РАЗДЕЛ V. КОСМОС И АВИАЦИЯ

Абдуллаев А.А.

Тенденция развития беспилотных летательных аппаратов конвертопланового типа

Национальной Академии Авиации Азербайджана
(Азербайджан, Баку)

doi: 10.18411/lj-07-2020-21

idsp: ljjournal-07-2020-21

Аннотация

В статье приведены этапы развития производимых пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов конвертопланового типа, преимущества и недостатки с учетом тактических и летно-технических характеристик, а также проведен сравнительный анализ особенностей аэродинамических схем и определены пути развития. Учитывая, что конвертопланы в качестве источника энергии используют аккумуляторные батареи, без коллекторные электрические двигатели с низким акустическим шумом и нет необходимости во взлетно-посадочной полосе для них, что явилось причиной расширения областей применения и направления развития, в статье показана подробность проведения в этом направлении научно-исследовательских и инженерных работ.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, конвертопланы, тактико-технические характеристики, электрический двигатель, гибридный источник энергии, аккумуляторная батарея.

Abstract

The article presents the stages of development of the tilt-rotor type manned and unmanned aerial vehicles produced, the advantages and disadvantages taking into account tactical and flight-technical characteristics, as well as a comparative analysis of the features of aerodynamic schemes and determined development paths. Considering that tilt-rotor planes use batteries as a source of energy, without collector electric motors with low acoustic noise and there is no need for a runway for them, which was the reason for expanding the areas of application and development, the article shows the need for research and engineering work in this direction.

Keywords: unmanned aerial vehicles, tilt-rotor, performance characteristics, electric motor, hybrid energy source, accumulator battery.

Конвертоплан характеризуется двумя резко различающимися режимами полета. Это гибридный летательный аппарат (ЛА), сочетающий в себе способность вертолета вертикально взлетать и приземляться с помощью несущего пропеллера, а также зависать в воздухе и способность самолета летать горизонтально на высоких скоростях благодаря подъемной силе неподвижного крыла и силе тяги двигателя [1-5].

Целью статьи является определение тенденций развития беспилотных летательных аппаратов конвертопланового типа путем изучения их тактико-технических и аэродинамических характеристик.

В основном, конвертопланы изготавливаются по следующим четырем схемам:

- *двигатель неподвижно прикрепляется к крылу и вращается вместе с ним.* В этом и следующем случае используются, по меньшей мере, два двигателя, симметрично расположенных относительно продольной оси корпуса. Двигатели вместе с крыльями принимают вертикальное положение при взлете и посадке и горизонтальное положение при горизонтальном полете (рис. 1.а) [6];

- *двигатель вращается, крыло не движется.* Лопасты, прикрепленные непосредственно к двигателям, создают подъемную силу как в вертолете при вертикальном взлете и приземлении и силу натяжения как в самолете при горизонтальном полете (рис. 1.б);
- *двигатели неподвижно прикрепляются к корпусу, т.е. не вращаются.* Эти типы ЛА используют 3 или 4 подъемных двигателя для обеспечения подъемной силы при вертикальном полете и 1 тяговый двигатель, прикрепленный к задней или передней части ЛА для обеспечения горизонтального полета в режиме самолета. При этом направления сил, создаваемых подъемными и тяговыми двигателями, входящими в конструкцию ЛА, принципиально отличаются друг от друга. Подъемная сила во время взлета превышает силу натяжения в горизонтальном полете. По этой причине частота вращения крыла в горизонтальном полете на 20-25% ниже, чем в режиме зависания в воздухе (рис. 1.с);
- *вращающиеся лопасти.* В этом случае крылья и двигатели неподвижно прикрепляются к корпусу, при переходе в вертикальный и горизонтальный режимы полета вращаются только лопасти (рис. 1.д) [7]. Этот вариант используется только в крупных конвертопланах.

а)

б)

в)

д)

Рис. 1. Конвертопланы, изготовленные по различным схемам. а) "NASA GL-10 Greased Lightning", б) "Pantra", в) "Skyvalker X8", д) "Bell V-280 Valor"

В зависимости от функциональной схемы реактивные моменты вращения в конвертопланах уравниваются обратным вращением пар лопастей. В многороторном режиме поперечное управление (влево, вправо) обеспечивается дифференциальным управлением лопастями, а продольное управление (вперед, прямо) обеспечивается дополнительным рулевым пропеллером в хвостовой части ЛА [14].

Установка двигателей в профилированном канале конвертоплана, спроектированного по вращающейся схеме двигателей в двух- и четырехкольцевом профиле, позволяет, в основном, повысить их коэффициент полезного действия (КПД) в режиме зависания в воздухе, а также повысить безопасность ЛА при эксплуатации.

По своей конструкции и характеристикам тяговые двигатели конвертопланов аналогичны тяговым двигателям самолетов. В Канаде, США и других странах были спроектированы экспериментальные ЛА конвертопланового типа с двумя и четырьмя двигателями. Однако указанные далее недостатки привели к тому, что многие проекты остались на этапе экспериментальных исследований [14].

Недостатки ЛА конвертопланового типа:

- невозможность проведения спасательных работ и аварийной посадки при отказе двигателя из-за высокой скорости воздушного потока, создаваемого лопастями;
- высокая понижающаяся нагрузка на двигатели в режиме зависания в воздухе;
- низкие КПД и надежность по сравнению с вертолетами;
- высокая стоимость;

- отставание от самолета в скорости и способности летать на большие расстояния;
- потеря эффективности лопастей, обеспечивающих подъемную силу при горизонтальном полете;
- сложность конструкции и управления ЛА;
- тяжесть конструкции (механизма вращения двигателей).

Преимущества ЛА конвертопланового типа включают в себя:

- возможность взлета и посадки с ограниченной территории по сравнению с самолетом;
- возможность летать быстрее и на большие расстояния по сравнению с вертолетом.

Анализ и этапы развития пилотируемых и беспилотных ЛА конвертопланового типа

В разные годы американские конструкторы разрабатывали пилотируемые военно-транспортные конвертопланы типа «XV-3», «XV-15» и «XC 142A» и «Bell X-22A» для военно-воздушных сил. Из них конвертопланы «XV-3» и «XV-15» с массой полета 2180 кг. и 5900 кг. были разработаны компанией «Bell» [7]. Позже компании «Bell» и «Boeing» спроектировали многоцелевой военно-транспортный конвертоплан типа «V-22 Osprey» и в силу успеха проекта приступили к его последовательному выпуску. «V-22 Osprey» является единственным конвертопланом, принятым на вооружение. В 2013 году компания «Bell Helicopter» выпустила более совершенный конвертоплан третьего поколения типа «Bell V-280 Valor», снабженный современными средствами радиоэлектронной борьбы с применением последних достижений информационных технологий. В этом же направлении компаниями «CL-84 Daynvert» в Канаде, «Nord 500 Cadet» во Франции [11] и «Bell/Agusta Aerospace Company» в Италии были спроектированы и изготовлены гражданские конвертопланы типа «BA609» с вращающимся двигателем [6].

В 50-ые годы в СССР началось проектирование конвертоплана «Ка-22» с двумя поднимающими и двумя отталкивающими лопастями. Однако проект был приостановлен из-за крушения двух ЛА, а затем из-за финансовых сложностей проекта «МИ-30» [10].

БПЛА конвертопланового типа

Интерес и спрос на проектирование и применение БПЛА конвертопланового типа, изготовленных по различным аэродинамическим схемам, всё больше растет. Так, основным требованием при создании БПЛА является снижение его веса, обеспечение надежности дистанционного управления и эффективности схемы конструкции, а также разработка инновационных решений, позволяющих улучшить эти показатели. С этой целью при проектировании предпринимаются усилия по удовлетворению условий увеличения КПД беспилотного летательного аппарата во время горизонтального полета и увеличения коэффициента аэродинамического качества с 5-6 единиц до 10. Кроме того, особенности полета на большой высоте, отсутствие звукового эффекта и очень низкое тепловыделение затрудняют обнаружение БПЛА с системой питания типа ЭМ.

а)

б)

Рис. 2. а) электроконвертоплан «Project Zero», б) состояние роторов конвертоплана при горизонтальном полете.

Демонстрация экспериментального образца БПЛА «*Project Zero*» конвертопланового типа, электродвигатель которого был изготовлен по схеме, вращающейся на 90° , а энергоснабжение обеспечивалось аккумуляторной батареей (АБ), состоялась в 2011 году. Во время остановки лопасти электродвигателей конвертоплана направляются навстречу ветру, и их вращение служит заполнению АБ (рис. 2, а, б) [14]. Отказ от гидравлических и механических систем трансмиссии повышает надежность и выносливость конструкции. Во время горизонтального полета основная подъемная сила обеспечивается крыльями ЛА, а дополнительная устойчивость полета – небольшим V-образным хвостом. В некоторых случаях предусмотрено использование конвертоплана в «вертолетном режиме». С целью уменьшения веса ЛА и увеличения маневренности можно снять части крыльев. Компания «*AgustaWestland*» проводит исследовательские работы по созданию гибридной версии энергосистемы конвертоплана [12– 14].

Рис. 3. Конвертоплан типа «*Urban Aeronautics Air Mile*»

Изготовленный израильской компанией «*Urban Aeronautics*» в 2008 году конвертоплан типа «*Urban Aeronautics AirMule*» конструктивно состоит из двух лопастей на корпусе и хвосте (рис. 3.). БПЛА может быть использован для эвакуации раненых бойцов из зоны боевых действий. Основанная в 2001 году компания «*Urban Aeronautics*» производит как военные, так и гражданские БПЛА («*Centaur*», «*X-Hawk*») [13].

Основанная Мюнхенским университетом Германии компания «*Lithium*» в настоящее время производит электрические БПЛА с малым весом и габаритными размерами (рис. 4) [8, 13]. ЛА будет оснащен вращающимися двигателями с турбовинтом двойного контура. По этой причине для взлета и посадки БПЛА требуется участок площадью 15×15 м. Энергосистема ЛА питается от АБ, и после зарядки АБ ЛА сможет пролететь 500 км. Особенности проектируемого конвертоплана включают в себя:

- дистанционное управление с помощью пульта управления;
- оснащение спутниковой навигацией;
- управление системы шасси;
- большой грузовой отсек;
- наличие двери типа «крыло чайки» и панорамного окна.

Рис. 4. Электрический конвертоплан, спроектированный компанией «*Lithium*».

Тактико-технические и летно-технические характеристики БПЛА конвертопланового типа, изготовленных в разном весе и по аэродинамическим схемам различных компаний, проанализированы, обобщены и приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Тактико-технические и летно-технические характеристики БПЛА конвертопланового типа, разработанных различными компаниями

№	Название летательного аппарата	Макс. полетный вес	Макс. расстояние полета	Вес полезной нагрузки	Длина крыла	Длина ЛА	Макс. высота полета	Макс. скорость полета	Продолжительность полета	Энергосистема	Скорость крейсера
1.	Skywalker X8	5.4	-	-	2.1 2	0.7 9	2	-	25	ЭМ без коллектора	55-65
2.	“АЛ-101 Rikor”	6	-	-	2.9	1.3	-	-	90	ЭМ без коллектора	-
3.	"Urban Aeronautics Air Mile"	1400	-	227	3.5	6.2	3,6	180	300	750 л.с Turbomeca Arriel 1	180
4.	“TR-60”	210	200	30	5	3	4.5	250	-	роторный двигатель 55 л. с.	-
5.	Mini-Panther	10	20	2	3.5	-	0.3	-	90	-	60
6.	«Pantra»	67	60	20	8	2.9	3	130	480	Гибридный источник энергии	-
7.	"Eagle Eye"	1360	-	453	4.6 3	5.1 8	6,1	408	300	Pratt & Whitney 200/55	-
8.	«Эра-50”	5	15	0.5	-	-	2,1	80	-	4 ЭМ с 2 лопастями мощностью 2700 Вт	50
9.	"NASA GL-10 Greased Lightning"	180	250	-	6.1	4.9	9	120	-	Гибрид: 2 дизель-генераторных двигателя и 10 шт. ЭМ	80
10.	“Эра-100”	20	30	2.5	-	-	2,1	100	60	4 ЭМ с 2 лопастями мощностью 2700 Вт	80
11.	“RHV-30”	30	100	5	2	2	3	140	-	-	110

Конвертоплан типа *Skywalker X8 Flying Wing 2120 mm FPV/UAV Airplane Kit* сочетает в себе характеристики вертолета и самолета. Центр тяжести ЛА, построенного на основе аэродинамической схемы «летающее крыло», определяется с точностью 440 ± 5 мм. в заднем направлении от носовой части (рис. 1.с). Электросистема ЛА включает в себя АБ типа Li-Po, а система питания - 4 бесколлекторных и 1 толкающий ЭМ. Все режимы полета, а также переход от вертикального полета к горизонтальному и наоборот контролируются программным обеспечением системы автопилота типа «PixHawk» [8, 9]. На основе значений, полученных из расчета угла поворота и силы натяжения двигателей, рассчитывается скорость приземления. При этом используется зависимость изменения горизонтального и вертикального значения вектора натяжения ЭМ и лопасти от угла поворота. На основе графика зависимости скорости полета БПЛА от скорости в воздухе и создаваемой им силы натяжения определяется требуемая

мощность ЭМ и лопастей. Мощность, необходимая на крейсерской скорости, и выбранный угол атаки крыла рассчитываются в соответствии с оптимальным режимом полета. Энергопотребление ЛА в режиме набирания скорости полета равно максимальному энергопотреблению двигателей. Во время вращения ЛА определяется проекция вектора натяжения на горизонтальной оси, вычисляется ускорение ЛА для этого режима, и на основе рассчитанного значения ускорения определяется время, необходимое для перехода из вертикального в горизонтальный режим полета. Общее время полета включает время, необходимое для взлета, набирания скорости, горизонтального полета и наоборот, вертикального приземления.

БПЛА конвертопланового типа могут использоваться в следующих областях [3, 4]:

- фотографирование с целью проведения дистанционного наблюдения за землей и составления топографических карт;
- применение в военных целях при проведении электронно-оптической дневной/ночной, термальной разведки и в других областях;
- при управлении животноводством и земледелием в сельском хозяйстве;
- при определении ущерба, причиненного в чрезвычайных ситуациях;
- при воздушном наблюдении, контроле, отслеживании и анализе изображения по времени в ходе полицейских операций;
- при дистанционном управлении работами в нефтегазовой отрасли, мониторинге и анализе технического состояния трубопровода и пр.

В настоящее время области применения ЛА на основе конвертоплана и мультиротации не ограничиваются вышеперечисленным. В нашей жизни уже нет такой области, в которой не требовалось бы применение этого типа ЛА.

Заключение

Отсутствие необходимости во взлетно-посадочной полосе для эксплуатации и использование низкоакустических электродвигателей с питанием от аккумуляторной батареи в качестве источника энергии создают основу для расширения сфер применения беспилотных летательных аппаратов конвертопланового типа, изготовленных в форме «летающих крыльев», и важности научно-исследовательских работ в этой области. Создание беспилотных летательных аппаратов конвертопланового типа с низкой вероятностью обнаружения радиолокаторами, позволяющих на дальних расстояниях проводить электронно-оптическое наблюдение за требуемыми позициями и контролируруемыми объектами в ночное и дневное время суток, послужит повышению обороноспособности страны.

***

1. Р.Н. Набиев, А.Т. Газарханов, А.А. Абдуллаев. Малоразмерные беспилотные летательные аппараты и средства борьбы с ними //Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. Том 9. №2, 2017. с 15-20.
2. Р.Н. Набиев, А.А. Абдуллаев. Обзор этапов развития, конструкций и проблем проектирования БПЛА типа мультикоптер//Современная наука: актуаль-ные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки. Москва, 2017. №3-4. с 16-21.
3. Р.Н. Набиев, Г.И. Гараев, А.А. Абдуллаев. Выбор источников питания для беспилотных летательных аппаратов //Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Том 25, №3, 2018. ст. 1-11.
4. Р.Н. Набиев, А.Т. Газарханов, А.А. Абдуллаев, Г.И. Гараев. Сравнительный анализ особенностей аккумуляторных батарей на основе лития//Авиакосмическое приборостроение. Москва, 2019 г. № 9. ст. 29-41.
5. Р.Н. Набиев, А.Т. Газарханов, Г.И. Гараев, А.А. Абдуллаев, В.А. Аббасов. Требования к беспилотным летательным аппаратам на мультиротационной основе //Авиакосмическое приборостроение. Москва, 2018 г. № 9. ст. 3-11.
6. А.Г. Гребеников, А.М. Гуменный, В.А. Урбанович, Л.Ю. Буйвал. Анализ схем конвертопланов. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. № 73, 2016.

7. Используя модельно-ориентированное проектирование, Bell Helicopter создает первый в мире гражданский конвертоплан. [Электронный ресурс]. <https://matlab.ru/success-story/Bell-Helicopter.pdf>
  8. Skywalker X8. Assembly manual, january 2013.[Электронный ресурс]. www.raygrauberger.com
  9. Skywalker X8 Installation Manual. [Электронный ресурс]. www.Fpvmodel.com
  10. Русский беспилотный конвертоплан совершил первый полет. [Электронный ресурс]. <http://zema.su/blog/russkii-bespilotnyi-konvertoplan-sovershil-pervyi-polet>
  11. Неприжившиеся проекты: французский конвертоплан-разведчик. [Электронный ресурс]. <http://www.novate.ru/blogs/310115/29821/>
  12. Уголок неба-большая авиационная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: или URb: <http://www.airwar.ru/lanow.html>.
  13. А.А.Бадягин. Проектирование легких самолетов.-М.: Маш/ст, 1978. 208с.
  14. С.М. Горлин, Экспериментальная аэромеханика.- М.: Высшая школа, 1970.-423 с.
-