайта ASN Technology Group, на эту компанию приходится 90% внутрикитайского рынка БПЛА [28]. Основным заказчиком является китайская армия, куда поставлено уже более 1500 БПЛА, в основном тактического назначения. Одним из самых массовых является ASN-209, запускаемый с катапульты, базируемой на специальном автомобиле (рис.2.20).

Рис. 2.20. Китайские тактические БПЛА ASN-209

Weifang Tianxiang Aerospace Industry Co. Ltd.

Эта китайская компания, расположенная в г. Вэйфан, провинция Шаньдун, судя по всему, становится крупнейшим в Китае производителем беспилотных вертолетов. Капитал этой компании образован путем организации совместного предприятия с американской вертолетостроительной фирмой Brantly International Ltd. в 2009 г. Именно на базе пилотируемого вертолета Brantly B-2B был создан его беспилотный вариант V750 (рис. 2.21).

26 декабря 2012 года этот самый большой в Китае беспилотный вертолет поднялся в воздух и совершил первый эксплуатационный полет. По имеющейся информации, масса вертолета составляет 757 кг, максимальная скорость полета – 160 км/час, максимальная дальность – 500 км, полет может проходить на высоте до 3 тысяч метров, а время нахождения в воздухе составляет около 4 часов. Этот вертолет предназначен для мониторинга зон стихийных бедствий, дистанционного зондирования океана, контроля городского автомобильного движения, патрулирования и охраны, поисково-спасательных работ и съемки с воздуха [29].

Рис. 2.21. Крупнейший китайский беспилотный вертолет V750

DJI Innovations

Полное название компании – Shenzhen Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd. Головной офис находится в г. Шэньчжэнь, провинция Гуандун.

DJI – мировой лидер в области разработки и производства надежных и простых в использовании малых БПЛА для использования в коммерческих и рекреационных целях. Компания имеет более чем 500 сотрудников, представительства на всех континентах.

DJI производит мультикоптеры – мультироторные летающие платформы. Наиболее успешными разработками являются: квадрокоптер Phantom 2 и гексакоптер Spreading Wings S800 (рис. 2.22).

Еще одно из направлений деятельности – разработка и производство полетных контроллеров, бортовых видеокамер, управляемых подвесов для них, комплектующих для радиоуправляемых вертолетов и мультикоптеров [30].

Основное назначение производимых мультикоптеров: аэрофотосъемка и видеосъемка. Стоимость большинства аппаратов гораздо ниже европейских аналогов, поэтому они доступны для профессиональных фотографов, кинематографистов и авиалюбителей.

а

б

Рис. 2.22. Мультикоптеры производства DJI: а – Phantom 2; б – Spreading Wings S800 EVO

2.4.4.2. Южнокорейские производители БПЛА

Korea Aerospace Industries Ltd.

В 1999 г. под эгидой правительства Республики Корея была организована компания KAI, концентрирующая разработки и производство военной авиационной техники. В нее вошли аэрокосмические подразделения известнейших южнокорейских компаний: Samsung Aerospace, Daewoo Heavy Industries (aerospace division) и Hyundai Space and Aircraft Company.

Основной производимой продукцией KAI являются боевые самолеты (преимущественно истребители) и вертолеты, а также легкие гражданские самолеты и космические многоцелевые аппараты.

Из беспилотной техники KAI производит серийно оперативные БПЛА RQ-101 (рис. 2.23). 30 таких аппаратов с 2005 г. находятся на вооружении южнокорейской армии. Они используются для круглосуточной разведки и наблюдением за оперативной обстановкой. Аппарат весит 300 кг и может нести 45 кг полезной нагрузки. Размах кильев 6,4 м. Радиус действия 120 км. Крейсерская скорость 185 км/ч. Запуск осуществляется с катапульты, а для приземления может использоваться парашютная система [31].

Рис. 2.23. БПЛА RQ-101 производства KAI

Korean Air (Aerospace Division)

Korean Air – крупнейшая южнокорейская авиакомпания. И это удивительно, что у нее имеется подразделение (KAL-ASD – Aerospace Division), которое занимается разработками гражданской и военной авиационной техники, в частности, разработками БПЛА. Сейчас численность персонала этого подразделения составляет 1900 чел.

Наиболее известная разработка БПЛА – аппарат тактического назначения KUS-9 (рис.2.24). Взлетная масса 150 кг. Длина 3,4 м. Длительность полета 8 ч. Аппараты такого типа должны поступить на вооружение южнокорейской армии в 2014 г.

Компанией ведутся также разработки БПЛА класса MALE, беспилотного вертолета и ББС [32].

Рис. 2.24. БПЛА KUS-9 производства Korean Air

Korea Aerospace Research Institute

Корейский институт аэрокосмических разработок (англ. Korea Aerospace Research Institute, KARI) – агентство по космосу и аэронавтике Республики Корея. Основано в 1989 году. Является основным институтом Южной Кореи в области освоения космоса. Его основные лаборатории расположены в городе Тэджон. Наиболее значимыми результатами являются разработки спутника Ариран-1 и ракеты-носителя KSLV-1 (на базе российской ракеты "Ангара"). KARI занимается также разработками пилотируемых легкомоторных самолетов и БПЛА. Наиболее известное достижение в области беспилотной авиации – разработка БПЛА с отклоняемыми роторами Smart UAV (рис.2.25). Его разработка поручена специальной структуре – Smart UAV Development Center. В 2013 г. все испытания этого конвертоплана закончились и начались работы по подготовке его серийного производства [33].

Рис. 2.25. Беспилотный конвертоплан Smart UAV

Uconsystem Co., Ltd.

Uconsystem Co., Ltd. была основана в 2001 году группой инженеров, разработавших первую корейскую тактическую систему UAV, которая эксплуатируется и по сей день. Uconsystem специализируется на разработке и продаже БПЛА со времени своего основания.

Uconsystem поставляет БПЛА не только вооруженным силам Южной Кореи, но также прилагает усилия для выхода на внешние рынки. Так, компания экспортировала станции наземного управления БПЛА для военно-воздушных сил ОАЭ в 2004 году. Компания в 2008 году начала развивать сектор беспилотных вертолетов для использования в сельском хозяйстве. Кроме того, Uconsystem специализируется на выпуске авиационного оборудования, такого как компьютеры для управления полетом и навигационные датчики. Это одна из немногих компаний, предлагающих законченные решения систем, в состав которых могут входить БПЛА различных типов – самолетные, вертолетные, аэростатические, а также мобильные наземные средства [34].

Наиболее известные модели БПЛА: тактические БПЛА самолетного типа – RemoEye 002B, RemoEye 006; аппарат верто-

Рис. 2.26. Номенклатура аппаратов Uconsystem

RemoEye – 002B

RemoEye – 006

RemoH – M100

TRotor

MultiRotor

Aerostat

Oneseen Skytech Ltd.

Oneseen Skytech – небольшая фирма, специализирующаяся исключительно на беспилотных вертолетах [35]. Компания основана в 1999 г. Центральный офис расположен в Гимхэ, недалеко от г. Бусан. К 2013 г. освоен серийный выпуск сельскохозяйственных вертолетов X-Copter. На 2014 г. намечено начало выпуска многоцелевого гражданского вертолета MARUN и военного SMART HAWK (рис. 2.27).

Рис. 2.27. Беспилотные вертолеты компании Oneseen Skytech

X-Copter(Agriculture I)

MARUN(Commercial)

SMART HAWK(Military Coaxial)

2.4.4.3. Беспилотная авиация Японии

Japan UAV Association – Ассоциация БПЛА Японии

Japan UAV Association является организацией, представляющей отрасли промышленности, которые занимаются разработкой, производством и управлением беспилотными летательными аппаратами в Японии. Она была организована в целях обеспечения безопасности и содействия в развитии рынка БПЛА в Японии [36].

История БПЛА в Японии началась в начале 1990-х, когда Япония начала разработку и представила общественности беспилотные вертолеты как более эффективное решение распыления пестицидов на рисовых полях, чем при использовании пилотируемых вертолетов. Позже число беспилотных вертолетов быстро росло, поскольку они оказались очень полезными для применения именно в сельском хозяйстве Японии.

В последние годы беспилотные вертолеты начали использоваться не только для распыления пестицидов, но и для множества других приложений. Среди этих новых приложений воздушный мониторинг лесов, наблюдение за пожароопасными объектами. Другие более свежие приложения включают наблюдение за вулканами. Японская ассоциация сельскохозяйственной авиации под эгидой Министерства сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства Японии устанавливает нормы по использованию беспилотных вертолетов для сельскохозяйственных приложений. Четыре компании (Fuji Heavy Industries Ltd., Kawada Industries, Inc., Yamaha Motor Co., Ltd и Yanmar Agricultural Equipment Co., Ltd.), которые занимались разработкой, производством и использованием беспилотных вертолетов, сформировали Беспилотный Вертолетный Консорциум в 2002 г.

1 сентября 2004 г. была официально основана Японская Ассоциация БПЛА (JUAV), основу которой составил Беспилотный Вертолетный Консорциум. Впоследствии, с июня 2005 г. к Ассоциации присоединились компании Kawasaki Heavy Industries, Mitsubishi Heavy Industries, Sky Remote, Hirobo Limited, Mitsubishi Electric, Hitachi и NEC Corporation.

Компании-участники Ассоциации БПЛА Японии (по состоянию на июнь 2011 г.):

- Fuji Heavy Industries Ltd.,
- Yamaha Motor Co., Ltd.,
- Yanmar Agricultural Equipment Co., Ltd.,
- Kawasaki Heavy Industries, Ltd.,
- Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.,
- Hirobo Ltd.,
- Hitachi Co., Ltd.,
- NEC Corporation,
- GH Craft Ltd.,
- Fuji Imvac Inc.,
- NIPPI Corporation,
- Xenocross Co., Ltd.,
- X-TREME COMPOSITE JAPAN.LLC,
- Furuno Electric Co., Ltd.,
- GEOSURF CORPORATION.

Yamaha Motor Company

Yamaha Motor Company, Ltd. образовалась в 1955 г. путем выделения ее из корпорации Yamaha. Беспилотная авиационная техника является далеко не единственной продукцией этой компании. Она выпускает также двигатели внутреннего сгорания для автомобилей, катеров и лодок, мотоциклы, снегоходы и другую технику. Головной офис расположен в г. Ивата, префектура Шидзуока [37].

Yamaha Motor Company занимается разработкой беспилотных вертолетов для широкого круга приложений. В 1983 Yamaha Motor Company получила задание на разработку беспилотного вертолета для опыления плантаций от Министерства сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства Японии. Это положило начало научно-исследовательским работам, в результате которых в 1987 году был разработан беспилотный вертолет R-50.

Yamaha R-50 с его полезной нагрузкой до 20 кг, был первым серийным беспилотным вертолетом для обработки плантаций.

В 1992 программа производства и использования беспилотных сельскохозяйственных вертолетов получила государственную поддержку.

В октябре 1997 г. Yamaha Motor Company выпускает свой новый беспилотный вертолет RMAX, который обладает большей полезной нагрузкой и более прост в управлении (рис.2.28).

Сегодня в Японии эксплуатируется приблизительно 2400 вертолетов RMAX, которые составляют примерно 77 % от рынка БПЛА в Японии. В 2012 году данный беспилотный вертолет и его аналоги уже опыляли 40 % японских рисовых полей. Постоянно увеличивается число областей сельского хозяйства, для решения в которых используются эти вертолеты.

а

б

Рис. 2.28. Беспилотный вертолет Yamaha RMAX: а – общий вид; б – в процессе распыления удобрений

RMAX – это небольшой, размером с мотоцикл, управляемый дистанционно вертолет, оснащенный 2,4-литровым двухтактным двигателем, способен нести полезную нагрузку до 28 кг и распылять химикаты на скорости около 24 км/час [38]. Вертолеты управляются дистанционно с использованием цифровых систем управления YACS (Yamaha attitude control system) и YACS-G. Последняя – на основе GPS. Использование GPS позволяет автоматизировать самые сложные операции управления вертолетом в воздухе. Оператор может выбрать один из 6 режимов управления в зависимости от решаемой задачи. Вертолет стабилен даже в условиях повышенной турбулентности, в случае появления электромагнитных помех, препятствующих дистанционному управлению вертолетом. В этом случае компьютер автоматически переводит машину в режим зависания, после чего медленно снижает высоту до посадки вертолета.

Fuji Heavy Industries

Fuji Heavy Industries Ltd. (сокращённо FHI) – японская корпорация, ведущая историю со времён авиастроительной компании Накадзима (основанной в 1917 году), лидер японской самолётостроительной промышленности времён Второй мировой войны. FHI основана 15 июля 1953 года слиянием 5 японских компаний. На сегодняшний день штат сотрудников составляет 15 тыс. чел. по всему миру, в компанию входят 9 крупных заводов, она имеет около сотни стран сбыта продукции. Кроме авиационной техники, компания производит автомобили (автомобильным подразделением является бывшая компания Subaru), автобусы, грузовики, двигатели.

Аэрокосмическое подразделение FHI поставляет широкую номенклатуру изделий фирме Боинг, производит вертолёты для Сил самообороны Японии, также производит самолёты Raytheon Hawker и бизнес-джеты Eclipse Aviation.

Компания играет ключевую роль в разработке и производстве военных беспилотных летательных аппаратов в Японии. FHI разработала Flying Forward Observation System (FFOS) – беспилотную разведывательную систему на базе беспилотного вертолета (рис.2.29). Компания также принимает участие в исследовании беспилотных сверхзвуковых самолетов, проводимых Агентством по Исследованию Космоса Японии (JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency) [39].

Рис. 2.29. Беспилотный вертолет FFOS

2.5. Перспективы мирового рынка БПЛА

Приведенные справочные сведения по разработчикам и производителям БПЛА, конечно, не являются полными. К разработкам беспилотной авиационной техники подключается все большее количество стран и фирм. Ситуация в этой области быстро меняется. Текущую информацию по состоянию дел в этой области можно найти, например, на специализированных сайтах российской (RUVSA – Russian Unmanned Vehicle Systems Association) и международной (AUVSI – Association for Unmanned Vehicle Systems International) ассоциаций беспилотных систем [40-42].

В ближайшие годы, очевидно, международный рынок беспилотной техники будет находиться на подъеме. В этой связи интересны прогнозы, которые были опубликованы в материалах AUVSI и результатах маркетингового исследования аналитической фирмы Forecast International, которые мы здесь коротко воспроизводим [3, 43, 44].

В 2013 г. Федеральное управление гражданской авиации США (FAA – Federal Aviation Administration) сообщило о планах включить БПЛА в национальную систему управления воздушным движением (СУВД – NAS – National Airspace System) США.

Развитие индустрии беспилотных летательных аппаратов может привести к созданию в США 70 тысяч рабочих мест в течение первых трех лет после интеграции этих аппаратов в национальную СУВД Соединенных Штатов. Интеграция БПЛА в национальное воздушно-космическое пространство планируется на 2015 год. После первых трех лет интеграции в индустрии БПЛА с 2018 по 2025 год может быть создано свыше 100 тысяч новых

рабочих мест.

По прогнозу Forecast International, опубликованному в апреле 2014 г., в ближайшие 10 лет объем продаж БПЛА в мире вырастет с 0,942 млрд. долл. в 2014 г. до 2,3 млрд. долл. в 2023 г. [3]. Лидерство будут уверенно сохранять США, на долю которых придется 65 % рынка. Эти проценты поделит фактически две американские фирмы – Northrop Grumman (41 %) и General Atomics (22 %), небольшую долю в 2% может занять еще одна американская фирма – AAI. Оставшиеся 35% придется на остальные страны, среди которых Израиль, Франция, Великобритания, Италия и т. д. (рис.2.30).

Что касается объемов закупок БПЛА, то здесь первое место в ближайшее десятилетие также по-прежнему за США – 34,9 % (13,66 млрд. долл.). На Азиатский регион придется 36,6 % (14,33 млрд. долл.), на европейские страны – 14,6 % (5,77 млрд. долл.), на остальные страны мира – 13,9 % (5,45 млрд. долл.). Американские аналитики отмечают, что продажи БПЛА в Африке, на Среднем Востоке и в Латинской Америке могут достигнуть 0,5 млрд. долл. Не исключено, что на мировом рынке будет повышаться интерес к продукции израильских компаний Israel Aircraft Industries и Elbit, которые в сильной степени зависят от экспорта и за счет его расширения смогут контролировать нишу мирового рынка объемом 3,68 %.

На европейские страны придется около 15 % (5,77 млрд. долл.) закупок БПЛА, в то время как европейские компании произведут менее 4 % беспилотной техники в рассматриваемый период. Этот видимый дисбаланс европейские страны будут пытаться решить посредством расширения сотрудничества в области беспилотной техники.

Рис.2.30. Прогноз американской консалтинговой компании Forecast International о распределения долей мирового рынка БПЛА на ближайшие 10 лет

Среди различных типов БПЛА по объемам продаж будут лидировать тактические TUAV (Tactical Unmanned Aerial Vehicle) – 40,7 % (15,94 млрд. долл.). На аппараты с большой продолжительностью полета MALE (Medium-Altitude, Long-Endurance) придется 34,6% или 13,56 млрд. долл., на высотные с большой продолжительностью полета HALE (High-Altitude, Long-Endurance) и ударныеUCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) – 21,4 % или 8,39 млрд. долл. Объем рынка портативных беспилотников составит 1,7 % или 0,644 млрд. долл., а на гражданские аппараты придется 1,6 % или 0,638 млрд. долл.

В 2013-2022 годы на НИОКР по беспилотной тематике будет израсходовано 28,7 млрд. долл. Лидером по затратам на развитие БПЛА станут США – 40,5 % или 11,6 млрд. долл., затем Азия – 24,8 % или 7,1 млрд. долл., Западная Европа – 18,5 % или 5,3 млрд. долл., Восточная Европа – 9,4 % или 2,7 млрд. долл., Средний Восток – 5,5 % или 1,6 млрд. долл., Латинская Америка -1,3 % или 0,4 млрд. долл.

По структуре затрат лидирующее положение занимают сами аппараты и их компоненты (планер, двигатель, бортовое оборудование) – 45 % или 17,99 млрд. долл. На полезную нагрузку (датчики) придется 38,3 % или 15,02 млрд. долл., на наземные станции управления полетом – 15,8 % или 6,17 млрд. долл. Эти цифры не учитывают затраты на техническое обслуживание и поддержку, хотя расходы по этим статьям могут превысить суммы первоначально заключенных поставочных контрактов.

Аналитики Forecast International отмечают: несмотря на то, что продажи БПЛА в США и Европе будут находиться на высоком уровне в течение рассматриваемого периода, к его концу этот тренд будет снижаться. В то же время продажи БПЛА в Азиатском регионе до 2021 года будут постоянно расти. Кроме того, здесь ожидается увеличение продаж китайских

Источники информации по главе 2:

1. Восс Л. Рынок беспилотных систем растёт и меняется (перевод аналитического обзора компании Frost amp; Sullivan) // Мир компьютерной автоматизации: мир ВКТ. – 2009. – № 1. <http://www.rtsoft.ru/press/articles/detail.php?ID=778>

2. Заблотский А., Ларинцев Р. БПЛА: первое знакомство // Авиация и время. – 2008. – № 2. Онлайн-библиотека Litrus.net. <http://litrus.net/book/read/164811?p=15>

3. Forecast International Expects UAV Market to Rise Strongly through the Next Decade // Пресс-релиз фирмы Forecast International, 15.04.2014 <http://www.forecastinternational.com/press/release.cfm?article=279#.VDwZt2d>

uPF

4. Витковский. А. Беспилотник будущего – машина, которая сможет все // Интернет-издание UAV.ru – Беспилотная авиация. <http://uav.ru/articles/ua>

vtrade .pdf

5. Интернет-ресурс международной организации UVS International. <http://uvs-international.org>

6. Blyenburgh P. UAVs – Current Situation and Considerations for the Way Forward // Defense Technical Information Center, Paris, France. 2000. Compilation Part Notice ADP010752. – 27 p. <http://ftp.rta.nato.int/public/PubFulltext/RTO/EN/RTO-EN-009/EN-009-01.pdf>

7. Официальный сайт корпорации AAI. <http://www.aaicorp.com>

8. Официальный сайт компании AeroVironment. <http://www.avinc.com>

9. Официальный сайт компании General Atomics
<http://www.ga.com/unmanned-aircraft-systems-and-sensors>

10. Официальный сайт компании Northrop Grumman. <http://www.northropgrumman.com>

11. Официальный сайт компании Aeronautics Defense Systems. <http://www.aeronautics-sys.com>

12. Официальный сайт компании Elbit Systems. <http://www.elbitsystems.com>

13. Официальный сайт компании Israel Aerospace Industries. <http://www.iai.co.il>

14. Официальный сайт группы компаний Airbus group.
<http://www.airbus-group.com/airbusgroup/int/en/our-company/What-we-do.html>

15. Официальный сайт компании Cassidian. <http://www.cassidian.com/enUS/web/guest/unmanned-air-systems4>

16. Официальный сайт компании BAE Systems. <http://www.baesystems.com>

17. Официальный сайт компании Alenia Aermacchi. <http://www.alenia-aeronautica.it>

18. Официальный сайт компании Alcore Technologies. <http://www.alcoretech.com/site/index.php>
19. Официальный сайт компании EMT Penzberg. <http://www.emt-penzberg.de/en/produkte.html>
20. Официальный сайт компании SAAB.
[http://www.saabgroup.com/en/Air/AirborneSolutions/UnmannedAerial Systems/Skeldar V-200 Maritime](http://www.saabgroup.com/en/Air/AirborneSolutions/UnmannedAerialSystems/SkeldarV-200Maritime)
21. Wikipedia. List of unmanned aerial vehicles of China. [http://en.wikipedia.org/wiki/List of unmanned aerial vehicle of the People's Republic of China](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unmanned_aerial_vehicles_of_China)
22. Kimberly Hsu China's Military Unmanned Aerial Vehicle Industry: Report of U.S.-China Economic and Security Review Commission. 13.06.2013. [http://origin, www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China 's%20Military%20 UA V%2 01ndustr yl 4 %2 0June%202013 .pdf](http://origin.www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China's%20Military%20UAV%20Industry%20June%202013.pdf)
23. Разведывательно-ударный БЛА Wing Loong (Pterodactyl I)// Военно-технический сборник "Бастион", <http://bastion-karpenko.ru/pterodactyl>
24. Sinodefence: covering military topics in and around China: Интернет- ресурс по военной технике Китая. <http://sinodefence.com/unmanned-aerial-vehicles>
25. Официальный сайт промышленной группы NORINCO. <http://www.norinco.com/GB/61/76/85/index.html>
26. Wikipedia. CASIC HW series UAVs. [http://en.wikipedia.org/wiki/CASIC HW](http://en.wikipedia.org/wiki/CASIC_HW)
27. The CASIC WJ-600 attack drone is currently in development. 22.02.2013 // Military Factory: Internet portal. [http://www.militaryfactory.com/air craft/detail, asp ? aircraf tid= 1031](http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraftid=1031)
28. Официальный сайт ASN Technology Group. <http://www.aisheng.nwpu.edu.cn/index.htm>
29. China's largest unmanned helicopter goes into service in Shandong.
2.11.2012 // Новостной Интернет-портал China.org.cn. [http://www.china.org.cn/china/shandong/2012-11/02/conten t2 7014493 .htm](http://www.china.org.cn/china/shandong/2012-11/02/content_27014493.htm)
30. Официальный сайт компании DJI. <http://www.dji.com>
31. Gordon A. Aiming for the stars – South Korea's aerospace industry/ 06.09.2011// Defence

Review Asia: Internet Portal.

<http://www.defencereviewasia.com/articles/118/AIMING-FOR-THE-STAR-SOUTH-KOREA-S-AEROSPACE-INDUSTRY>

32. Интернет-сайт Техцентра – производственного аэрокосмического подразделения компании Korean Air. <http://techcenter.koreanair.com/AeroSpace/LangEN/BusinessInfo/UavOI.aspx>

33. Smart UAV success and sky travel dreams: SamOk Koo at TEDx- DaedeokValley // Видеоотчет об испытаниях БПЛА Smart UAV. <http://www.youtube.com/watch?v=UQG052zlY8k>

34. Официальный сайт компании Uconsystem. <http://www.uconsystem.com>

35. Официальный сайт компании Oneseen Skytech. <http://www.oneeseen.com/eindex.html>

36. Официальный сайт Японской Ассоциации БПЛА. <http://www.juav.org>

37. Официальный сайт компании Yamaha Motor Company. <http://www.yamaha-motor.com>

38. Сергеев К. Беспилотники в сельском хозяйстве // Ресурсосберегающее земледелие. – 2013. – №2. <http://agropraktik.ru/blog/469.html>

39. Официальный сайт корпорации Fuji Heavy Industries. <http://www.fhi.co.jp>

40. UAVglobal. Unmanned systems and manufacturers: информационный портал, <http://www.uavglobal.com>

41. Сайт российской ассоциации беспилотных систем. <http://ruvsa.com>

42. Портал AUVSI – международной ассоциации беспилотных систем. Сервис "Find an AUVSI Member Company". <http://www.auvsi.org/resources/fmdacompany>

43. The market for UAV reconnaissance systems: результаты маркетингового исследования фирмы Forecast International. <https://www.forecastinternational.com/fistore/prod.cfm?categoryid=105&ProductID=465&I3=10504#>. U29AOY FvYR

44. Новичков Н. Без нашего участия. Международный рынок беспилотной техники находится на подъеме // Военно-промышленный курьер: Общероссийская еженедельная газета. <http://vpk-news.ru/articles/15111>

Глава 3. Краткая история и современное состояние разработок и производства БПЛА в России

3.1. История развития беспилотной авиации в армии СССР и России (по материалам [1])

СССР ещё в 70-е – 80-е годы был одним из лидеров по производству БПЛА. Одних только аппаратов Ту-143 было выпущено около 950 экземпляров. А в 1988 году в беспилотном режиме выполнил космический полёт космический корабль "Буран".

БПЛА-разведчик Ла-17Р начал разрабатываться в 1959 году. Разработчик – ОКБ Лавочкина. Его основу составил разработанный ранее радиоуправляемый беспилотный самолет-мишень ЛА-17. Запуски этих мишеней осуществлялись с бомбардировщика ТУ-4. Практически они были одноразовыми, т.к. ресурс двигателя РД-900 составлял 40 мин.

Разработка и испытания разведывательного БПЛА Ла-17Р (рис.3.1) завершились в 1963 г. Они показали, что машина, летая на высоте до 900 м, способна осуществлять фоторазведку объектов, находящихся на удалении 50-60 км от стартовой позиции, а с высоты 7000 м – объектов на удалении до 200 км. Скорость полета составляла 680 – 885 км/ч.

Рис. 3.1. Беспилотный самолет-разведчик Ла-17Р в полете

Геометрические характеристики:

- размах крыла 7.5 м;
- длина 8.98 м;
- высота 2.98 м.

Вес пустого аппарата составлял 3100 кг.

В 1963 году серийный завод № 475 изготовил 20 разведчиков Ла-17Р. Машина состояла на вооружении до начала 1970-х годов, случаев ее применения в боевой обстановке не известно.

БПЛА Ла-17Р создан по нормальной аэродинамической схеме и представляет собой цельнометаллический среднеплан с прямоугольными в плане крылом и оперением. Фюзеляж самолета состоял из трех отсеков. В носовом размещались электрогенератор с приводом от небольшого двухлопастного вентилятора, вращаемого набегающим потоком воздуха, и разведывательная аппаратура. Центральный отсек представлял собой топливный бак, в торцы которого были встроены шарообразные воздушные баллоны. В хвостовом отсеке располагались агрегаты электро- и радиооборудования и автопилот АП-118 (позднее АП-122), регулирующий подачу воздуха из баллонов к пневмоприводам рулей и элеронов. Двигатель размещался в мотогондоле под центральным отсеком фюзеляжа. БПЛА оснащался маршевым двигателем РД-9БКР. Кроме того, под крылом у бортов фюзеляжа монтировались два пороховых ускорителя, которые после старта автоматически сбрасывались (рис.3.2).

Рис. 3.2. БПЛА Ла-17Р с твердотопливными ускорителями

Для предполетной подготовки и запуска Ла-17Р использовали стартовую установку СУТР-1, созданную на базе лафета зенитного орудия С-60 (рис.3.3). Установка могла буксироваться тягачом типа КрАЗ-255. Запуск осуществлялся с помощью двух твердотопливных стартовых ускорителей ПРД-98.

Рис. 3.3. БПЛА Ла-17Р на мобильной стартовой установке СУТР-1

На завершающем этапе полета маршевый двигатель выключался, и машина производила приземление с помощью парашюта на выбранный участок местности [1].

Ту-123 "Ястреб" – сверхзвуковой дальний беспилотный разведчик

В конце 50-х годов в связи с нарастанием угрозы ядерного удара со стороны США руководство СССР приняло решение создать систему дальней беспилотной фото- и радиоразведки под шифром "Ястреб" (постановление Совета министров П900-376 от 16.08.1960).

Ответственным за решение этой задачи определили ОКБ Туполева. КБ поручалось на основе созданного опытного беспилотного самолета Ту-121 спроектировать дальний беспилотный разведчик. БПЛА должен был быть оборудован аппаратурой фото- и радиоразведки, системами привода в заданную точку и спасения полученных разведывательных материалов. Дополнительно КБ поручалось проработать возможность многократного использования всего беспилотного ЛА. Новый беспилотный самолет-разведчик получил в КБ обозначение "Самолет И123К (Ту-123)" или ДБР-1 (дальний беспилотный разведчик).

Ту-123 – цельнометаллический моноплан нормальной аэродинамической схемы с треугольным крылом (рис.3.4). Крыло "Ястреба" не имело механизации и каких-либо рулевых поверхностей, его внутренние объемы не использовались. Снизу-сзади на консолях крыла крепились антенны аппаратуры радиоуправления. Хвостовое оперение состояло из трех цельноповоротных рулевых поверхностей, ориентированных под углом 120° друг к другу и установленных на специальных наплывах, в которых размещались электрические рулевые машинки с водяным охлаждением. Фюзеляж состоял из шести секций. В носовой части размещалась разведывательная аппаратура массой 2800 кг. Носовая часть выполнялась спасаемой (на парашюте). Она соединялась с хвостовой частью четырьмя пневмомозамками.

Перед пуском БПЛА в автопилот вводилась заранее рассчитанная программа полета. После старта разведчик летел в автоматическом режиме. На завершающем этапе полета самолет управлялся, как правило, в ручном режиме. Это позволяло точнее вывести аппарат в район посадки. Над выбранным местом подавались радиокоманды на выключение маршевого двигателя и выпуск тормозного парашюта.

Рис. 3.4. Сохранившийся экземпляр Ту-123

Предполетная подготовка и запуск ДБР-1 производились на стартовой установке СУРД-1, которая могла буксироваться тягачом МА3-537 (рис.3.5). Перед пуском самолет поднимался в стартовое положение под углом 12 градусов к горизонту. Включался маршевый двигатель и выводился на максимальный, а затем на форсажный режим работы. Самолет при этом удерживался на установке единственным специальным болтом. Далее командир стартового расчета производил пуск. Одновременно срабатывали оба пороховых ускорителя, и аппарат, срезая спецболт, сходил с установки. Через несколько секунд после старта отработавшие ускорители отстреливались.

При посадке после выпуска тормозного парашюта производилось отделение от самолета носовой части, выпуск ее посадочных опор и основного парашюта, обеспечивающих безопасное приземление этого отсека. Хвостовая часть самолета опускалась на землю на тормозном парашюте с большой вертикальной скоростью и при ударе о землю деформировалась так, что повторно быть использована не могла.

Государственные испытания Ту-123 были закончены в декабре 1963 года. В 1964 году система ДБР-1 "Ястреб" была принята на вооружение ВВС Советской Армии. Серийное производство БПЛА Ту-123 и других элементов системы продолжалось в Воронеже до 1972 года, всего было построено 52 экземпляра беспилотного самолета-разведчика. Полеты "Ястреба" с целью проверки и поддержания практических навыков летчиков и специалистов проводились, как правило, только на крупных советских полигонах (Забайкалье, Дальний Восток, Средняя Азия). Маршрут прокладывался над малонаселенными районами СССР. Система состояла на вооружении разведывательных подразделений ВВС до 1979 года [1].

Рис. 3.5. Ту-123 на стартовой установке

Основные характеристики Ту-123:

- размах крыла: 8,41м;
- длина: 27,84 м;
- высота: 4,78 м;
- максимальный взлетный вес: 35610 кг;
- крейсерская скорость: 2700 км/ч;
- потолок: 22800 м;
- максимальный радиус действия: 1400 км;
- тип двигателя: КР-15, турбореактивный с форсажной камерой;
- тяга двигателя 10000 кгс.

Используя опыт по Ту-123, в конце 60-х годов КБ Туполева разработало и вывело на испытания его полностью спасаемый вариант Ту-139 "Ястреб-2" (ДБР-2).

В дальнейшем работы КБ Туполева по беспилотной тематике развивались в русле создания тактических и оперативных дозвуковых полностью спасаемых разведывательных многофазовых летательных аппаратов. В 70-е годы испытываются, запускаются в серию и передаются в войска оперативно-тактический Ту-141 "Стриж" (БР-2) и тактический разведывательный комплекс Ту- 143 "Рейс" (БР-3) [2].

Ту-141 "Стриж"

К разработкам оперативно-тактического комплекса Ту-141 (БР-2 "Стриж") (рис.3.6) и тактического комплекса Ту-143 (БР-3, "Рейс") в ОКБ Туполева приступили практически одновременно. Многие технические решения для обоих комплексов были очень близки, отличия в основном касались дальности действия систем. Беспилотный комплекс

оперативно-тактической разведки ВР-2 "Стриж" предназначался для проведения разведывательных операций на глубину в несколько сотен километров от линии фронта, тактический комплекс ВР-3 "Рейс" – в несколько десятков.

В процессе разработки было принято решение отказаться от сверхзвукового режима и ограничиться скоростью 1000 км/ч на всем маршруте выполнения разведывательного полета. В окончательном варианте по идеологическому построению комплекс "Стриж" и его элементы в основном повторили своего меньшего собрата комплекс "Рейс" и отличались от него расширенным составом бортового и разведывательного оборудования, размерами самолета-разведчика и новым наземным комплексом средств обслуживания и обеспечения боевой работы.

Рис. 3.6. Один из сохранившихся экземпляров БПЛА Ту-141

Первый опытный экземпляр самолета "141" совершил полет в декабре 1974 года. Серийная постройка самолета "141" была развернута в 1979 году на Харьковском авиационном заводе (бывший № 135), всего до момента окончания серии в 1989 году завод выпустил 152 экземпляра самолета "141". Выпуск этого изделия был организован также на авиазаводе в г. Кумертау (Башкирия). После окончания заводских и государственных испытаний комплекс "Стриж" был принят на вооружение Советской Армии. В основном комплексы поступили в части, дислоцированные на западных границах СССР, и после распада последнего большая часть из них оказалась в собственности новых независимых государств, в частности Вооруженных силах Украины.

Самолет "141" представлял из себя цельнометаллический низкоплан, выполненный по схеме "бесхвостка" с передним горизонтальным оперением. Управление самолетом осуществлялось с помощью двухсекционных элевонов на треугольном крыле и руля направления. Фюзеляж – круглой формы диаметром в цилиндрической части 950 мм, переходящий в районе установки двигателя в овальную. Двигатель компоновался под углом 4,5° к оси самолета. Шасси выполнялось трехпорным, пятюточного типа, выпускавшимся на посадке.

Ту-141 по составу разведывательного оборудования (аэрофотоаппараты, инфракрасная разведывательная система) был способен выполнять соответствующие виды разведки в любое время суток. Состав навигационно-пилотажного комплекса обеспечивал нормальную работу разведчика и его оборудования на больших удалениях от места старта. Для комплекса рассматривались варианты оснащения БПЛА Ту-141 средствами лазерной и радиационной разведки.

Наземное обслуживание и старт самолета-разведчика осуществлялись с помощью специальных наземных мобильных средств, обеспечивавших эффективное использование беспилотного самолета-разведчика, быструю переброску основных элементов комплекса своим ходом на большие расстояния с сохранением необходимого уровня боеспособности (рис.3.7).

Рис. 3.7. БПЛА Ту-141 на стартовой установке

При транспортировке часть консолей крыла отклонялась в вертикальное положение, что

уменьшало габариты самолета. Старт самолета-разведчика осуществлялся с помощью мощного стартового твердотопливного ускорителя, монтировавшегося под хвостовой частью фюзеляжа. Посадка самолета-разведчика после выполнения задания осуществлялась с помощью парашютной системы (тормозной и посадочный парашюты) (рис.3.8).

Рис. 3.8. Посадка БПЛА Ту-141

Основные характеристики Ту-141:

- размах крыла: 3,875 м;
- длина: 14,33 м;
- высота: 2,435 м;
- максимальный взлетный вес: 5370 кг;
- максимальная скорость: 1110 км/ч;
- максимальный радиус действия: 400 км;
- минимальная операционная высота полета: 50 м;
- максимальная операционная высота полета: 6000 м;
- тип двигателя: турбореактивный КР-17А с тягой 2000 кгс.

Ту-143 "Рейс"

30 августа 1968 года вышло Постановление Совета Министров СССР № 670-241 на разработку нового беспилотного комплекса тактической разведки "Рейс" (БР-3) и входящего в него беспилотного самолета-разведчика "143" (Ту-143). В техническом задании на комплексы нового поколения в дополнение к автономности, мобильности и другим тактико-техническим требованиям был добавлен ряд пунктов, выполнение которых заставило разработчиков серьезно пересмотреть вопросы проектирования, производства и испытаний беспилотных комплексов и входящих в него элементов. В частности, летательный аппарат должен был быть многократного использования, выполнять полеты как на малых, так и на больших высотах в диапазоне 50-5000 м, а также над горными районами. Высокие требования предъявлялись к пилотажно-навигационному комплексу, который должен был обеспечивать достаточно точный выход самолета-разведчика в район разведки и на площадку посадки размером 500х500 м, куда производилась посадка после выполнения задания. Малое время, отводившееся по заданию на подготовку и старт самолета-разведчика, потребовал разработки нового комплекса бортовой аппаратуры на основе современной элементной базы, а также создания двигателя с высокой степенью надежности.

Комплекс тактической разведки "Рейс" был разработан и испытан в кратчайшие сроки. В декабре 1970 года состоялся первый успешный полет БПЛА Ту-143. Испытания закончились в 1976 году, после чего комплекс "Рейс" был принят на вооружение Советской Армии. Серийное производство комплекса началось еще в ходе государственных испытаний. В 1973 году на авиазаводе в г. Кумертау (Башкирия) была запущена в серийное производство опытная партия в 10 штук БПЛА Ту-143, а вскоре началось полномасштабное производство

комплекса. Всего до окончания серии в 1989 году, было выпущено 950 разведывательных БПЛА Ту-143.

Конструкция БПЛА Ту-143 во многом повторяла конструкцию Ту-141. Фюзеляж был разбит на четыре отсека: Ф-1, Ф-2, Ф-3 и Ф-4. Носовой отсек Ф-1, представлявший из себя съемную конструкцию, был полностью сменяемым (контейнер с фотоаппаратурой или контейнер с телевизионным оборудованием), а также предусматривал замену отдельных блоков. Отсек выполнялся из стеклопластика и имел фотолук для объективов соответствующей аппаратуры. Отсек Ф-2 служил для размещения бортовой аппаратуры управления и системы электроснабжения. Отсек Ф-3 служил для размещения топливного бака, внутри которого проходил канал воздухопровода от воздухозаборника к двигателю, топливного насоса, топливного аккумулятора, противоперегрузочного устройства и гидронасоса. Внутри отсека устанавливался маршевый двигатель типа ТРЗ-117 с коробкой агрегатов. Отсек фюзеляжа Ф-4 являлся гондолой двигателя, в верхней части переходящей в парашютный контейнер и вертикальное оперение. В парашютном контейнере находился посадочный парашют, а в его сбрасываемом коке – тормозной парашют. Под фюзеляжем находился стартовый твердотопливный ускоритель типа СПРД-251. Посадочное устройство состояло из трехопорного шасси пяточного типа, выпускаемого при посадке. Передняя опора убиралась в отсек Ф-2, две основные опоры – внутрь консолей крыла. Поступательная горизонтальная скорость гасилась с помощью тормозного парашюта, вертикальная посадочная – с помощью посадочного парашюта и тормозного твердотопливного двигателя, срабатывавшего по касанию крыльевых щупов тормозной системы.

Организационно части, оснащенные комплексом "Рейс", представляли из себя эскадрильи, на вооружение каждой из которых было 12 разведывательных БПЛА Ту-143, четыре пусковые установки, а также имелись средства подготовки, обеспечения старта, посадки и эвакуации разведчиков, командный пункт, узлы связи, пункт обработки и дешифрирования развединформации, технико-эксплуатационная часть, где хранились самолеты-разведчики последующих стартов. Основные средства комплекса были мобильны и перебрасывались с помощью штатных транспортных средств эскадрильи (рис.3.9-3.12).

Рис. 3.9. БПЛА Ту-143 на пусковой установке

Рис. 3.10. Старт БПЛА Ту-143

Новый комплекс был быстро освоен в войсках и получил высокую оценку как надежное, высокоэффективное средство тактической разведки. Комплекс "Рейс" убедительно показал существенные преимущества в сравнении с пилотируемыми средствами тактической разведки, оснащенными аналогичной аппаратурой. Важным преимуществом разведывательного БПЛА Ту-143 как носителя разведывательного оборудования было наличие навигационно-пилотажного комплекса, обеспечивавшего более точный выход на участок разведки в сравнении с пилотируемыми тактическими самолетами-разведчиками ВВС того периода (МиГ-21Р, Як-28Р). Особенно это было важно при решении задач по нескольким участкам разведки за один полет и при близком расположении их друг от друга по разным направлениям. Строгая стабилизация разведывательного БПЛА Ту-143 на участках разведки, необходимый температурный режим в приборном отсеке в условиях полета обеспечивали оптимальные условия работы разведывательной аппаратуры и получение информации высокого качества. Аэрофотоаппаратура, устанавливавшаяся на разведчике, позволяла с высоты 500 м и при скорости 950 км/ч распознавать предметы на земле в габаритах от 20 см

и выше. Комплекс хорошо себя зарекомендовал в условиях применения в горной местности при стартах и посадках на площадках на высотах до 2000 м над уровнем моря и при облетах горных массивов высотой до 5000 м. При использовании в горных районах комплекс "Рейс" становился практически неуязвимым для средств ПВО противника, что делало его прекрасным средством ведения боевых операций в условиях горных районов кавказского и азиатского театров военных действий, а также над горными районами Европы. Комплекс "Рейс" поставлялся на экспорт в Чехословакию, Румынию и Сирию, где принял участие в боевых действиях во время Ливанского конфликта в начале 80-х годов. В Чехословакию комплексы "Рейс" поступили в 1984 году, там было сформировано две эскадрильи.

Рис. 3.11. БПЛА Ту-143 после посадки

Рис. 3.12. БПЛА Ту-143 на транспортной машине

Основные характеристики Ту-143:

- размах крыла: 2,24 м;
- длина: 8,06 м;
- высота: 1,545 м;
- максимальный взлетный вес: 1230 кг;
- крейсерская скорость: 950 км/ч;
- максимальный радиус действия: 80 км;
- минимальная операционная высота полета: 200 м;
- максимальная операционная высота полета: 1000 м;
- максимальная продолжительность полета: 0,25 ч;
- тип двигателя: турбореактивный ТРЗ-117;
- тяга двигателя: 640 кгс.

Ту-243 "Рейс-Д"

В конце 70-х годов, после поступления в войска комплекса Рейс", встал вопрос о его модернизации с целью повышения его эффективности. Перед ОКБ Туполева была поставлена задача по оснащению самолета-разведчика новыми средствами и типами разведывательного оборудования, имевшими более высокие характеристики разрешения, введение систем, дающих возможность вести разведывательные действия в ночных условиях. Были выставлены требования по улучшению летно-тактических данных, в частности, по дальности полета. По наземному комплексу требовалось сократить состав обслуживающего персонала, количество технических средств и упростить процесс эксплуатации. Тактико-технические требования к комплексу были утверждены заказчиком в феврале 1983 года. До 1987 года ОКБ занималось проектированием и постройкой опытных

образцов разведывательного БПЛА, получивших по ОКБ шифр самолет "243" (Ту- 243).

Первый полет опытный БПЛА Ту-243 совершил в июле 1987 года. Опытная партия самолетов Ту-243 прошла государственные испытания и новый комплекс был запущен в серийное производство с 1994 г. на заводе в г. Кумертау вместо комплекса "Рейс" (рис.3.13). Принят на вооружение в 1999 г. Работы, проведенные в рамках создания нового беспилотного разведывательного комплекса "Рейс-Д" позволили увеличить эффективность комплекса более чем в 2,5 раза.

Конструкция планера БПЛА Ту-243 по сравнению с Ту-143 особых изменений не претерпела. Сохранив в основном общую аэродинамическую компоновку, самолетные системы, силовую установку БПЛА Ту-143, разработчики полностью обновили состав разведывательного оборудования, внедрили новый навигационно-пилотажный комплекс НПК-243, выполненный на более современной элементной базе, произвели перекомпоновку размещения оборудования БПЛА, увеличили запас топлива и т.д.

Разведывательное оборудование, комплектующееся в двух вариантах, позволяет вести операции в любое время суток. В первом варианте комплектации на борту устанавливаются панорамный аэрофотоаппарат типа ПА-402 и система телевизионной разведки "Аист-М" с передачей информации в реальном масштабе времени по радиолинии "Трасса-М", во втором варианте – ПА-402 и система инфракрасной разведки "Зима-М" с передачей информации по "Трассе-М". Помимо передачи на землю по радиолинии информация записывается на носители, расположенные на борту БПЛА. Новое, более производительное, разведывательное оборудование в сочетании с улучшенными характеристиками самолета-носителя позволили довести площадь разведки за один вылет до 2100 кв. км. Как и в случае комплекса "Рейс", на новом комплексе возможно использование аппаратуры радиационной разведки. Для облегчения поиска БПЛА Ту-243 после посадки на землю на нем устанавливается радиомаяк типа "Маркер".

Рис. 3.13. БПЛА Ту-243 "Рейс-Д"

Основные характеристики Ту-243:

- размах крыла: 2,25 м;
- длина: 8,29 м;
- высота: 1,576 м;
- максимальный взлетный вес: 1400 кг;
- крейсерская скорость: 940 км/ч;
- максимальный радиус действия: 160 км;
- минимальная операционная высота полета: 50 м;
- максимальная операционная высота полета: 5000 м;
- тип двигателя: турбореактивный ТР3-117А;
- тяга двигателя: 640 кгс.

Ту-300 "Коршун"

Одной из последних работ в области создания беспилотных летательных аппаратов в КБ Туполева стало проектирование многоцелевого БПЛА Ту-300. В начале 1990-х годов было построено несколько опытных экземпляров этих оперативно-тактических дистанционно-пилотируемых ударных аппаратов. Ту-300 проектировался уже не просто как разведывательный БПЛА, но и как носитель ракетного или бомбового вооружения. Аппарат прошел испытания и демонстрировался на различных выставках в 1990-е годы, но дальнейшая судьба его не известна (рис.3.14).

Кроме собственно БПЛА Ту-300 в оперативно-тактический комплекс разведки фронтового звена "Строй-Ф" входят также транспортно-пусковая установка, пункт дистанционного управления и пункт дешифровки разведданных, – все это смонтировано на автомобилях ЗиЛ-131. Для взлета используются твердотопливные ускорители. Для посадки аппаратов используется парашютная система.

Основные характеристики Ту-300:

- вес пустого аппарата: 3000 кг;
- максимальная скорость: 950 км/ч;
- крейсерская скорость: 500-600 км/ч;
- потолок: 6000 м;
- максимальный радиус действия: 200-300 км;
- минимальная операционная высота полета: 500 м;
- максимальная продолжительность полета: 2 ч;
- тип двигателя: ТРД.

Рис. 3.14. БПЛА Ту-300 "Коршун"

Тактический БПЛА "Пчела-1Т"

Создано в ОКБ Яковлева. БПЛА входит в состав комплекса "Строй-П". В 1982-1991 гг. были спроектированы и построены два типа БПЛА для этого комплекса. Первый аппарат – изделие 60С совершил первый полет 17 июля 1983 г. Он был оснащен двигателем Самара П-020. В процессе испытаний было выполнено 25 запусков, из которых 20 признаны успешными. Вся электронику разрабатывал НИИ "Кулон", стартовое устройство – ОКБ "Горизонт". Второй БПЛА – "Пчела-1Т" (изделие 61) – и стал прототипом для серийного производства. Первый полет совершил 26 апреля 1986 г. Испытательная программа завершилась в сентябре 1989 г. после 68 пусков (52 успешных). Известно что испытания комплекса сопровождались большими трудностями (в частности, долгое время не удавалось добиться стабильной работы системы управления полетом).

Летательный аппарат представляет собой высокоплан с кольцевым оперением. Шасси – четыре неубираемые стойки. Толкающий винт расположен в кольцевом оперении. Планер в

основном выполнен из композиционных материалов.

Рис. 3.15. БПЛА "Пчела-1Т"

Полезная нагрузка у "Пчелы-1Т" – телекамера с зум-объективом (угол захвата – от 3 до 30 градусов), для БПЛА "Пчела- 1ИК" – инфракрасная камера. Передача развединформации выполняется в реальном масштабе времени. Полет аппарата может быть запрограммирован на земле или непосредственно контролироваться оператором. Варианты использования "Пчелы" многообразны. Этот БПЛА может подавлять радиостанции в радиусе 15 км. Также возможно использование его и в качестве мишени.

В стандартном варианте в состав комплекса "Строй-П" включены 10 БПЛА, одна станция управления/пусковая установка, один транспортный грузовик и один эксплуатационный грузовик. Обслуживающий персонал – 8 человек. Взлет "Пчелы" происходит с БМД (боевой машины десанта) по направляющей, при помощи ускорителей (рис.3.16). Посадка выполняется при помощи парашютной системы, удар о землю гасится при помощи рессорного шасси. БПЛА имеет модульное построение фюзеляжа, это позволяет моментально менять поврежденные части, восстанавливая работоспособность аппарата.

Комплекс применялся российской армией в ходе обеих чеченских войн в 1994-1996 гг. и 1999-2001 гг.

Рис. 3.16. БПЛА "Пчела-1Т" на пусковой установке

Основные характеристики БПЛА "Пчела-1Т" (по материалам [3]):

- размах крыла: 3,25 м;
- длина: 2,78 м;
- высота: 1,1м;
- максимальный взлетный вес: 138 кг;
- максимальная скорость: 180 км/ч;
- крейсерская скорость: 110 км/ч;
- максимальный радиус действия: 60 км;
- минимальная операционная высота полета: 100 м;
- максимальная операционная высота полета: 2500 м;
- максимальная продолжительность полета: 2 ч;
- диапазон рабочих температур: -30..+50 °С;
- тип двигателя: поршневой, Самара П-020;

– мощность двигателя: 32 л.с.

Тактический разведывательный комплекс "Типчак"

Разработчиком аппарата 9М62 (БЛА-05) и последующих модификаций (БЛА-07, БЛА-08) в составе разведывательного комплекса "Типчак" является Рыбинское ФГУП КБ "Луч" (подразделение ОАО "Концерн радиостроения "Вега"). Основное назначение комплекса – артиллерийская разведка.

БПЛА 9М62 выполнен по схеме двухбалочного моноплана с толкающим винтом. Конструкция планера разборная для удобства транспортировки. В состав специального оборудования входит двухспектральная широкополосная видеокамера, которая позволяет производить съемки в телевизионном и инфракрасном режимах.

В состав комплекса "Типчак" входят:

– 6 БПЛА, запускаемые с помощью пневматической катапульты;

– 4 автомобиля на базе КАМАЗ:

1) антенная машина: передача команд, приём информации и определение координат БПЛА радиолокационным методом, обеспечивает одновременную работу 2-х БПЛА;

2) операторская машина: управление комплексом, обработка информации, привязка к цифровой карте местности, выделение объектов разведки и передача итоговой информации в войска;

3) транспортно-пусковая машина: транспортировка 6-ти БПЛА и обеспечение их запуска пневматической катапульты;

4) машина технического обеспечения: поиск приземлившихся БПЛА, транспортировка запаса расходных материалов.

Система посадки БПЛА: парашютная.

Основные характеристики БПЛА 9М62 комплекса "Типчак":

– размах крыла: 3,4 м;

– длина: 2,4 м;

– максимальный взлетный вес: 50 кг;

– максимальная скорость: 200 км/ч;

– минимальная скорость: 90 км/ч;

– минимальная операционная высота полета: 200 м;

– максимальная операционная высота полета: 3000 м;

– радиус разведки: 70 км;

– продолжительность полета: 3 ч;

– тип двигателя: поршневой;

– мощность двигателя: 13 л.с.

Рис. 3.16. Первый прототип БПЛА комплекса "Типчак"

Рис. 3.17. Погрузка БПЛА комплекса "Типчак" на стартовую установку

В 2007 года БПЛА 9М62 в составе комплекса прошел государственные и войсковые испытания и находился некоторое время в опытной эксплуатации. На вооружение российских войск должен был поступать с 2008 года. Но в связи с неудачей на сравнительных испытаниях (потеря двух серийных машин) и сокращением штата артиллерийской разведки МО РФ отказалось от закупки комплексов данного типа [4].

3.2. Современное состояние российской беспилотной авиации

Несмотря на достижения советского периода, сейчас развитие БПЛА в России значительно отстаёт от аналогичных программ стран НАТО. Хроническое недофинансирование (а часто и просто закрытие) многих проектов по разработке БАС в 1990-е годы привело к тому, что из отрасли ушли многие квалифицированные специалисты, был утерян нарабатываемый годами опыт. Практически не развивались специфичные технологии, применяемые при создании БПЛА (особенно в области систем управления). В то же время потребности в развитии беспилотной авиации стали ощущаться все острее. Так, в результате военного конфликта между Россией и Грузией в августе 2008 года стало очевидно, что вооружение российской армии во многом устарело и ей, в частности, не хватает современных разведывательных беспилотников. Предпринятые срочные меры по улучшению ситуации не дали желаемого результата, – сказались отсутствие какой-либо стратегии развития БАС, слабое финансирование, да и просто долгое невнимание к отрасли. В итоге вложение в 2000-х годах бюджетных денег, направленных на разработку новых БПЛА, оказалось очень неэффективным. По сообщениям [5], Минобороны РФ потратило на разработку БПЛА 5 млрд. рублей. 7 апреля 2010 г. заместитель министра обороны РФ генерал-полковник Владимир Поповкин сообщил прессе, что эти вложения не принесли искомого результата: "В прошлом году мы провели испытания всех представленных российской промышленностью беспилотных летательных аппаратов. Ни один из них не выдержал программу испытаний". В этой связи, в 2010 году МО РФ заказало у израильской компании Israel Aerospace Industry 3 вида разведывательных беспилотных самолётов (малого и среднего класса) для нужд своей армии. Общее количество аппаратов – 63 единицы. Виды закупленных БПЛА:

– Bird-Eye 400;

– I-View;

– Searcher MkII.

В 2011 г. работа Минобороны по приобретению БПЛА велась параллельно как с отечественными предприятиями промышленности, так и с зарубежными компаниями. Так, в подмосковной Кубинке израильскими специалистами была завершена подготовка российских операторов и техников (рис. 3.18). Осенью иностранные беспилотники были использованы в крупномасштабных оперативно-стратегических учениях "Центр-2011". Израильские системы

Searcher MkII получили неплохие отзывы не только со стороны военных эксплуатантов, но и со стороны ряда представителей отечественной промышленности. Многие специалисты, в частности, отметили их хорошую отработанность как комплексов [6].

Рис. 3.18. БПЛА Searcher Mk II в Кубинке

Параллельно с эксплуатацией израильских БПЛА в российских Вооруженных Силах в 2011 г. реализовывался проект по организации сборочного производства этих систем в нашей стране. Соответствующее соглашение было подписано руководством израильской компании IAI и российской ОПК "Оборонпром". Контракт оценивается примерно в 400 миллионов долларов. В течение года сборочное производство было развернуто на базе Уральского завода гражданской авиации (УЗГА) в г. Екатеринбурге (рис. 3.19). Уже на авиасалоне МАКС-2011 можно было увидеть БПЛА Searcher MkII российской сборки под названием "Форпост" (рис. 3.20).

Рис. 3.19. Сборка лицензионных БПЛА в цехе УЗГА (г. Екатеринбург)

Рис. 3.20. БПЛА Searcher Mk II "Форпост" на авиасалоне МАКС-2011

Позитивный для компании IAI опыт выхода на российский рынок послужил своеобразным сигналом и для других израильских разработчиков беспилотных систем. В частности, в 2011 г. представительства в России появились у компаний BlueBird Aero Systems и Innoscon.

Развитие военно-технического сотрудничества в области беспилотной техники не обошло стороной и вертолетные комплексы. Еще в начале 2011 г. стало известно о контактах ростовской компании "Горизонт" с австрийской фирмой Schiebel, создавшей один из наиболее коммерчески успешных беспилотных комплексов Camcopter S-100. Во время парижского авиасалона Le Bourget 2011 руководитель компании "Горизонт" Игорь Хохлов заявлял, что в нашей стране будет создано сборочное производство БПЛА Camcopter. В подтверждении этого российско- австрийский беспилотник можно было видеть на стенде и на открытой площадке компании "Горизонт" на военно-морском салоне в Санкт-Петербурге в 2013 г. (рис.3.21). Camcopter благодаря высокой надежности за достаточно короткий период был сертифицирован в России. Аппараты S-100 прошли испытания в реальных условиях на ледоколе в Балтийском море и с 2012 г. на пограничном корабле проекта 22460 класса "Рубин", что показало возможность использования беспилотного вертолетного комплекса корабельного базирования.

Рис. 3.21. БПЛА S-100, производимый компанией "Горизонт" (г. Ростов-на-Дону) по лицензии австрийской фирмы Schiebel

Однако очевидно, что импортные технологии не могут долго составлять основу для производства наших беспилотных авиационных комплексов. Это можно допустить только как временное вынужденное решение. Поэтому параллельно с закупками импортной техники и

организации лицензионной сборки в 2009- 2011 г. были объявлены тендеры, по результатам которых ряд российских фирм получил контракты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых типов чисто российских БПЛА.

До 2011 г. в составе Военно-воздушных сил России имелось два специальных полка БПЛА, исследовательская эскадрилья и Центр боевого применения БПЛА в г. Егорьевске Московской области. Согласно указанию Генштаба Вооружённых сил РФ с 1 сентября 2011 года части и подразделения беспилотной авиации исключены из состава ВВС и переданы в Сухопутные войска. Поэтому сегодня основным потребителем этого вида вооружений являются Сухопутные войска [7]. Это не относится к БПЛА классов HALE и MALE, которые заказывать и использовать будут по- прежнему ВВС. Но пока таких аппаратов на вооружении практически нет.

В 2013 г. из отечественных БПЛА на вооружении российской армии находились:

- Ту-243;
- Пчела- 1Т;
- ZALA 421-08;
- Орлан-10.

Первые два из перечисленных БПЛА описаны выше. Два других представляют собой БПЛА малой дальности.

ZALA 421-08

Это сверхмалый беспилотный летательный аппарат. Предназначен для наблюдения, целеуказания, корректировки огня, оценки ущерба. Эффективен в проведении аэрофто- и видеосъемки на небольшом удалении. Производится ижевской компанией "ZALA AERO GROUP".

БПЛА ZALA 421-08 разработан по аэродинамической схеме "летающее крыло" (рис.3.22) и состоит из планера с системой автоматического управления автопилотом, органов управления и силовой установки, бортовой системы питания, системы парашютной посадки и съемных блоков целевой нагрузки. Запускается ZALA 421-08 с рук. Метод посадки – автоматически с парашютом.

Рис. 3.22. БПЛА ZALA 421-08

Этот легкоуправляемый БПЛА получает и передает в режиме реального времени качественную фото-, видео- и тепловизионную информацию по исследуемой территории (рис.3.23). Модель выгодно отличается низкой акустической и визуальной заметностью, надежностью и лучшими в своем классе целевыми нагрузками. Самолет не требует специально подготовленной взлетно-посадочной площадки. Малые габариты аппарата сократили время подготовки всего комплекса к эксплуатации до 5-ти минут. Самолет совершает полеты днем и ночью при различных, даже самых суровых, метеоусловиях.

Тактико-технические характеристики ZALA 421-08 [8]:

- радиус действия видео/радиоканала: 15 км / 25 км;
- продолжительность полета: 80 мин;
- размах крыла: 810 мм;
- максимальная высота полета: 3600 м;
- тип двигателя: Электрический тянущий;
- скорость: 65-120 км/ч;
- максимальная взлетная масса: 2,5 кг;
- масса целевой нагрузки: 300 г;
- навигация: ИНС с коррекцией GPS/ГЛОНАСС, радиодальномер;
- диапазон рабочих температур: -30°C...+40°C.

Рис. 3.23. Наземная станция ZALA

Разведкомплекс с БПЛА "Орлан-10"

"Орлан-10" (рис.3.24) – многофункциональный беспилотный комплекс, предназначенный для ведения наблюдения за протяженными и локальными объектами в труднодоступной местности, в том числе при проведении поисковых и ремонтных работ. Разработан предприятием "Специальный технологический центр" (г.С.-Петербург) [9].

В состав комплекса входят рабочие места операторов, оборудование радиоканалов управления и передачи данных, оборудование для технического обслуживания и обеспечения старта БПЛА, бензогенератор 1 кВт для обеспечения автономной работы. Пункт управления БЛА "Орлан-Ю" имеет возможность осуществлять управление до 4-х БПЛА с одного пункта управления. При необходимости с помощью комплекса возможно организовать локальную сеть до 30 операторов для управления полезными нагрузками одновременно запускаемых БПЛА.

В качестве карты используется растровое изображение местности с привязкой по нескольким точкам или электронная карта. Для маршрута указывается до 60 точек в которых задаётся высота и признак её облета: проход по высоте или барражирование. Корректировка маршрута осуществляется по радиоканалу. Возможно указание точки "Дом" и точки посадки, а также алгоритмы поведения в нештатных ситуациях (пропадание радиосвязи, отсутствие сигналов GPS, отказ двигателя). Оператором указываются точки включения и выключения полезной нагрузки, а при использования фотоаппарата- коэффициент перекрытия кадров.

Рис. 3.24. БПЛА "Орлан-10". Старт с катапульты

Возможности комплекса:

- оперативная замена полезной нагрузки и состава бортового оборудования;

- обеспечение видео- и фотосъемки в сочетании с регистрацией текущих параметров (координаты, высота, номер кадра);
- использование в сложных метеоусловиях и с ограниченных площадок;
- размещение контрольно-измерительной аппаратуры внутри консолей крыла;
- наличие бортового генератора позволяет использовать активные нагрузки в течение всего полета;
- использование одного БПЛА в качестве ретранслятора для остальных.

Основные характеристики:

- взлетная масса: 14 кг;
- масса полезной нагрузки: до 5 кг;
- двигатель: ДВС (бензин А-95);
- способ старта: с разборной катапульты;
- способ посадки: на парашюте;
- воздушная скорость: 90-150 км/ч;
- макс. продолжительность полета: 16 ч;
- макс. дальность применения комплекса: до 120 км от наземной станции управления (до 600 км в автономном режиме);
- макс. высота полета над уровнем моря: 5000 м;
- макс. допустимая скорость ветра на старте: 10 м/с;
- диапазон рабочих температур: -30 до +40 °С.

Рассмотренные 2 последних типа БПЛА и им подобные только начинают поступать на вооружение. Вполне естественно, что как компаниям-разработчикам, так и заказчику хотелось бы ускорить процесс поставок БПЛА в войска. Однако постановка на вооружение новых для армии систем – дело довольно сложное. Необходимо соблюсти все существующие формальности, связанные с прохождением государственных испытаний по линии Минобороны. К сожалению, в бюджете военного ведомства средства на эти нужды не всегда предусматриваются. Соответственно, компании вынуждены идти на покрытие этих расходов за свой счет. Затраченные усилия часто оказываются не напрасными, и запланированные закупки по каждому из отобранных комплексов в размере обещанных нескольких десятков единиц все-таки осуществляются.

Опыт зарубежных армий показывает, что мини-БПЛА в наши дни становятся традиционным средством разведки в подразделениях на уровне "рота-взвод". Оперативность развертывания и независимость от других источников развединформации делает БПЛА этого класса одним из наиболее эффективных инструментов оперативной разведки. В случае налаживания конструктивного диалога между предприятиями промышленности и военным ведомством в нашей стране объемы закупок могут составить сотни и даже тысячи единиц [6].

На очереди – рассмотрение российскими военными вопроса о приобретении более тяжелых БПЛА тактического класса, которые являются одними из наиболее востребованных в мире. Но если в классе мини-БПЛА российские компании предлагают множество систем, то здесь

выбор гораздо скромнее. Помимо двух вариантов "Типчака", разработанных рыбинским конструкторским бюро "Луч", это БПЛА "Инспектор-601" компании "Аэрокон" (г. Жуковский Моск. обл.), а также БПЛА "Дозор-100" петербургской компании "Транзас".

Аппарат "Дозор-100"

Этот БПЛА (рис. 3.25) представляет собой усовершенствованную версию платформы "Дозор-85" в направлении повышения дальности и продолжительности полета. Он вполне мог бы составить конкуренцию израильским аналогам Searcher 2 или Bird Eye. Удлиненное крыло позволило повысить летное качество планера и уменьшить расход топлива в крейсерском полете. Система выпуска выхлопных газов скрыта внутри фюзеляжа, чем обеспечивается снижение тепловой заметности в полете и уменьшение шума выхлопных газов. Размещение силовой установки в кормовой части планера позволяет рационально компоновать полезную нагрузку БПЛА, высвобождает пространство для размещения антенных устройств различных типов. Применение V-образного хвостового оперения обеспечивает правильную центровку планера при размещении двигателя в хвосте фюзеляжа БПЛА.

Основные характеристики БПЛА "ДОЗОР-100":

- размах крыльев: 5,4 м;
- длина: 3 м;
- высота: 1,1 м;
- макс. взлетная масса: 95 кг;
- макс. масса топлива: 24 кг;
- масса полезной нагрузки: 15-32 кг;
- двигатель: ДВС 19 л.с.;
- продолжительность полета: 10 ч;
- макс. дальность: 1200 км;
- крейсерская скорость: 120-150 км/ч;
- предельная высота: 4,5 км;
- диапазон рабочих температур: -50 до +40 °С;
- полезная нагрузка: видеокамера переднего обзора, оптикоэлектронная система на поворотной управляемой платформе (FLIR), автоматический цифровой фотоаппарат
Опционально: лазерный дальномер, радиолокатор переднего обзора, груз на внешней подвеске, радар с синтезированной апертурой;
- навигация и управление: инерциальная система, интегрированная с приемником спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS и баровысотомером; система воздушных сигналов; бортовой компьютер; радиолинии передачи данных и командная; аппаратура АЗН-В (предназначена для осуществления полетов в общем воздушном пространстве с другими пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами).

Еще после заключения первой российско-израильской сделки многие эксперты сделали вывод о том, что закупленные БПЛА, очевидно, не закроют потребности российских военных по всему спектру необходимых систем. Географические масштабы нашей страны, а также задачи, стоящие перед Вооруженными Силами, формируют потребность в аппаратах большой продолжительности полета (MALE-класса). Понимая это, российские военные проявляли интерес также к более крупным системам разработки IAI – аппаратам типа Heron. Однако разрешения на их продажу России так и не было получено.

Очевидно поэтому осенью 2011 г. Минобороны РФ провело тендер на средневысотные БПЛА большой продолжительности полета и габаритов, близких к американским аппаратам Predator и Reaper. Решение по конкурсу не было простым. Симптоматично, что Минобороны отказало прежним "фаворитам": концерну "Вега", который имел статус головного предприятия по комплексам БПЛА в России, но снискало не лучшие отзывы в этой области у военных, а также компании "Туполев", которая в нашей стране имеет самый длительный стаж работ в области беспилотных систем, но находится сейчас в весьма сложной кадровой и технологической ситуации. Не получила желаемого заказа и компания "МиГ", несколько лет назад предложившая концепцию перспективного ударного БПЛА. Военные отдали предпочтение предприятиям, положительно проявившим себя в условиях рыночной экономики. Это разработчик высокотехнологичных электронных систем "Транзас", которому поручили создание меньшего из двух беспилотников MALE-класса, и один из основных поставщиков воздушных мишеней для Минобороны РФ – казанская компания "Сокол" (г. Казань), которой предстоит построить российский аналог БПЛА Reaper.

Таким образом, в последние годы заказчик военных БПЛА в лице Минобороны демонстрирует достаточно взвешенный и прагматичный подход, сочетающий заказ имеющихся на рынке российских БПЛА с импортом тех типов беспилотников, которые отсутствуют в продуктовых линейках российских компаний. А при невозможности первого и второго делается заказ на разработку соответствующих систем под требования заказчика.

В целом, на сегодняшний день ситуация с разработками и производством БПЛА в России выглядит несколько лучше, чем еще несколько лет назад. Создан ряд необходимых предпосылок для дальнейшего более активного оснащения Вооруженных Сил России современными разведывательными и разведывательноударными системами на базе БПЛА.

В 2014 г. сформирован Государственный центр беспилотной авиации Минобороны РФ. В нем уже начали подготовку операторов беспилотных авиационных систем.

В феврале 2014 г. министр обороны России Сергей Шойгу во время встречи со студентами Сибирского федерального университета в Красноярске рассказал, что на программу оснащения Вооруженных сил РФ беспилотными летательными аппаратами, рассчитанную до 2020 года, будет потрачено почти 320 миллиардов рублей. В настоящее время, по его словам, российская армия уже "имеет почти 500 беспилотных летательных аппаратов, которые работают", выполняя задачи по разведке, связи, ретрансляции сигналов и боевому применению [15].

Невоенные БАС

(по материалам [10])

Невоенные БАС в России, как и во всем мире, имеют свои специфичные тенденции развития.

В таких сферах, как дистанционное зондирование земли, контроль коммуникаций и границ, ретрансляция сигналов они снижают себестоимость услуг на порядок и даже больше по сравнению с традиционными космическими или авиационными системами. Прогрессу невоенных систем способствует миниатюризация и удешевление электронных компонентов бортового оборудования. Однако на пути развития беспилотной техники гражданского применения существуют три препятствия.

Техническая проблема состоит в том, что потенциальных заказчиков интересуют не БПЛА, пусть и с уникальными характеристиками, а полноценные системы, которые выполняют определенную функцию и не требуют квалифицированного обслуживания. Вторая проблема связана с первой и носит структурный характер. Большинство коммерческих заказчиков хотело бы покупать не беспилотные системы, а услуги (например, летные часы) у специализированных компаний. Очевидно, что и первый, и второй барьер преодолимы по мере того, как гражданскими БАС начинают заниматься крупные промышленные компании, имеющие соответствующие ресурс и опыт. Хуже обстоит дело с преодолением третьего барьера, который коммерческим БАС пока преодолеть не удастся. Речь идет о необходимости создания нормативно-правовой базы для сертификации БПЛА и их интеграции в существующую систему управления воздушным движением. Комплексно эта проблема не решена нигде в мире, несмотря на значительные усилия.

Сейчас существуют две альтернативные концепции интеграции БАС в воздушное пространство. Одна предполагает распространение на беспилотные системы всех существующих норм, включая, например, оснащение системами опознавания и предупреждения столкновений. Вторая концепция предлагает выделять для полетов БПЛА специальные зоны. Таким путем уже пошли в Японии, где фирма Yamaha серийно выпускает тысячи специализированных дистанционно пилотируемых вертолетов для обработки сельхозугодий и уже наладила их экспорт в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Победу, по мнению экспертов, скорее всего, одержит первая точка зрения, что усложнит жизнь промышленности.

Сегодня Россия практически не представлена в международных неправительственных организациях, где в дискуссиях создаются концепции сертификации, стандартизации и регулирования полетов беспилотной техники. Из российских компаний только "Иркут" является членом одной из ведущих таких структур – UVS International. Ситуация эта грозит повторением печального опыта борьбы нашей гражданской авиации с экологическими нормами ICAO, которые, по крайней мере частично, можно рассматривать как нетарифные барьеры на пути отечественных самолетов.

Еще не дожидаясь создания нормативно-правовой базы, беспилотные системы, по-видимому, будут закупать структуры, имеющие особые полномочия. Беспилотную технику активно закупают ФСБ (для спецназа и пограничников) и МЧС, то есть ведомства, решающие с помощью БАС критически важные задачи. Техническая политика невоенных заказчиков имеет свои специфические особенности. Как правило, они стремятся приобрести системы, простые и дешевые в эксплуатации. Поэтому не всегда заказчики выбирают российские аппараты. Все зависит от соотношения цены и технических характеристик.

Российская промышленность довольно быстро отреагировала на спрос со стороны государственных невоенных заказчиков. Целый ряд фирм в последние годы разработали проекты относительно простых и недорогих в эксплуатации беспилотных систем. Среди них: казанское ОКБ "Сокол", еще с советских времен разрабатывавшее БПЛА; ЗАО "ЭНИКС" (также расположенной в г. Казани), сосредоточившееся на небольших аппаратах; "Новик XXI век", ядро которого составили разработчики комплекса "Строй-П", и ряд других компаний или даже групп энтузиастов. Многим из этих коллективов удалось добиться успехов. Так, КБ "Искатель" Московского авиационного института разработало для ФСБ беспилотный вертолет "Ворон". "Новик XXI век" создал ряд мини-БПЛА, которые отличаются рациональными

аэродинамическими и системотехническими решениями. ЭНИКС разработал двухкилограммовый БПЛА "Элерон" с электрическим двигателем.

Большинство из упомянутых компаний реализуют инновационную модель бизнеса и не обладают достаточными финансовыми и административными ресурсами для вывода своей продукции на рынок. Соответственно, демонстрируя свои возможности, они ищут не столько заказчика, сколько инвестора. Сделать это почти никому не удастся. Военные не хотят применять импортные комплектующие. Госструктуры типа погранслужбы или МЧС не располагают необходимыми ресурсами. Коммерческих заказчиков отпугивает отсутствие нормативно-правовой базы. По всей видимости, ситуацию могут исправить грамотные директивные решения на уровне правительственных и ведомственных структур, а также более активное участие крупных фирм в разработке и производстве коммерческих БАС.

3.3. Перспективные российские БПЛА

(по материалам [11])

На российском рынке достаточно широко представлены БПЛА малого радиуса действия, предназначенные для полетов на небольших высотах. Разработкой подобных аппаратов занимается несколько компаний, они используются российскими силовыми ведомствами и МЧС, продаются отечественным и зарубежным заказчикам. К сожалению, в области высотных БПЛА, способных находиться в воздухе длительное время (MALE и HALE), дела обстоят гораздо хуже, – на вооружении пока нет аппаратов таких классов отечественной разработки. Однако очевидное отставание России от таких стран, как США и Израиль, постепенно удастся сократить. В ближайшие годы у России, по всей видимости, появится свой тяжелый ударный БПЛА.

НИР "Охотник"

Проект тяжелого ударного беспилотного летательного аппарата (тема НИР "Охотник" по изучению возможности создания ударного БПЛА массой до 20 тонн в интересах ВВС России) велась или ведется компанией "Сухой" (ОАО "ОКБ Сухого"). Впервые о планах Министерства обороны получить на вооружение ударный БПЛА заявлено на авиасалоне МАКС-2009 в августе 2009 г. В том же году стало известно, что проектирование нового ударного беспилотного комплекса должно было стать первой совместной работой соответствующих подразделений ОКБ "Сухой" и Российской самолетостроительной корпорации (РСК) "МиГ".

К этому времени РСК "МиГ" уже несколько лет в инициативном порядке разрабатывала перспективный малозаметный боевой БПЛА "Скат". БПЛА "Скат" предназначен для нанесения ударов по заранее разведанным целям, например, по средствам ПВО, а также в условиях сильного противодействия зенитных средств противника. В кооперации по разработке БПЛА "Скат" участвовали ЦАГИ, 2-й ЦНИИ Министерства обороны России, концерн радиостроения "Вега", ГосНИИАС. Полноразмерный макет БПЛА "Скат" был построен на опытном производстве РСК "МиГ" летом 2007 г. и впервые показан группе журналистов в рамках авиасалона МАКС-2007 в Раменском в одном из ангаров РСК "МиГ" (рис. 3.26). В 2012 г. разработка БПЛА "Скат" была прекращена, но результаты работ использованы при проектировании нового ударного БПЛА.

СМИ сообщили о заключении госконтракта на выполнение НИР "Охотник" с компанией "Сухой" в июле 2011 г. Официальное соглашение между "МиГ" и "Сухой" подписано 25 октября 2012 г.

Техническое задание на ударный БПЛА утверждено Министерством обороны России в апреле 2012 г. В июле 2012 г. появилась информация о том, что компания "Сухой" выбрана ВВС России в качестве головного разработчика. Вполне возможно, что ударный БПЛА разработки компании "Сухой" одновременно будет истребителем шестого поколения. Предполагается, что первый образец ударного БПЛА приступит к испытаниям не ранее 2016 г. Поступление на вооружение ожидается к 2020 г.

3 октября 2013 г. СМИ сообщили, что первый образец тяжелого ударного БПЛА будет готов в 2018 г. При его разработке используются технические решения, найденные в ходе создания истребителя пятого поколения Т-50 (ПАК-ФА). 30 мая 2014 г. заместитель председателя ВПК при Правительстве России Олег Бочкарев подтвердил, что первый полет БПЛА ожидается в 2018 г. [12].

НИР "Альтиус-М"

НИР "Альтиус-М" – это разработка экспериментального разведывательного БПЛА большой продолжительности полета, которую ведет ОКБ "Сокол" (г. Казань) совместно с компанией "Транзас" (г. Санкт-Петербург), главный конструктор – Александр Владиславович Гомзин. Аванпроект разработчиков в начале октября 2011 г. одержал победу в конкурсе Министерства обороны России на создание БПЛА взлетным весом до 5 тонн. Сумма контракта на проведение НИР "Альтиус-М" – 1 млрд рублей. Итог – разработка и постройка прототипа-демонстратора БПЛА. Сообщалось, что испытания летного образца должны начаться в 2014-2015 г.г. По состоянию на 25.03.2014 г. сборка прототипа БПЛА с наименованием "Альтаир" и бортовым № 001 ведется в стапельном цехе "КАПО-композиты" (г. Казань). Ожидается, что первый образец данного аппарата сможет подняться в воздух на рубеже 2015-2016 гг.

5 февраля 2013 г. во время визита на КАПО им.Горбунова (г. Казань) министра обороны России С.К.Шойгу была показана модель БПЛА, разработанного по НИР "Альтиус-М" (рис.3.27).

Рис. 3.27. Модель БПЛА НИР "Альтиус-М" из оформления экспозиции на авиасалоне МАКС-2013, август 2013 г.

БПЛА "Альтиус-М" выполнен по классической аэродинамической схеме, с V-образным хвостовым оперением и крыльями большого размаха, с двумя турбовинтовыми двигателями. Предназначение и возможности будущего аппарата пока не разглашаются, однако весьма вероятно, что по своим характеристикам он будет близок к американскому разведывательно-ударному БПЛА MQ-9 Reaper, т.е. максимальная взлетная масса может составить 4700-4800 кг. Вопрос о полезной нагрузке БПЛА, разрабатываемого в рамках НИР "Альтиус-М", остается открытым.

Средневысотный оперативно-тактический БПЛА взлетной массой около 1 тонны (НИР "Иноходец"), разработку которого ведет группа компаний "Транзас", вероятно, по своим характеристикам будет близок к американскому MQ-1 Predator. Летные испытания БПЛА должны начаться в 2014-2015 году.

На МАКС-2013 "Транзас" продемонстрировал гражданский вариант "Иноходца" – модель БПЛА "Орион" (рис. 3.28). Его масса около 1,2 т, а максимальная полезная нагрузка – 300 кг. Ожидается, что аппарат, оснащенный поршневым двигателем, сможет находиться в воздухе до 24 часов и подниматься на высоту 8 км. В качестве полезной нагрузки намечено разместить аппаратуру для наблюдения в оптическом и тепловом диапазонах, аэрофотосъемки, телекоммуникационное и радиолокационное оборудование. БПЛА отличается тонким крылом большого размаха, V-образным вертикальным оперением.

Рис. 3.28. Модель БПЛА "Орион"

БПЛА группы компаний ZALA AERO

Ижевская группа компаний ZALA AERO поставляет на рынок широкий спектр беспилотных аппаратов (самолетов, вертолетов и аэростатов), предназначенных для различных целей. Среди её клиентов – коммерческие компании и силовые ведомства, такие как службы МЧС и МВД.

Один из наиболее востребованных продуктов компании – уже описанный выше беспилотный самолет тактической дальности ZALA 421-08. Есть среди продуктов компании и довольно крупные аппараты – например, 200-килограммовый ZALA 421-20 (рис.3.29), способный поддерживать радиосвязь на расстоянии до 120 км, нести полезную нагрузку до 50 кг и находиться в воздухе до 8 часов, преодолев за это время около 400 км.

Рис. 3.29. БПЛА "ZALA 421-20"

ZALA 421-20 разработан, в первую очередь, для длительного наблюдения, он может использоваться для охраны границ, мониторинга трубопроводов, морской разведки, мониторинга пожаров и др. Для ZALA 421-20 был специально рассчитан профиль и их жесткость для размещения внутри крыльев встроенных топливных баков.

Аппарат может эксплуатироваться в диапазоне температур -35...+40 °С. Полезная нагрузка может легко заменяться, в частности она может включать в себя гиросtabilизированную камеру с плавным изменением угла поля зрения 360°. БПЛА ZALA 421- 20 может выполнять полностью автономный полет с использованием спутниковых систем GPS/GLONASS. Взлет: ручной или со взлетно-посадочной полосы. Посадка: взлетно-посадочная полоса, парашют или сеть.

БПЛА "Элерон"

Серия БПЛА "Элерон", выпускаемая ЗАО "Эникс" (г. Казань), включает в себя две модификации – Элерон-10СВ (среднего радиуса действия) и Элерон-3 СВ (ближнего радиуса действия). Министерство обороны запланировало покупку 17 комплексов "Элерон-3СВ" с 34 разведывательными беспилотниками в составе, поставка которых должна начаться уже в 2014 году.

Взлетная масса Элерон-3СВ – 4,3 кг, размах крыла – 1,47 м. Он способен подниматься на высоту до 5000 м, находиться в воздухе до 2 часов и лететь со скоростью 70-130 км/ч. На нем можно установить сменное оборудование для наблюдения, например, видеокамеры оптического или ИК-диапазона, ИК-излучатель, метеозонд, сбрасываемый контейнер, систему ретрансляции и постановки помех, фотоаппарат.

Рис. 3.30. БПЛА "Элерон-3СВ"

БПЛА "Груша"

Одним из самых простых и доступных беспилотных комплексов, поступающих в распоряжение Вооруженных Сил, является комплекс на базе БПЛА "Груша" (рис.3.31) производства ООО "Ижмаш" – Беспилотные системы", на счету которого несколько типов БПЛА, отличающихся составом полезных нагрузок и радиусом боевого применения – 10, 15, 25 и 100 км.

"Груша" способна вести видеонаблюдение, находясь в воздухе до 75 минут. Её "потолок" – 3000 м над уровнем моря, взлетная масса – 2,4 кг, а максимальная дальность радиосвязи – 10 км. Крейсерская скорость БПЛА – 80 км/ч, максимальная – 120 км/ч. На борту БПЛА находятся две камеры с максимальным разрешением 720х576 px и аэрофотоаппарат с разрешением 10 Mpx и четырехкратным оптическим зумом.

Рис. 3.31. Комплекс с БПЛА "Груша"

Беспилотные авиационные комплексы "Инспектор"

ЗАО "Аэрокон" (г. Жуковский Московской обл.) к 2012 г. разработала целую линейку БПЛА для комплексов воздушной разведки, наблюдения и мониторинга:

- "Инспектор-101" (взлётный вес 0,25 кг, размах крыла 0,3 м);
- "Инспектор-201" (взлётный вес 1,3 кг, размах крыла 0,8 м);
- "Инспектор-301" (взлётный вес 7 кг, размах крыла 1,5 м);
- "Инспектор-402" (взлётный вес 14 кг, размах крыла 4,0 м);
- "Инспектор-601" (взлётный вес 120 кг, размах крыла 5Дм).

Все аппараты имеют хорошую аэродинамическую компоновку, в конструкциях широко использованы современные композиционные материалы (рис.3.32).

Конечно, аппараты отличаются по своему назначению и возможностям. Так, самый легкий из представленных аппаратов ("Инспектор-101") предназначен для оперативного и незаметного

наблюдения окружающего пространства и отдельных объектов в стесненных условиях – в жилых и промышленных кварталах, в условиях сложного рельефа местности и т.д. Радиус его действия – 1500 м, время полета – 30-40 мин.

Рис. 3.32. БПЛА "Инспектор" (слева направо: модели 201, 301, 101)

БАК на базе БПЛА "Инспектор-201" предназначен для оперативного локального наблюдения за полем боя, охраны территории, поисково-спасательных работ, контроля лесных и сельскохозяйственных угодий и т.д. Радиус его действия – не менее 5 км, время полета – 30-60 мин. в зависимости от режима. Взлет осуществляется с катапульты, посадка – на парашюте.

БАК "Инспектор-301" предназначен для таких же задач, но требующих большей продолжительности полета. Радиус его действия – до 25 км, время полета – до 120 мин.

"Инспектор-402" отличается еще большей дальностью и продолжительностью полета и предназначен для мониторинга протяженных участков, таких как линии электропередач, нефте- и газопроводов, государственная граница, леса и т.п. Максимальная дальность полета – 400 км.

"Инспектор-601" предназначен для решения разведывательных, специальных, транспортных и ударных задач. Длительность его полета составляет 6-7 ч. Максимальная масса полезной нагрузки – 20 кг. В отличие от всех перечисленных выше типов аппаратов, в которых применяются электрические двигатели, "Инспектор-601" оснащен ДВС ZDZ-210 (Чехия) мощностью 20 л.с.

К концу 2012 г. компания "Аэрокон" закончила испытания БАК "Инспектор-202" (взлётный вес 3,5 кг, размах крыла 1,2 м). Он оказался более других востребованным среди заказчиков [13]. Его проектировали как многофункциональный комплекс с возможностью быстрой адаптации под потребности заказчика. В 2013 г. "Аэрокон" начал поставки БАК "Инспектор-202" отдельным заказчикам из российских силовых структур. Однако имеется и гражданская версия аппарата для выхода с ней на рынок комплексов с БПЛА. Если беспилотник для силовых структур имеет массу 3,5 кг, то его гражданская версия тяжелее примерно на 1 кг. Эта версия беспилотника оснащается более совершенными видео- и фото-камерами с полноценным программным управлением и высоким разрешением, со сменной оптикой и возможностью подстройки в полете экспозиции, а также с возможностью передачи на землю фотографий высокого качества.

Для Министерства обороны разработана специальная модификация комплекса – БАК "Инспектор-2020" (рис.3.33) [14, 15].

Рис. 3.33. БПЛА "Инспектор-2020"

Он предназначен для работы в составе комплексного тренажера стрелков-зенитчиков ПЗРК в качестве имитатора воздушной цели. БПЛА, используемый в качестве имитатора воздушной цели, выполняет полет по заданному маршруту. Источник инфракрасного излучения, расположенный на его борту, обеспечивает возможность захвата имитатора. Координаты, и другие параметры полета имитатора передаются на наземную станцию управления в режиме

реального времени с помощью наземной станции связи, для обеспечения возможности объективного контроля действий операторов учебных ПЗРК, а также для контроля параметров полета имитатора. По завершению программы полета БПЛА выполняет посадку с помощью парашютной системы. Ресурс планера позволяет использовать его в качестве имитатора цели до 100 раз.

Все комплексы "Инспектор" унифицированы по составу (рис.3.34). Они, как правило включают в себя 2 БПЛА (упаковываются в специальный рюкзак-контейнер), наземную станцию управления со средствами обеспечения (упаковываются в специальный кейс) и катапульту (опционально). Время разворачивания любого комплекса модельного ряда 101-301 составляет 10 мин. Наземный комплекс функционирует на РС-совместимом компьютере-ноутбуке со специальным внешнем модулем беспроводной связи. Операционная система наземного комплекса – MS Windows XP.

Рис. 3.34. Комплект "Инспектор-201"

Источники информации по главе 3:

1. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ, пособие /А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2008. 377 с.
2. Сайт ОАО "Туполев", <http://www.tupolev.ru/samoletyi>
3. Сайт "Беспилотные летательные аппараты". <http://bp-la.ru/kompleks-stroj-p-s-dpla-pchela-lt>
4. Типчак (БПЛА): Материал из Википедии. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Tun4a_K\(EI7JIA\)#cite_note-MAKS-2009-3](http://ru.wikipedia.org/wiki/Tun4a_K(EI7JIA)#cite_note-MAKS-2009-3)
5. Минобороны РФ: на разработку беспилотников потрачено 5 млрд. рублей // Русская служба BBC. 7 апреля 2010 г. <http://www.bbc.co.uk/russian/rollin gnews/2010/04/100407 r ndrones Jiv e bln russia.shtml>
6. Федутин Д. Беспилотники: итоги и тенденции 2011 года // Сайт журнала "Национальная оборона", № 12, декабрь 2011. <http://www.oborona.ru/includes/periodics/armament/2011/1208/14407832/ detail,.shtml>
7. Военно-воздушные силы Российской Федерации: Википедия. http://ru.wikipedia.org/wiki/Военно-воздушные_силы_Российско_й_Федерации
8. Беспилотный самолет ZALA 421-08M // Сайт группы компаний Zala Aero. <http://zala.aero/zala-421-08>
9. Орлан-Ю: Материал из Википедии. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Орлан-Ю>
10. Сокут С. Бесчеловечные машины // Интернет-газета "Коммерсант. ru", 16.08.2005. <http://www.kommersant.ru/doc/600136>

11. Догнать и перегнать: 7 российских беспилотников // Интернет-журнал "Популярная механика", 03.10.2013. <http://www.popmech.ru/weapon/14818-dognat-i-peregnat-7-rossiyskikh-bespilotnikov/#full>
12. Тяжелый ударный БПЛА ОКБ Сухого "Охотник" // Сайт MilitaryRussia. <http://militaryrussia.ru/blog/index-38.html>
13. Компания "Аэрокон" испытывает новый беспилотник для аэрофотосъемки // Портал "Новости ВПК". 10.01.2014. http://vpk.name/news/10331_6kompaniya_aero_ko_nispyityivaet_novy_i_bespilot_ni_kdlya_aerofotosemki_.html
14. Сайт компании АЭРОКОН. <http://aerocon.ru/inspector/inspector-2020>
15. Портал NEWSru.com. 16.06.2014. <http://txt.newsru.com/finance/16jun2014/ilrudronesdeals.html>