

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО МНОГОЦЕЛЕВОГО САМОЛЁТА-КОНВЕРТОПЛАНА

Миодушевский П.В., Легович Ю.С.*

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

ул. Профсоюзная, 65, Москва, 117997, Россия

** e-mail: legov@ipu.ru*

Изложены результаты исследования характеристик многоцелевого самолёта-конвертоплана, обладающего концептуально новой аэромеханической схемой. Рассмотрены различные варианты реализации многоцелевого самолёта-конвертоплана: пассажирский самолёт на десять мест, специальный самолёт для спасательных операций и скорой помощи, малый беспилотный конвертоплан, имеющий большую продолжительность полёта. Результаты исследований показали, что во всех вариантах реализации предложенная конфигурация многоцелевого самолёта-конвертоплана позволяет достичь более высоких характеристик, чем у существующих летательных аппаратов.

Ключевые слова: самолёт-конвертоплан, аэромеханическая схема, конфигурация многоцелевого самолёта, продолжительность полёта, беспилотный конвертоплан.

Состояние работ по созданию конвертопланов и постановка задачи

Конвертопланом принято называть ЛА с поворотными винтовыми движителями, которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте — как тянущие; при этом подъёмная сила обеспечивается крылом самолётного типа. Самолёт-конвертоплан может выполнить вертикальный взлёт и вертикальную посадку, может находиться в режиме висения, как это делает вертолёт. Однако самолёт-конвертоплан по сравнению с вертолётom такого же веса может обеспечить существенную экономию топлива или электроэнергии в горизонтальном полёте. Кроме того, конвертоплан обладает дополнительными возможностями, которых нет ни у вертолёта, ни у самолёта. Используя подъёмную силу крыла и вертикальную составляющую вектора тяги, конвертоплан может выполнять полёт на недостижимых для нормального самолёта малых скоростях и при этом будет намного экономичнее вертолёта [1—5].

В истории авиации известны два успешных практически реализованных проекта конвертоплана [5—13]. Первый проект — это Canadair CL-84 (2 пилота, 12 пассажиров, взлётный вес 5710 кг [10]). Второй проект — американский военно-транспортный конвертоплан V-22 Osprey (2 пилота, 1 борттехник, 24 вооруженных солдата, взлётный вес

23495 кг [11—13]). Чаще всего поворотными являются не сами винты, а гондолы с двигателями и винтами (как на американском Bell V-22 Osprey), но можно встретить и такие конструкции, у которых поворачиваются лишь винты, а двигатели остаются неподвижными (к примеру, расположены в фюзеляже). Примером летательного аппарата такой схемы, у которого поворачиваются только винты, можно назвать Bell XV-3. В настоящее время наиболее известным эксплуатируемым конвертопланом является американский военный конвертоплана V-22 Osprey, полётная масса которого составляет 27,4 т, а скорость полёта в самолетном режиме равняется 463 км/ч, в вертолётном режиме она существенно ниже — 185 км/ч. Данный конвертоплан в состоянии перевести до 24 человек десанта или взять на борт около 5 т груза.

Аэромеханическая схема Canadair CL-84 имеет два существенных недостатка.

1. Крыло, которое поворачивается вместе с двумя двигателями на 90°, не производит подъёмной силы на переходном режиме от вертикального к горизонтальному полёту, пока вектор тяги не будет существенно близок к горизонтали.

2. Хвостовой ротор, тяга которого всегда перпендикулярна продольной оси самолёта, нужен только для равновесия в вертикальном полёте и совершенно бесполезен в горизонтальном полёте.

Схема V22 Osprey имеет следующие существенные недостатки.

1. Два тяжелых мотора с роторами большого диаметра расположены на концах консолей крыла, что требует очень высокой жёсткости крыла и, как следствие, вызывает значительное увеличение веса.

2. Размах крыла сильно ограничен из-за необходимости обеспечить безопасную частоту аэроупругих колебаний крыла с моторами и роторами на концах консолей.

3. В режиме вертикального полёта крыло в значительной мере затеняет поток от ротора, снижая тягу.

4. Схема V22 Osprey не допускает значительных отклонений центра тяжести конвертоплана от центра приложения результирующей силы тяги в вертикальном полёте.

5. V22 Osprey не может взлетать и приземляться по-самолётному из-за очень большого диаметра роторов.

Сегодня пристальное внимание уделяется разработке беспилотных конвертопланов различных аэродинамических схем [14—17]. В настоящей статье предложена новая аэромеханическая схема конвертоплана, которая исключает указанные выше недостатки. Приоритет этой новой схемы конвертоплана защищен заявкой на изобретение А.П. Миодушевского и П.В. Миодушевского, зарегистрированной Патентным Бюро Италии под №102016000000808 от 07/01/2016, а также патентом на изобретение П.В. Миодушевского № 102012902013940, выданным 20 августа 2014 года патентным бюро Италии под названием *Convertiplano da plurimpiego* (Конвертоплан многоцелевого назначения). Предлагаемая аэромеханическая система конвертоплана может быть реализована в различных видах ЛА, например, в виде лёгкого самолёта на 4—12 пассажиров, пригодного для применения в труднодоступных районах, или в виде беспилотных самолётов различного назначения [2, 4, 9, 18].

По данным обзоров состояния рынка, 4-местные самолёты с поршневыми двигателями составляют самый популярный сегмент рынка в авиации общего назначения. В основном эти самолёты используются как личные или корпоративные средства транспорта. Типичный представитель этого вида самолётов — Cessna 172 — производится с 1956 года. Сейчас в эксплуатации находятся 25000 самолётов этой марки. В рассматриваемом секторе рынка в основном представлены фирмы США (Cessna, Cirrus Design, Commander Premier, Maule Air, Mooney Aerospace, New Piper) и Франции (Arex Aircraft; EADS, Socata). Весьма перспективным

является сектор рынка 12-местных пассажирских самолётов, таких как Cessna Caravan и Kodiak 100.

Будем называть *многоцелевой лёгкий самолёт-конвертоплан*, выполненный по предлагаемой в настоящей работе схеме, сокращенно МЛК. МЛК будет иметь существенные конкурентные преимущества в рассматриваемом секторе рынка, так как сможет взлетать и приземляться вертикально, не требуя взлётно-посадочной полосы. Благодаря этому самолёт-конвертоплан МЛК будет иметь следующие новые области применения [19—21].

1. Транспортировка людей и грузов между пунктами, где нет аэродромов, включая труднодоступные места.

2. Летаящая медицинская скорая помощь, оборудованная современными приборами диагностики, реанимации и интенсивной терапии. Такая скорая помощь может иметь военное применение для транспортировки раненых с поля боя. Относительно небольшие размеры и высокая маневренность самолёта МЛК существенно повышают шансы на успех операции с его участием.

3. Специализированный самолёт для спасения людей в экстремально трудных условиях, способный принять спасаемых через окна горящих зданий, спасти раненных альпинистов на вертикальной стене горы.

4. Техническая скорая помощь, оборудованная современными приборами технической диагностики и экспресс-ремонта. Техническая скорая помощь может быть полезна при повреждениях линий электропередач, систем телекоммуникации, при авариях городских систем водо- и теплоснабжения.

5. Полицейские и антитеррористические операции, связанные с переброской и высадкой десанта для борьбы с вооруженными преступниками. Самолёт МЛК обладает существенно меньшей заметностью и более низким уровнем шума, чем вертолёт. Малые габариты и высокая маневренность дают этому самолёту-конвертоплану существенные преимущества как в горной местности, так и в городских условиях, а также при применении с палубы корабля.

Существенные преимущества самолёту-конвертоплану даёт новая turboэлектрическая силовая установка, в которой использованы последние достижения в создании лёгких и мощных электрических генераторов и моторов, имеющих высокое значение отношения мощности к весу (до 10 кВт/кг).

Таким образом, целью работы является обоснование вариантов построения пилотируемых и беспилотных конвертопланов на основе оригинальной аэромеханической схемы и новой turboэлектрической силовой установки.

Пассажирский турбоэлектрический самолёт-конвертоплан

Пассажирский турбоэлектрический самолёт-конвертоплан (ПТК) предназначен для перевозки до 10—12 пассажиров с большой дозвуковой скоростью (до 720 км/ч) на расстояние до 2000 км на высоте 9—10 км. Турбоэлектрический самолёт-конвертоплан может совершать вертикальный взлёт и посадку на аэродромы, на вертолётные площадки, на автомобильные дороги и на грунт.

На рис. 1 представлен пассажирский турбоэлектрический самолёт-конвертоплан [2, 9, 18].

Трапецевидное крыло имеет размах 14 м, среднюю аэродинамическую хорду $SAX = 1,75$ м, угол стреловидности 20° . Фюзеляж содержит герметичные кабины пилотов (2 места) и пассажиров (до 10 мест). Вне зоны расположения пилотов и пассажиров на поворотных балках, закреплённых на фюзеляже, установлены четыре мотогондолы. Балки могут поворачиваться синхронно на угол w , который регулируется в пределах от -5 до $+90^\circ$, считая от вертикали. Каждая мотогондоло оснащена двумя контрвращающимися электромоторами (например, фирмы Siemens мощностью 260 кВт) с саблевидными винтами изменяемого шага, диаметром 2,6 м (например, фирмы МТ — Propellers). Левая и правая мотогондолы на носовой и хвостовой балке могут поворачиваться синхронно на угол f , который регулируется в пределах от -15 до $+15^\circ$, считая от вертикали. Механизм поворота мотогондол на угол f содержит линейный электромеханический привод. Электрические провода, питающие моторы и приводы изменения шага винтов, проходят внутри поворотной балки. Передача электрического тока от одного участка провода к перемещающемуся относительно его участку провода производится с помощью переходных гибких участков, состоящих из нескольких слоёв тонкой медной фольги. Описанный выше механизм позволяет регулировать угол f на всех режимах полёта. Следует отметить, что расположение носовой и хвостовой поворотных балок выбрано так, что при разрушении винтов пилоты и пассажиры не подвергаются опасности.

Турбоэлектрическая силовая установка самолёта-конвертоплана ПТК включает турбогенераторную часть и электропропульсивную часть. Турбогенераторная часть состоит из двух газотурбинных двигателей типа РТ6С фирмы Пратт-Уитни с приводом на ось. На приводной оси каждого газотурбинного двигателя установлены два электрогенератора типа EMRAX 348Т фирмы Enstroj (Словения). Каждый электрогенератор снабжен двумя регуляторами типа ВАМОСАР D3 фирмы Unitek.

Суммарная электрическая мощность турбогенераторной части в непрерывном режиме составляет 2400 кВт. Пропульсивная часть силовой установки состоит из четырёх мотогондол, в каждой из которых имеется два электрических мотора фирмы Siemens с регуляторами Unitek типа ВАМОСАР D3. Максимальная мощность мотора фирмы Siemens составляет 260 кВт при работе в непрерывном режиме. Моторы приводят во вращение винты изменяемого шага диаметром 2,6 м типа MTV-16 фирмы MTV Propellers, причём винты вращаются в противоположных направлениях. Крыло самолёта-

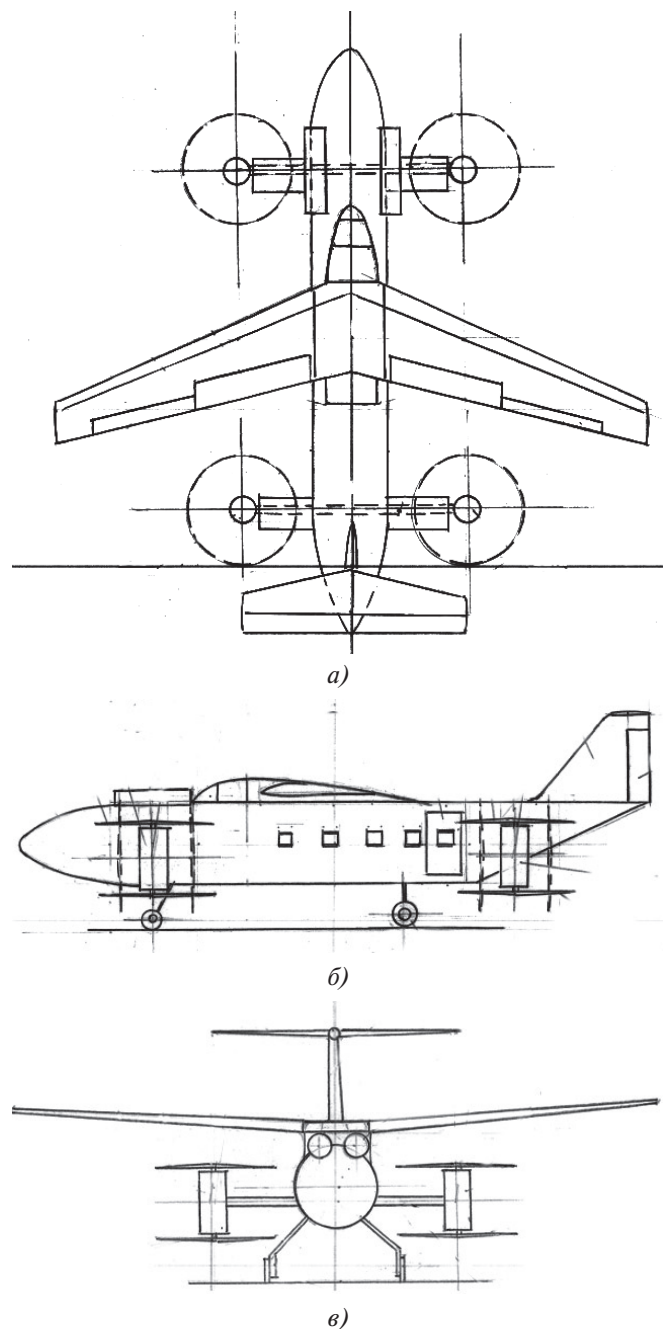


Рис. 1. Пассажирский турбоэлектрический самолёт-конвертоплан: а — вид сверху; б — вид сбоку; в — вид спереди

конвертоплана ПТК имеет элероны, предкрылки и закрылки. Топливные баки из стеклопластика являются частью несущей конструкции центроплана крыла.

Технические характеристики самолёта-конвертоплана ПТК были определены на основе разработанной методики предварительного проектирования с использованием расчётов аэромеханики, аэродинамики, прочности конструкции, весов и центровок [22, 23]:

максимальный взлётный вес	5740 кг
максимальный запас топлива	1500 кг
максимальная суммарная тяга при взлёте	6580 кгс
экипаж	2 пилота
количество пассажиров	10—12
крейсерская скорость	720 км/ч
рабочая высота полёта	9—10 км
дальность полёта с запасом топлива на 45 мин	2400 км
размах крыла	14 м
диаметр фюзеляжа	1,8 м
длина фюзеляжа	12 м
диаметр винтов	2,6 м

В случае отказа одного из пропульсивных электромоторов в вертикальном полёте суммарная тяга уменьшится на 13,75%, что вызвано необходимостью обеспечения равновесия самолёта за счёт регулирования тяги с помощью других моторов. В табл. 1 приведено значение вертикальной скорости самолёта V_y при аварийной посадке в зависимости от высоты, на которой произошел отказ.

Таблица 1

Зависимость вертикальной скорости самолёта от высоты

$H, м$	5	10	15	20	30	35	40	45	50
$V_y, м/с$	3,67	5,19	6,35	7,33	8,98	9,7	10,37	11	11,56

Отсюда следует, что конструкция и пассажиры самолёта-конвертоплана ПТК будут испытывать перегрузку меньше, чем при стандартном крэш-тесте автомобиля (скорость 15,6 м/с). В случае отказа мотора на высоте более 30 м самолёт имеет возможность перейти в горизонтальный полёт.

Результаты анализа транспортных потоков в России и стран Евро-Азиатского Экономического Сотрудничества (ЕАЭС) показывают, что пассажирский самолёт-конвертоплан ПТК будет очень востребован. В первую очередь, он найдёт применение на маршрутах сообщения между региональными и районными центрами, для сообщения с отдалёнными

ми районами Крайнего Севера и Дальнего Востока, в особенности для геологической разведки и обслуживания нефтегазовых и горнодобывающих предприятий. Кроме того, самолёт-конвертоплан ПТК может принести большую пользу для развития туризма в России и в странах ЕАЭС, сделав экономически доступными для туризма многие уникальные природные районы.

Самолёт-конвертоплан для спасения людей и скорой помощи

Новая аэромеханическая схема, а также новая турбоэлектрическая силовая установка самолёта-конвертоплана, описанные выше, позволяют разработать специальный конвертоплан скорой помощи (КСП) для спасения людей и выполнения функций скорой медицинской помощи. Как будет видно из дальнейшего описания, самолёт-конвертоплан КСП сможет выполнять такие операции по спасению людей, которые в настоящее время невозможно выполнить никакими имеющимися средствами спасения.

На рис. 2 представлен вид сбоку самолёта-конвертоплана КСП. Крыло, хвостовое оперение, конструкции поворотных балок, мотогондол и силовой установки самолёта-конвертоплана КСП аналогичны описанным выше конструкциям самолёта-конвертоплана ПТК.

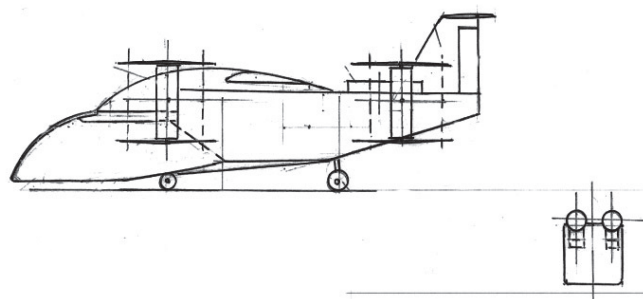


Рис. 2. Специальный конвертоплан скорой помощи

Фюзеляж самолёта-конвертоплана КСП имеет специальную конструкцию. Кабина пилотов расположена в верхней носовой части фюзеляжа таким образом, что под кабиной имеется пространство для прохода спасаемых людей и медперсонала, а также для приёма и выгрузки коек-носилков с ранеными или больными. Приём спасаемых производится через переднюю часть носа фюзеляжа, которая находится существенно впереди вращающихся винтов. Передняя часть носа фюзеляжа оборудована электромеханическим приводом, открывающим и закрывающим шторку передней двери, выполненные

в виде взаимно перекрывающихся цилиндрических панелей, скользящих по направляющим, установленным на стенках носовой части фюзеляжа. Носовая поворотная балка установлена позади стенки пилотской кабины так, что плоскости вращения винтов находятся вне расположения пилотов. Кабина для транспортировки спасаемых, раненых, больных и медперсонала находится сразу за стенкой пилотской кабины.

Технические характеристики самолёта-конвертоплана КСП были определены в результате предварительного проектирования с использованием расчётов аэромеханики, аэродинамики, прочности конструкции, весов и центровок:

максимальный взлётный вес	5240 кг
максимальный запас топлива	1000 кг
максимальная суммарная тяга при взлёте	6580 кгс
экипаж (пилот+медработник)	2
максимальное количество спасаемых (на сидениях)	10
максимальное количество коек-носилков	8
крейсерская скорость	360 км/ч
рабочая высота полёта	3 км
радиус действия при спасательной работе в течение одного часа на режиме висения	300 км
размах крыла	14 м
ширина фюзеляжа	1,6 м
длина фюзеляжа	14 м
диаметр винтов	2,6 м

Самолёт-конвертоплан КСП может использовать экономичные переходные режимы полёта со скоростью, существенно меньшей скорости сваливания, для сокращения времени и дистанции подхода к месту спасательной работы и для плавного выхода из опасной зоны. В табл. 2 приведены результаты расчётов изменения относительных величин скоростного напора q/q_0 , суммарной тяги T/G , потребной мощности $W(T)/W(G)$ и горизон-

тальной составляющей скорости полёта U/U_0 в зависимости от угла w наклона вектора тяги. В расчётах принято $C_{y, \max} = 2,5$ (с механизацией), $K_a = 9,33$.

Важным преимуществом конвертоплана КСП является высокая скорость и точность управления тягой винтов с помощью современных авиационных электромоторов с твёрдотельными регуляторами. Аэромеханическая схема КСП позволяет устойчиво воспринять существенные изменения координат центра тяжести самолёта при загрузке и выгрузке спасаемых на режиме висения. При этом также важно сохранять как положение в пространстве (по трём углам и трём перемещениям) для всего конвертоплана, так и положение носовой погрузочной рампы относительно места погрузки, которое может быть неподвижным (строительная конструкция, скала, грунт) или подвижным (палуба корабля). Аэромеханическая схема КСП позволяет сохранять на режиме висения заданное положение самолёта в пространстве. Индивидуальное управление тягой винтов обеспечивает управление углами крена и тангажа, а также положением по вертикали. Наклон всех мотогондол на угол w обеспечивает управление продольным перемещением. Наклон всех мотогондол на одинаковый угол f обеспечивает управление боковым перемещением. Наклон передних мотогондол на одинаковый угол $\pm f$, а задних мотогондол на одинаковый угол $\mp f$ обеспечивает управление углом рыскания. Как уже было сказано выше, точность управления обеспечивается современными электрическими и электромеханическими системами.

Самолёт-конвертоплан КСП может быть эффективно использован полицией и военными в антитеррористических операциях как средство доставки десанта в труднодоступные места, а также для спасения раненых с поля боя, для доставки вооружения, боеприпасов и продовольствия отрядам, действующим в труднодоступных местах.

Таблица 2

Результаты расчётов изменения относительных величин параметров полета КСП

Обозначение параметра	Значение параметра						
	45	60	75	80	85	87,5	90
$w, ^\circ$	45	60	75	80	85	87,5	90
q/q_0	0,87	0,82	0,71	0,62	0,45	0,29	0
T/G	0,13	0,18	0,29	0,38	0,55	0,71	1
$W(T)/W(G)$	0,05	0,08	0,16	0,23	0,41	0,6	1
U/U_0	0,93	0,9	0,84	0,79	0,67	0,54	0

Малый беспилотный самолёт-конвертоплан

Малый самолёт-конвертоплан (МСК), выполненный по предлагаемой схеме, обладает следующим рядом конкурентных преимуществ по сравнению с существующими малыми беспилотными летательными аппаратами (БЛА).

1. Длительность нахождения в воздухе у МСК значительно выше, чем у существующих малых БЛА такого же веса.

2. Уникальные средства управления вектором тяги обеспечивают МСК возможность противостоять сильному порывистому ветру любого направления. Благодаря своим средствам управления вектором тяги МСК на режиме висения может производить манёвры в горизонтальной плоскости без использования крена, что обеспечивает высокую точность позиционирования самолёта при посадке, при фото- и видеосъёмке.

3. Аэромеханическая система МСК обеспечивает самый высокий уровень безопасности имеющихся на борту фото- и видеокамер и транспортируемых грузов. МСК может совершить вертикальную посадку с минимальными перегрузками даже при отказе двух электромоторов в одной мотогондоле.

4. Благодаря своим средствам управления вектором тяги и подъёмной силой крыла МСК может совершать экономичный полёт в узких, извилистых пространствах (природных или городских), проникая в практически недоступные места. Высокая манёвренность МСК позволяет обеспечить при этом безопасность от столкновения с деревьями, автомобилями и другими БЛА.

Общий вид МСК представлен на рис. 3 [2, 9, 18]. Конструкция МСК подобна описанной выше конструкции многоцелевого самолёта-конвертоплана. МСК может быть реализован в варианте с чисто электрическим питанием от батарей Li-Po и в варианте с гибридной силовой установкой, вклю-

чающей двигатель внутреннего сгорания и электрогенератор.

МСК с гибридной силовой установкой обладает следующими характеристиками:

— средства тяги: восемь Scorpion motors M-2205-2350kV+ восемь регуляторов 15V35A ESC SBEC(V3)+ восемь пропеллеров типа ACP17"x6E;

— максимальная суммарная тяга 22,75 кгс;

— гиросtabilizированная видеокамера CM100

UAV Vision;

— UAV Navigation TELEMO06 Data link;

— Ardupilot MEGA Kit APM 2.6;

— двигатель внутреннего сгорания FS120AR;

— электрический генератор S676-500U-01;

— размах крыла 2,4 м;

— вес топлива 2 кг;

— взлётный вес 3,7 кг;

— продолжительность горизонтального полёта 13,6 ч;

— продолжительность полёта на режиме висения 2,39 ч.

Таким образом, в работе обоснованы различные варианты реализации многоцелевого самолёта-конвертоплана. В настоящее время проводятся наземные испытания опытного образца разработанного беспилотного конвертоплана и компьютерное 3D-моделирование полёта ЛА на разных режимах.

Выводы

1. Современный уровень техники позволяет создать многоцелевой лёгкий самолёт— конвертоплан.

2. В результате исследований подтверждены основные характеристики перспективного многоцелевого самолёта-конвертоплана с оригинальной аэромеханической схемой для различных вариантов реализации: пассажирский самолёт до 10 мест; специальный самолёт для спасательных операций и скорой помощи; малый беспилотный конвертоплан, имеющий большую продолжительность полёта.

3. Предложенная новая аэромеханическая схема обеспечивает самолёту-конвертоплану существенные конкурентные преимущества на мировом рынке для всех вариантов реализации.

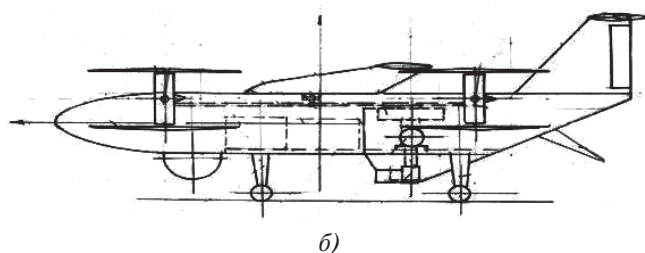
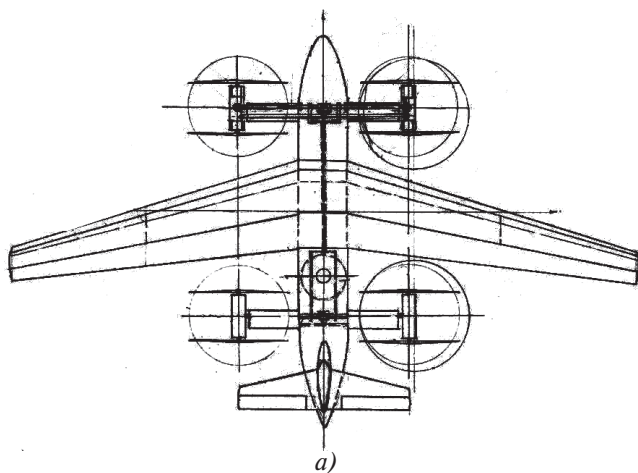


Рис. 3. Беспилотный самолёт-конвертоплан: а — вид сверху; б — вид сбоку

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках научного проекта Программы Президиума РАН № 30 «Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации».

Библиографический список

1. *Екимов А.И., Кутахов В.П., Пляскота С.И.* Перспективные направления развития беспилотной авиационной техники // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 2(92). С. 104-112.
2. *Миодушевский П.В.* Конструкции многоцелевого беспилотного конвертоплана — существующие решения и перспективные модели // Принципы и механизмы формирования национальной инновационной системы: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (Дубна, 01-02 и 07 октября 2015). URL: http://dubna-oez.ru/images/data/gallery/199_600_soobschenie_itogovoe_.pdf
3. *Гончаренко В.И., Легович Ю.С.* Направления развития смешанных робототехнических группировок крупномасштабных систем // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2016: Сборник трудов IX международной конференции: В 2-х т. — М.: ИПУ РАН, 2016. Т. 2. С. 214-219.
4. *Легович Ю.С., Миодушевский П.В., Рожнов А.В.* Системная интеграция и ускоренное макетирование смешанной робототехнической группировки на предпроектной стадии жизненного цикла // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта CAD/CAM/PDM-2016: Труды XVI международной молодежной конференции. — М.: Аналитик, 2016. С. 199-202.
5. *Гребеников А.Г., Гуменный А.М., Урбанович В.А., Буйвал Л.Ю.* Анализ схем конвертопланов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2016. № 73. С. 22-30. URL: <https://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/OIKIT/2016/OIKIT73/p22-30.pdf>
6. *Панасюченко П.С.* Выбор основных параметров винтокрыла одновинтовой схемы с поворотным рулевым устройством // Вестник Московского авиационного института. 2015. Т. 22. № 4. С. 38-45.
7. *Комков В.А., Гудзев В.А., Курсаков А.В., Харитонов С.В.* Выбор параметров беспилотного летательного аппарата вертикального взлета-посадки повышенной дальности полета // Труды МАИ. 2015. № 81. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=57771>
8. *Панасюченко П.С., Артамонов Б.Л.* Выбор параметров поворотного рулевого устройства и оценка эффективности его применения на винтокрыле одновинтовой схемы // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23. № 2. С. 7-13.
9. *Миодушевский П.В.* Перспективный многоцелевой самолёт-конвертоплан // Проблемы управления автономными робототехническими комплексами: Материалы научного семинара (29 мая 2017). — М.: ИПУ РАН. 2017. URL: <http://www.ipu.ru/smart>
10. Моноплан Canadair CL-84 URL, http://en.wikipedia.org/wiki/Canadair_CL-84
11. Многоцелевой самолет с вертикальным взлетом и посадкой Bell Boeing V-22 Osprey, https://en.wikipedia.org/wiki/Bell_Boeing_V-22_Osprey
12. Конвертоплан (вертолето-самолет) Bell V-22 Osprey, <https://topwar.ru/20699-v-22-ospri.html>
13. V-22 Osprey: Unlike any aircraft in the world, <http://www.boeing.com/defense/v-22-osprey/>
14. Американцы испытали беспилотное аэротакси для Новой Зеландии, https://nplus1.ru/news/2018/03/13/cora?utm_source=mainweeknews&utm_medium=email&utm_campaign=e.2018-03.w12&utm_content=block2
15. Конвертоплан будущего совершил первый полет по-самолетному, <https://nplus1.ru/news/2018/05/16/aircraft>
16. Беспилотный конвертоплан «Вертолетов России» совершил первый полет, <https://rg.ru/2016/02/17/bespilotnyj-konvertoplan-sovershil-pervyj-polet.html>
17. *Черкасов С.* Производство российских конвертопланов потеснит США, <https://cont.ws/post/134159>
18. *Миодушевский П.В.* Многоцелевой конвертоплан. Патент ITRM 20120014, 18.07.2013. Италия.
19. *Абросимов В.К., Гончаренко В.И.* Мониторинг чрезвычайной ситуации группой разнотипных беспилотных летательных аппаратов // Научное издание. 2016. Т. 17. № 9. С. 39-47.
20. *Гончаренко В.И., Лэ Луо, Прус М.Ю.* Мониторинг распространения лесных пожаров группировкой беспилотных летательных аппаратов // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 4(62). С. 154-163.
21. *Абросимов В.К., Гончаренко В.И.* Многоагентный подход к описанию сценариев воздушно-космической атаки // Вестник Московского авиационного института. 2013. Т. 20. № 2. С. 171-181.
22. *Wang X., Cai L.* Mathematical modeling and control of a tilt-rotor aircraft // Aerospace Science and Technology. 2015. Vol. 47, pp. 473-492. DOI: 10.1016/j.ast.2015.10.012
23. *Öner K.T., Cetinsoy E., Sirimoglu E., Hancer C., Ünel M., Aksit M.F., Gülez K., Kandemir I.* Mathematical modeling and vertical flight control of a tilt-wing UAV // Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences. 2012. Vol. 20. No.1. DOI: 10.3906/elk-1007-624

DEVELOPMENT OF PROSPECTIVE MULTIPURPOSE CONVERTIPLANE

Miodushevskii P.V., Legovich Yu.S.*

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences,
65, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russia

* e-mail: legov@ipu.ru

Abstract

Domestic and foreign helicopter building development in the last century opened prospects for convertiplanes application as transportation means for carrying cargoes of considerable weight over the vast territory in conditions of deficiency of the advanced airfield net. Convertiplane is capable of performing vertical take-off and vertical landing. However, convertiplane can ensure significant fuel or electric energy saving while horizontal flight compared to the helicopter of the same weight. Aviation history knows two successful practically realized convertiplane projects. The first project was Canadair CL-84. The second project was the US V-22 Osprey military transport convertiplane. Aero-mechanical schemes of both Canadair CL-84 and V-22 have significant disadvantages. The presented work offers an original convertiplane aero-mechanical scheme, eliminating these disadvantages.

The article lays out the results of studying characteristics of the developed multi-purpose convertiplane, possessing conceptually new aero-mechanical scheme. Various options of the multi-purpose convertiplane, such as ten seats passenger plane, special plane for rescue missions and ambulance, light unmanned convertiplane with high flight duration are considered. Technical characteristics of convertiplane were determined based on the developed technique of preliminary design employing computations of aeromechanics, aerodynamics, structural strength, weights and centring, as well as comparing the results with the well-known calculation methods.

The results of the studies revealed that among all realization options the offered multi-purpose convertiplane configuration allows achieve higher characteristics, than those of conventional aerial vehicles. The article demonstrates that the existing technical state-of-the-art level allows developing a light multi-purpose convertiplane.

Convertiplane gains its significant advantages through the new turbo-electric power plant, where the last achievements of developing light and powerful electric generators and motors with high power to weight ratio values is employed.

Keywords: convertiplane, aeromechanic scheme, multi-purpose aircraft configuration, flight duration, unmanned convertiplane.

References

1. Ekimov A.I., Kutakhov V.P., Plyaskota S.I. *Izvestiya Rossiiskoi akademii raketnykh i artilleriiskikh nauk*, 2016, no. 2(92), pp. 104-112.
2. Miodushevskii P.V. *Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Printsipy i mekhanizmy formirovaniya natsional'noi innovatsionnoi sistemy"*, available at: http://dubna-oez.ru/images/data/gallery/199_600_soobschenie_itogovoe_.pdf
3. Goncharenko V.I., Legovich Yu.S. *Materialy IX mezhdunarodnoi konferentsii "Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem" MLS'D'2016*, Moscow, IPU RAN, 2016, vol. 2, pp. 214-219.
4. Legovich Yu.S., Miodushevskii P.V., Rozhnov A.V. *Materialy XVI mezhdunarodnoi molodezhnoi konferentsii "Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta" CAD/CAM/PDM-2016*, Moscow, Analitik, 2016, pp. 199-202.
5. Grebenikov A.G., Gumennyi A.M., Urbanovich V.A., Buival L.Yu. *Otkrytie informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii*, 2016, no. 73, pp. 22-30, available at: <https://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/OIKIT/2016/OIKIT73/p22-30.pdf>
6. Panasyuchenko P.S. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2015, vol. 22, no. 4, pp. 38-45.
7. Komkov V.A., Gudzev V.A., Kursakov A.V., Kharitonov S.V. *Trudy MAI*, 2015, no. 81, available at: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=57771>
8. Panasyuchenko P.S., Artamonov B.L. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2016, vol. 23, no. 2, pp. 7-13.
9. Miodushevskii P.V. *Materialy nauchnogo seminar "Problemy upravleniya avtonomnymi robototekhnicheskimi kompleksami"*, Moscow, IPU RAN, 2017, available at: <http://www.ipu.ru/smart>
10. *Canadair CL-84* URL, http://en.wikipedia.org/wiki/Canadair_CL-84
11. *Bell Boeing V-22 Osprey*, https://en.wikipedia.org/wiki/Bell_Boeing_V-22_Osprey
12. *Konvertoplan (vertoleto-samolet) Bell V-22 Osprey*, <https://topwar.ru/20699-v-22-ospri.html>
13. *V-22 Osprey: Unlike any aircraft in the world*, <http://www.boeing.com/defense/v-22-osprey/>
14. *Amerikantsy ispytali bespilotnoe aerotaksi dlya Novoi Zelandii*, <https://nplus1.ru/news/2018/03/13/cora?utm>

- _source=mainweeknews&utm_medium=email&utm_campaign=e.2018-03.w12&utm_content=block2
15. *Konvertoplan budushchego sovershil pervyi polet po-samoletnomu*, <https://nplus1.ru/news/2018/05/16/aircraft>
 16. *Bespilotnyi konvertoplan "Vertoletov Rossii" sovershil pervyi polet*, <https://rg.ru/2016/02/17/bespilotnyj-konvertoplan-sovershil-pervyj-polet.html>
 17. Cherkasov S. *Proizvodstvo rossiiskikh konvertoplanov potesnit SshA* (Russian production of convertiplane will squeeze out the USA), <https://cont.ws/post/134159>
 18. Miodushevskii P.V. *Mnogotselevoi konvertoplan. Patent ITRM 20120014, 18.07.2013.*
 19. Abrosimov V.K., Goncharenko V.I. *Naukoemkie tekhnologii*, 2016, vol. 17, no. 9, pp. 39-47.
 20. Goncharenko V.I., Le Luo, Prus M.Yu. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*, 2015, no. 4(62), pp. 154-163.
 21. Abrosimov V.K., Goncharenko V.I. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2013, vol. 20, no. 2, pp. 171-181.
 22. Wang X., Cai L. Mathematical modeling and control of a tilt-rotor aircraft. *Aerospace Science and Technology*, 2015, vol. 47, pp. 473-492. DOI: 10.1016/j.ast.2015.10.012
 23. Öner K.T., Cetinsoy E., Sirimoglu E., Hancer C., Ünel M., Aksit M.F., Gülez K., Kandemir I. Mathematical modeling and vertical flight control of a tilt-wing UAV. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 2012, vol. 20, no.1. DOI: 10.3906/elk-1007-624