

УДК 629.73

## НА ПУТИ К ЭРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

Герашенко А.Н.\* , Махров В.П.\*\*

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

*\* e-mail: mai@mai.ru*

*\*\* e-mail: v\_machrov@rambler.ru*

---

Рассматриваются новые типы летательных аппаратов — электролеты, использующие для обеспечения полёта электроэнергию. Анализируются два направления развития современных электролётов: первое — путём преобразования солнечной энергии; второе — с использованием запасённой на борту электроэнергии в аккумуляторных батареях. Приводятся примеры созданных образцов таких электролётов в беспилотном и пилотируемом вариантах, их конструктивное устройство, технические характеристики и перспективы развития.

*Ключевые слова:* летательный аппарат, электролёт, беспилотный, пилотируемый, аккумуляторная батарея, солнечная энергия, конструкция.

---

Вопросы эффективного использования возобновляемых источников энергии для получения электрической энергии стоят на рассмотрении мирового сообщества сравнительно давно. Это касается непосредственно и транспорта, как наземного, так и воздушного. На земле эта задача решается достаточно успешно: электромобили известных фирм BMW, Toyota, Honda и других начинают постепенно вытеснять бензиновые и газовые экипажи не только в парках и курортных зонах, но и на магистралях.

Электричество как источник энергии для двигателей воздушного транспорта рассматривается прежде всего с точки зрения экологии и дешевизны эксплуатации. Но главным препятствием к использованию электроэнергии является необходимость создания бортовой электрической энергосистемы требуемой мощности для обеспечения всех

режимов полёта. Кроме того, электричество диктует необходимость применения только винтовых двигателей и, следовательно, ограничения в скорости и высоте полёта.

В настоящее время в авиационной технике намечились два пути получения и использования электроэнергии для осуществления полёта:

— непосредственное преобразование солнечной энергии с помощью размещаемых на поверхности ЛА фотоэлектрических преобразователей («солнечных батарей») и её накопление в бортовых аккумуляторах;

— размещение на борту источника электроэнергии, достаточного для обеспечения полёта транспортного ЛА с требуемой грузоподъёмностью.

Рассмотрим последовательно эти направления в использовании электричества для создания новых образцов ЛА — электролётов.

## 1. Электролёты на солнечной энергии

Толчком к появлению электрических, на солнечной энергии, летательных аппаратов — вначале в виде авиамоделей — послужили достижения в технологии создания фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии для космических аппаратов. Хотя КПД таких источников электроэнергии остаётся достаточно малым (для серийных фотоэлементов не более 25%), но за счёт большой площади, покрывающей фотоэлементами всю внешнюю поверхность ЛА, можно обеспечить достаточную мощность для обеспечения длительного полёта на большой высоте.

Например, официальные рекорды FAI для авиамоделей на электротяге (WolfgangSchaerer, ФРГ) выглядят так:

- продолжительность полёта — 11 час 34 мин 18 с;
- расстояние полёта по прямой линии — 48,31 км;
- достигнутая высота — 2065 м;
- достигнутая скорость — 80,63 км/ч;
- расстояние полёта по замкнутому кругу 190 км при скорости 62,15 км/ч.

Успешные полеты «солнечных авиамоделей» доказали возможность эффективного использования солнечной энергии для создания больших БПЛА на солнечной энергии (СБПЛА), уже получивших по своим возможностям признание как «атмосферные спутники» (в литературе больше используется термин «псевдоспутники») и вступивших в конкурентную борьбу с космическими аппаратами дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ).

В этом году в США завершается 20-летняя программа NASA по охране окружающей среды ERAST (Environmental Research Aircraft Sensor Technology), в процессе выполнения которой было создано целое семейство солнечных БПЛА. На примере разработки СБПЛА Pathfinder была решена основная задача их создания — показать, что ЛА с такими специфическими характеристиками, как сверхлёгкая конструкция, большое удлинение несущей поверхности, малая тяговооруженность и проч. может взлетать с обычного аэродрома и подниматься на очень большие высоты. Например, СБПЛА Pathfinder Plus, оснащённый высокоэффективными фотоэлементами фирмы SanPower (КПД > 19%), позволившими увеличить располагаемую максимальную мощность системы электропитания до 12,5 кВт, поднялся на высоту почти 25 км. С помощью этого аппарата в рамках программы «псевдоспутников» было проведено сравнение эффективности высотных СБПЛА, используемых в качестве ретрансляторов телекоммуникационных сигналов, с аналогичными спутниковыми системами. Оценка в пользу СБПЛА была достаточно высокой.

В рамках всё той же экологической программы ERAST был создан новый СБПЛА HeliosHP01 (рис. 1), перед которым были поставлены две задачи: полет на высотах около 30 км продолжительностью не менее суток, из которых не менее 14 часов — на высоте не менее 15 км. Для полета была выбрана специальная комбинация солнечных батарей из 62120 фотоэлементов, аккумуляторов и воздушно-водородных топливных элементов. Первая задача была успешно решена: 13 августа 2001 г.

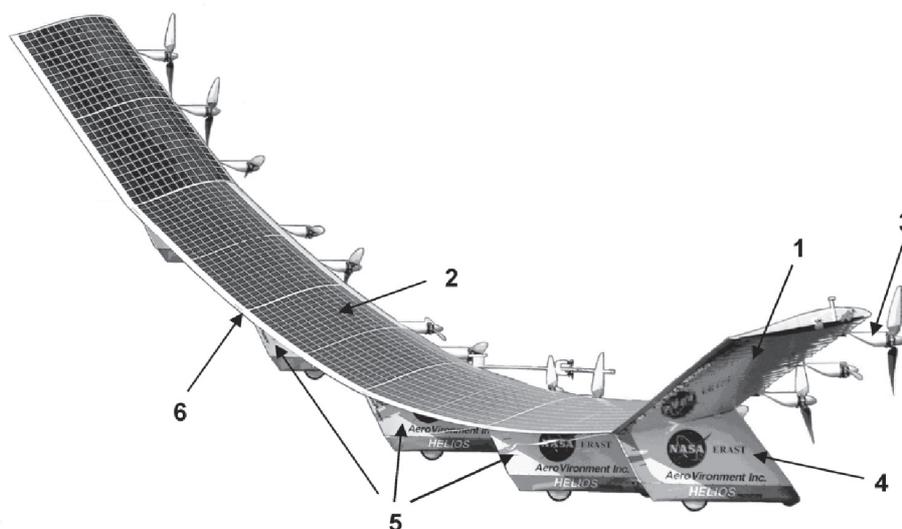


Рис. 1. Устройство СБПЛА HeliosHP01: 1 — несущая конструкция, на поверхности которой размещены фотоэлектрические преобразователи; 2, 3 — двигатели с воздушными винтами; 4 — отсеки с целевой аппаратурой; 5 — аккумуляторы электроэнергии; 6 — органы управления

HeliosHP01 достиг высоты 29 523 м. А рекорд продолжительности полёта 336 ч 21 мин для подобных аппаратов тяжелее воздуха установлен другим СБПЛА — «Zephyr-2» в июле 2010 г.

Следует отметить, что во время полета HeliosHP01 летел более 40 мин на высоте более 29 300 м. Максимальная скорость полета составляла около 40 км/ч. Этим была показана возможность использования HeliosHP01 с его аэродинамически конструктивными решениями для мониторинга окружающей среды, ретрансляции и прочих операций с эффективностью, значительно большей по сравнению со спутниками ДЗЗ, например типа отечественного «Ресурс-П».

Достижения пилотируемой «солнечной авиации» также широко известны. Выдающимся успехом, достигнутым пилотируемым электролётом на солнечной энергии, является круглосуточный (более 24 ч) полет швейцарского самолета Solar Impulse HB-SIA 9 июля 2010 г. (рис. 2).

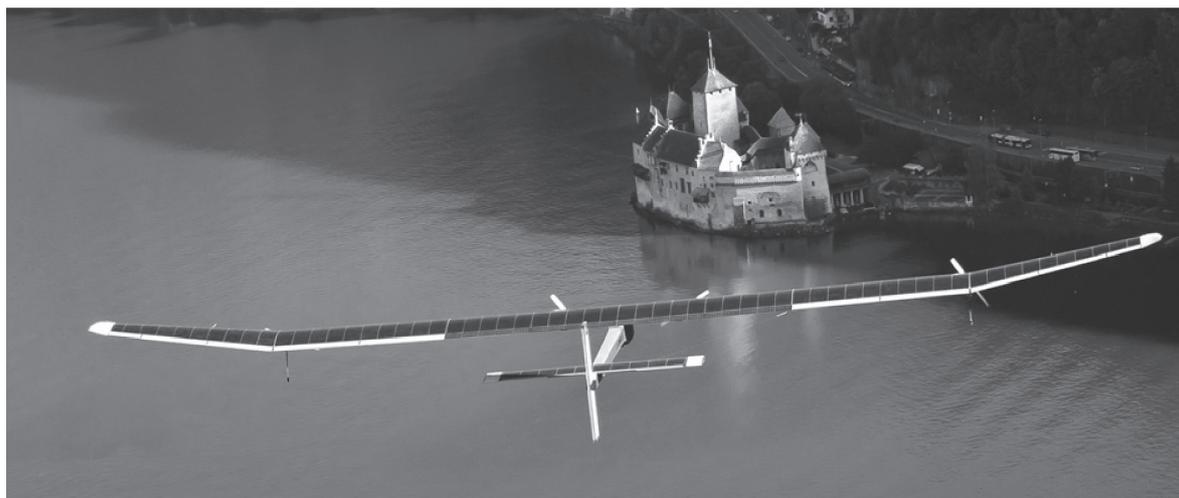


Рис. 2. Solar Impulse HB-SIA над Женевским озером

Успешные полеты ЛА с солнечной энергоустановкой показали принципиальную возможность снятия ограничений на продолжительность полетов, которая, естественно, привлекла внимание специалистов, разрабатывающих БПЛА. В 2007 г. DARPA объявило запуск нового солнечного HALE проекта — Vulture (HALE — обозначение класса ЛА по международной классификации авиационной техники), в котором поставлена цель увеличения полезной нагрузки СБПЛА до 1000 фунтов (>450 кг), непрерывной продолжительности полета до пяти лет и мощности целевой нагрузки до 5 кВт.

Всё это направлено на развитие «атмосферных спутников» — СБПЛА, способных летать на больших высотах в течение нескольких лет и конкури-

ровать с орбитальными спутниками, имея при этом определенные преимущества, как то: при аналогичной с орбитальными КА областями покрытия могут изменять траекторию полета, покрывая зоны наибольшего интереса, а в силу сравнительно малой скорости полета СБПЛА могут практически «висеть» над областью наблюдения аналогично спутнику на геостационарной орбите. При этом разработчики считают, что из-за меньшего расстояния до Земли достижимы более высокие характеристики разрешения целевой аппаратуры наблюдения при ее меньшей массе и стоимости.

Достижения Московского авиационного института в развитии «солнечной авиации» не столь грандиозны — сказываются последствия распада страны в 90-е годы. Первые опытные разработки авиамodelей с солнечными элементами начались в 80-е годы в СКБ при кафедре электрооборудования ЛА под руководством профессора Ю.И. Конева. Созданная модель беспилотника — электролёта с раз-

махом крыла менее 2 м, покрытого 64 фотоэлементами солнечной батареи с КПД < 9 %, обеспечивающей подзарядку серебряно-цинкового аккумулятора, продержалась в воздухе около часа. В конце 90-х — начале 2000-х годов подобные исследования и разработки моделей с солнечными элементами осуществлял сотрудник кафедры «Системы бортового оборудования ЛА» Р.Ч. Таргамадзе (ныне сотрудник НПО им. С.А. Лавочкина) совместно с СКБ-АМ МАИ.

В настоящее время исследования и разработки беспилотных ЛА с использованием солнечных фотоэлементов в институте активно ведутся в содружестве с НПО им. С.А. Лавочкина под руководством профессора, д.т.н. В.С. Брусова. Эти работы ознаменовались созданием экспериментального

«солнечного электролёта» с размахом крыла порядка 18 м, способного продержаться в воздухе более суток. Для подобных СБПЛА в УНПЦ ФРЭЛА МАИ создаётся (с возможностью вплоть до серийного производства) конкурентоспособная бортовая электроэнергетическая система, силовая электроника с управлением и передачей энергии на высокоэффективный приводной электромотор, не уступающая западным образцам.

В СКБ-АМ МАИ проведены оценки оптимального облика «солнечных электролётов» (СЭ) и разработаны несколько проектов СБПЛА с различной массой полезной нагрузки. Один из них — СЭ МАИ «Альбатрос-А». Показано, что такой аппарат способен осуществлять длительные полеты на высоте порядка 20 000 м в географической зоне 42—58° с.ш. (широта г. Сочи), но лишь в период летнего солнцестояния. Общий вид СЭ МАИ «Альбатрос-А» представлен на рис. 3. Характеристики такого ЛА приведены в таблице.

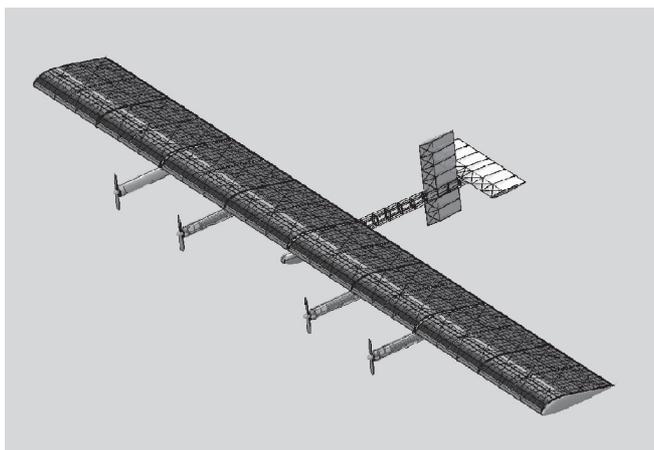


Рис. 3. СБПЛА СЭ МАИ «Альбатрос-А»

Тип СБПЛА	Взлетная масса, кг	Размах, м	Площадь крыла, м <sup>2</sup>	Потолок, км	Масса целевой нагрузки, кг	Длительность полета
СЭ МАИ (проект А)	36	15	21	20	до 2	до года

Электролет спроектирован по нормальной (типовой) самолётной схеме, с прямоугольным в плане крылом, снабжен четырьмя электродвигателями, которые в крейсерском режиме потребляют менее 1 кВт электроэнергии, получаемой от бортовой системы электроснабжения. Её основу составляют покрывающие крыло фотоэлектрические преобразователи с эффективностью не ниже 24%.

СБПЛА «Альбатрос-А» может нести целевую нагрузку массой до 2 кг: например, оптико-электронный блок с датчиком видимого и ИК-диапазонов, ретрансляционную аппаратуру связи и др. Эта разработка — существенный инновационный вклад МАИ в развитие подобных ЛА в нашей стране.

Первый образец — аналог сверхмалого космического спутника (псевдоспутника). Реализация проектных разработок МАИ осуществляется совместно с НПО им. С.А. Лавочкина.

## 2. Электролёты с бортовыми источниками электроэнергии

Такие ЛА — беспилотные и пилотируемые — используют для осуществления полётов бортовые источники электроэнергии в виде аккумуляторных батарей (АБ), «собираемых» преимущественно из современных литий-ионных элементов.

К настоящему времени в мире создано более сотни беспилотных ЛА на электротяге (ЭБПЛА) различных аэродинамических схем и компоновок, конструктивное исполнение которых зависит от их назначения и условий эксплуатации [6, 7]. Ограничимся здесь рассмотрением двух, наиболее распространённых типов «электрических БПЛА», формируемых по самолётной и квадрокоптерной (конвертопланной) компоновочным схемам.

ЭБПЛА указанных типов по сравнению с СБПЛА имеют как преимущества, так и недостатки. К преимуществам относят, прежде всего, минимальную стоимость и высокую мобильность; к недостаткам — ограниченность времени полёта, обусловленную ограниченным запасом электроэнергии в бортовых АБ. Тем не менее, ЭБПЛА, наряду с широким использованием в различных отраслях жизнедеятельности, становятся в настоящее время неотъемлемой частью вооружённых сил и родов войск практически всех мировых держав. Они уже проявили себя важной составляющей военных операций в зонах военных конфликтов в Ираке,

Ливии, Афганистане и других странах как эффективные средства разведки и точечных ударов.

Не рассматривая в данной статье научно-технических аспектов перспективного развития ЭБПЛА, представляется целесообразным ознакомиться, например, с практическим опытом использования таких систем в войсках армии ФРГ.

Из пяти сформированных оптимальных и взаимосвязанных систем использования БЛА в бундесвере простейшие «электрические беспилотники» занимают нишу на передовом рубеже — «окопном».

К числу простейших можно отнести два типа немецких ЭБПЛА — «Mikado-AR100B» и «ALADIN». Первый относится к типу микро-кон-

вертопланов (Micro-UAS) с электрической четырёхлопастной системой приводов. Такой ЛА отличается практически постоянной готовностью к использованию (может запускаться с рук), он легко переносится и транспортируется в сложенном состоянии. Его назначение — проведение оперативной разведки днём и ночью на удалении до 1000 м с использованием различного регистрирующего оборудования, в частности, с помощью цифровой электронно-оптической малогабаритной камеры. Это позволяет войскам определять в реальном времени передислокацию сил противника и его вооружение. В армии ФРГ в настоящее время находится 158 Mikado с оборудованием различного назначения и комплектации. Апробацию практического применения этот аппарат прошёл в Афганистане в 2011 году, совершив за полгода почти 300 разведывательных операций.

Другой простейший тип ЭБПЛА, «ALADIN», выполнен по самолётной схеме простейшего конструктивного решения из композиционных материалов. Размах крыла 1570 мм, масса до 3,5 кг; старт осуществляется с руки. ALADIN состоит на вооружении нескольких стран НАТО, в том числе и Германии, начиная с 2005 года. В настоящее время в армии ФРГ их насчитывается 145 единиц.

В Афганистане объединённая группировка использовала эти аппараты днём и ночью с высоты от 30 до 300 м. Электрическая энергетическая система, построенная на литий-ионно-полимерных элементах с напряжением 14 В и ёмкостью более 10 А/ч, позволяет осуществлять полёт такому ЭБПЛА на удалении радиусом до 30 км (без учёта ветра). Ус-

тановленное на борту цифровое видео и инфракрасное оборудование предоставляет оператору возможность получать 3D-изображение контролируемой местности. На рис. 4 показано типовое для бундесвера полевое подразделение эксплуатации и управления ЭБПЛА (снимок с выставки ILA -2014, Berlin).

В МАИ разработки подобных систем ведутся давно, и созданные образцы конструкций ЭБПЛА не уступают зарубежным аналогам. Однако отечественная промышленность не выпускает многих необходимых для обеспечения полёта систем и элементов управления для подобных ЛА. Это сдерживает массовое внедрение простейших ЭБПЛА в практику их использования для отраслей народного хозяйства и армии.

МАИ как активный разработчик беспилотных ЛА входит в недавно созданную «Ассоциацию беспилотных систем России». Можно надеяться, что это общественное объединение ряда предприятий авиационной отрасли предпримет действенные усилия для развития отечественного производства необходимого электронного, электросилового и другого комплектующего оборудования для нужных стране малогабаритных БПЛА.

Что касается перспектив электрических пилотируемых электролётов для использования в качестве массового воздушного транспорта, то здесь тоже есть существенные достижения. Впервые о создании электрического четырёхместного самолёта «Panthera Electro» сообщалось немецкой фирмой Pipistrel на авиасалоне в 2012 году. Но демонстрации этого самолёта в полёте с использованием



Рис. 4. Макет «окопного» размещения простейших разведывательных ЭБПЛА в армии ФРГ (экспозиция Германии на ILA-2014, Berlin)

«электротяги» не было до настоящего времени. В Интернете была показана любительская конструкция электролёта, недавно созданная в США.

В 2013 году в Ле-Бурже концерн Airbus Group продемонстрировал в статической экспозиции опытный экземпляр электролёта E-Fan, а на выставке Berlin Air Show 2014 была презентация и — главное — демонстрация в полёте первого в мире, того самого образца электролёта E-Fan. Созданный опытный экземпляр этого ЛА рекламировался концерном Airbus как инновационная разработка — демонстратора будущего транспортной авиации нового типа.

Электролёт E-Fan представляет собой небольшой одноместный моноплан нормальной самолётной схемы со слегка развитым центропланом и прямоугольными в плане консолями крыла с V-образными законцовками, удобообтекаемым каплевидным фюзеляжем и оперением по схеме Т. Кабина оборудована всеми приборами навигации. Для посадки пилота фонарь откидывается вправо. Шасси — велосипедного типа (рис. 5). На презентации особо отмечалось, что вся конструкция E-Fan выполнена полностью из композиционных материалов в содружестве с французской фирмой Aéro

Composites Saintonge. Внешние формы E-Fan позволяют судить о его высоком аэродинамическом качестве.

Потребную тягу этому электролёту обеспечивает новая пропульсивная система в виде двухэффективных винтомоторных установок. Каждая установка представляет собой восьмилопастную винтовую систему в кольцевой насадке, приводимую во вращение электрическим двигателем: по два четырёхлопастных винта с противоположным вращением. Винтомоторные установки размещены по бортам фюзеляжа на пилонах за кабиной пилота. Такая винтомоторная группа позволила получить потребную тягу для взлёта и крейсерских режимов полёта при незначительных внешних габаритах движителей (рис. 6).

Электрическая энергетическая система представляет собой аккумуляторную батарею, состоящую из 120 литий-ионно-полимерных элементов с напряжением 250 В суммарной мощностью 60 кВт. Для электромоторов ток поступает с преобразованием на 24 В. Элементы батареи размещены по 60 единиц в правой и левой плоскостях крыла электролёта. Такие источники электричества серийно изготавливаются и поставляются южно-корейской



Рис. 5. Самолёт E-Fan во время демонстрации на ILA-2014



Рис. 6. Винтомоторная установка E-Fan

фирмой Kokam. Суммарный вес аккумуляторной батареи для данного образца E-Fan составил 137 кг при собственном весе элементов 130 кг.

Электрическая энергосистема оптимизирована с конструкцией и установленными электромоторами мощностью по 6 кВт для привода винтов. Это позволило данному образцу E-Fan при весе 580 кг вместе с установленным на борту телеметрическим и другим испытательным оборудованием успешно взлетать и развить в испытательных полётах скорость до 60 км/ч. Но преодолеть рубеж в 100 км/ч с таким весом пока не удалось.

Рекламная информация на выставке представляла E-Fan как первый демонстратор новой технологии полностью электрического летательного аппарата со следующими основными характеристиками:

Размах крыла	9,50 м
Длина	6,67 м
Полный вес	500 кг
Суммарная электрическая мощность	60 кВт

Электрическая энергосистема 120 элементов (литий-полимер)

Автономность 1 час + 15 минут резерв

Крейсерская скорость 160 км/ч

Максимальная скорость 220 км/ч

Первый 37-минутный полёт E-Fan совершил в марте текущего года, а к моменту его демонстрации на выставке в Берлине налетал уже 15 часов из запланированной 50-часовой лётной программы. Демонстрационные полёты продолжались и на выставке в Фарнборо (Великобритания) в июле 2014 г.

По заявлению представителей Airbus Group на презентации E-Fan в Берлине, концерн рассматривает концепцию развития самолётов на электрической тяге. В ближайшие 10—15 лет планируется создать региональный самолёт на 70—80 мест. Такой самолёт может взлетать и садиться с использованием бесшумной и экологически безопасной электрической энергосиловой установки. Главный конструктор представленного образца E-Fan Джин Ботти (Jean Botti) считает его «лишь первым шагом на пути к освобождению от топливного бума».

В ближайших планах концерна Airbus создание двухместного (в 2017 г.) и четырёхместного (в 2019 г.) электrolётов, которые будут разрабатываться и строиться на новом заводе Volt Air — филиале концерна в содружестве с Siemens. Эти аппараты должны летать не менее двух часов, а для подзарядки батарей в полёте, возможно, будут размещены и использованы на борту небольшие поршневые двигатели.

О серьёзности движения в сторону электrolётов заявили и вертолётчики. Знаменитая итальянская вертолётостроительная фирма Agusta Westland в режиме секретности создала экспериментальный образец (демонстратор) конвертоплана — Project Zero с электрической силовой установкой (рис. 7).

Анонсирование этого проекта проводилось фирмой на выставке HeliExpo 2013. Особенностью де-

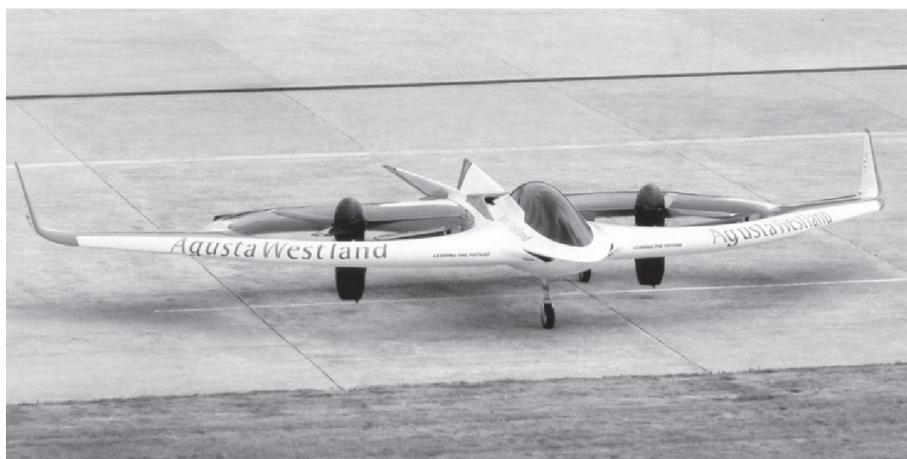


Рис. 7. Конвертоплан Project Zero

монстратора необычной аэродинамической схемы типа «летающее крыло» были два поворотных электрических двигателя, приводящих во вращение винты, работающие в вертикальном (подъёмном) и горизонтальном (тянущем) режимах полёта. Снабжение двигателей электроэнергией осуществляется от аккумуляторных литий-ионных батарей, размещаемых внутри всей конструкции.

Конвертоплан совершил несколько испытательных полётов в беспилотном варианте. Базируясь на полученных данных испытаний, в Agusta Westland заявляют, что крейсерская скорость, практический потолок и дальность полёта электrolёта Project Zero в пассажирском варианте будут в два раза превосходить аналогичные характеристики обычных вертолётов, что выглядит вполне правдоподобно.

Специалисты, однако, отмечают, что создание «большого самолёта или вертолёта» на электрической тяге *невозможно* при использовании источников электроэнергии в виде элементов, подобных тем, что применяются, например, на представленном образце E-Fan. Их относительная масса составила более 25% от массы аппарата, а с учётом размерности для транспортного образца увеличится ещё больше. Это приводит к тому, что при потребных мегаваттных мощностях для транспортного самолёта регионального типа необходимы совершенно новые источники электрической энергии и новая кабельная сеть для передачи электричества к приводным электромоторам винтовых движителей.

В этом плане представляет интерес ещё одна инновационная разработка, показанная на Berlin Air Show-2014. Известная фирма — партнёр Airbus по разработке концепции электротяги — Diamond

Aircraft Industries, занимающаяся разработкой и созданием образцов малой авиации, представила своё видение источника получения электроэнергии на борту самолёта. В статической экспозиции она продемонстрировала свой электrolёт LANDE, к сожалению, без какой-либо рекламной и технической информации (рис. 8).

Базовой платформой для представленного образца электrolёта послужил мотопланер Stemme S-10VT, выпускаемый серийно этой же австрийской фирмой. Его конструкция хорошо известна в России и рассматривалась как возможная платформа для беспилотного летательного аппарата «Иркут 850».

Diamond Aircraft Industries пошла по пути использования водородных аккумуляторов — водородных топливных элементов (ВТЭ) с целью обеспечения электроэнергией привода винтового движителя электrolёта. Для размещения топливных элементов под плоскостями крыльев на пилонах демонстратора LANDE установлены развитые под соответствующие объёмы каплевидные контейнеры. Электромотор, приводящий во вращение двухлопастной толкающий винт диаметром около 2 м, вынесен на вертикальную раму за кабиной пилота. Демонстрации его в полёте не было.

Тем не менее, водородные топливные элементы получают всё большее развитие, особенно в автомобильной промышленности. Автогиганты Toyota, Honda, Hyundai уже рекламируют для продажи свои электромобили на водородных топливных элементах. Опыт использования ВТЭ в качестве электрической энергосистемы с высокой степенью эффективности имелся также на космичес-



Рис. 8. Электrolёт LANDE на ILA-2014

ких объектах США и в отечественных космических программах.

В МАИ исследованиями и разработками подобных энергетических систем занимается кафедра «Электроракетные двигатели, энергетические и энергофизические установки». В своё время здесь выполнены фундаментальные исследования комбинированных энергосиловых систем. Активно разрабатывались воздушно-алюминиевые химические электрогенераторы, различного типа воздушно-водородные энергетические системы по заказам отраслевых предприятий.

Руководитель работ по перспективным энергосистемам для космических аппаратов и авиации профессор С.Д. Севрук считает возможным дальнейшее развитие бортовых электрических систем для инновационных проектов электrolётов при соответствующей финансовой поддержке. Но для «большой авиации», как полагают специалисты, использование, например, ВТЭ в качестве бортовой электрической энергосистемы для ЛА достаточно проблематично из-за габаритных, массовых, прочностных и др. ограничений, существующих на данный момент. Отмечается, чтобы обеспечить полёт электrolёта регионального типа на 70—80 человек, необходимо достигнуть весовой и энергетической эффективности источника электроэнергии  $E \geq (10-12)$  кВт на 1 кг его массы. Но в перспективе, с учётом возможностей криогенных технологий хранения водорода и соответствующих линий передачи электроэнергии к двигателям, можно рассчитывать

на создание мощных энергосистем на основе ВТЭ с КПД, близким к 90—95%. Лишь в этом случае можно обеспечить транспортному электрическому самолёту длительный режим полёта и длительный жизненный цикл.

Приведенные примеры создания электrolётов типа СБЛА и пилотируемых ЛА на солнечной энергии, а также пилотируемых ЛА на бортовых источниках электроэнергии показывают одно из перспективных, инновационных направлений развития авиации. В МАИ есть задел, кадровые и производственные возможности для того, чтобы занять достойное место в научных исследованиях и разработках будущего «электрической» авиации.

### Библиографический список

1. Брусов В.С., Карчаев Х.Ж., Клименко Н.Н., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Таргамдзе Р.Ч., Семенов В.В. Проблемы создания псевдоспутников – высотных атмосферных беспилотных летательных аппаратов // Вестник “НПО им. С.А. Лавочкина”. 2015. № 1. С. 71-79.
2. NASA Vulture Project. URL: <http://www.darpa.mil/ucar/programs/vulture.htm>
3. Nickol C.L., Guynn M.D., Kohout L.L. and Ozoroski T.A. High Altitude Long Endurance UAV Analysis of Alternatives and Technology Requirements Development, TP-2007-214861, March 2007, NASA Langley Research Center, VA.
4. MILITARY TECHNOLOGY International Defence Show Daily, Berlin Air Show ILA-2014. URL: <http://www.monch.com/mpg/dpm/showdaily3.pdf>, May 2014.
5. Беспилотная авиация. URL: <http://www.uav.ru>. Спецвыпуски 2012-2014 г.

## ON THE WAY TO ELECTRICALLY DRIVEN AVIATION ERA

Gerashenko A.N.\* , Makhrov V.P.\*\*

*Moscow Aviation Institute (National Research University),  
MAI, 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, A-80, GSP-3, 125993, Russia*

\* e-mail: [mai@mai.ru](mailto:mai@mai.ru)

\*\* e-mail: [v\\_machrov@rambler.ru](mailto:v_machrov@rambler.ru)

### Abstract

This article examines the new type of the aircrafts - electrically driven aircrafts (electro-aircrafts). Presented two trends of development of present-day electro-aircrafts, which use electric energy for mission operations. The first trend lies in means implementation of solar radiation energy by converting it on-board into electric energy by means of photoelectric converters allocated on the surface of the aircraft. The second

trend is implementation of the electric energy stored on-board in batteries. Each of the trends include either manned or unmanned (UAV) prototypes of electro-aircrafts. From the first trend, so-called “solar UAVs” (or SUAVs) have widely spread in the forms of sport model aircrafts and industrial designs. The paper presents NASA achievements in the field of electric UAVs, designed in the course of its twenty-year ecology program ERAST, which at present time has expired. It

also observes NASA's challenges for the development of such aircrafts in the future. The paper examines design features of SUAV Helios HP01. It is noted that even at a low value of efficiency of solar batteries SUAV can be competitive with satellites for monitoring the Earth surface. In addition, the paper notes the works with UVA carried out in MAI. The layout of the first Swiss man-carrying aircraft driven by solar energy, which was in flight within 24 hours is presented.

The second trend of electro-aircrafts development was presented for the first time at Berlin ILA-2014 exhibition by two existing prototypes. The main attention there was focused on the electro-aircraft E-Fan, presented by the Airbus group. This flying vehicle can be considered as a prospective for ecological transport aviation. The paper presents its technical characteristics, and marks its design features based on composite materials, Li-Ion batteries, allocated in the wing, and original propelling screw.

Austrian firm Diamond Aircraft Industries involved in the development and creation of small aircraft prototypes presented its vision of on-board electric power source. At Berlin exhibition, it demonstrated its electro-aircraft LANDE with promising on-board battery, based on hydrogen fuel cells, similar to those used in the space industry. It is noted that such power systems were designed for UAV at MAI. Experts believe that in the future hydrogen energy sources will replace batteries for electric transport helicopters. Helicopter firm Agusta Westland designed, manufactured and tested with electric system and original structure of the flying wing type with two swivel propellers for vertical takeoff and landing.

Two micro UAVs, built by helicopter and aircraft schemes with electrical on-board systems-MIKADO and ALADIN correspondingly were presented at Berlin exhibition. These flying vehicles have small mass and size, and are intended for near-field reconnaissance by one fighter. They were tested in Afghanistan for air reconnaissance, mapping and other military operations. At present, armies of Germany and NATO have a great number of such aircrafts.

All prototypes of electro-aircrafts presented are promising.

**Keywords:** aircraft, electro-aircraft, electrical vehicle, electric batteries, solar energy, design.

## References

1. Brusov V.S., Karchaev Kh.Zh., Klimenko N.N., Martynov M.B., Pichkhadze K.M., Targamadze R.Ch., Semenov V.V. *Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina*, 2015, no. 1, pp. 71-79.
2. *NASA Vulture Project*, available at: <http://www.darpa.mil/ucar/programs/vulture.htm>
3. Nickol C.L., Guynn M.D., Kohout L.L. and Ozoroski T.A. *High Altitude Long Endurance UAV Analysis of Alternatives and Technology Requirements Development*, TP-2007-214861, March 2007, NASA Langley Research Center, VA.
4. *MILITARY TECHNOLOGY International Defence Show Daily, Berlin Air Show ILA-2014*, available at: <http://www.monch.com/mpg/dpm/showdaily3.pdf>, May 2014.
5. *Bespilotnaya aviatsiya*, available at: <http://www.uav.ru>, 2012-2014.