

Описание работы по номинации «Лучший инновационный проект»
«Авиационные энергетические установки для сверхлёгких летательных аппаратов на основе электрохимических генераторов электрической энергии»

Ю.А. Добровольский (ИПХФ РАН), В.А. Каргопольцев (ОАО «ОАК»),
О.Д. Селиванов (ЦИАМ), А.В. Зорин (ЗАО «Ижмаш-Беспилотные системы»)

Большие надежды на дальнейшее значительное улучшение как топливной экономичности летательных аппаратов, так и их экологических и эксплуатационных характеристик связывают с применением в качестве бортового источника энергии топливных элементов (ТЭ) – электрохимических генераторов электрической энергии (ЭХГ), непосредственно преобразующих химическую энергию топлива в электрическую, минуя стадию горения. Прогресс, достигнутый в последнее десятилетие в области ЭХГ, позволяет серьёзно рассматривать их в качестве бортовых источников энергии различного назначения на борту летательных аппаратов.

В рамках представляемого проекта *решена практическая задача применения ЭХГ в ближайшие годы в качестве маршевых энергоустановок мощностью до 1 кВт для лёгких беспилотных ЛА*. Следующим шагом будет создание более мощных источников энергии для бортовых вспомогательных силовых установках (ВСУ) пассажирских самолётов, а также маршевых СУ для лёгких пилотируемых самолётов и в более далёкой перспективе – гибридных маршевых силовых установках пассажирских и транспортных самолётов.

На сегодняшний день в БПЛА малой размерности используется два типа силовых установок, базирующихся либо на электродвигателях, либо на двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Как тот, так и другой тип установок имеют ряд достоинств и недостатков, что разделяет сферу применения аппаратов на их основе и повышает конкурентоспособность. Так аппараты на базе ДВС имеют достаточно существенные для своей размерности дальности и продолжительности полета, но отличаются значительным уровнем шума, вибраций и теплового следа, что ограничивает возможности их применения в специальных операциях, а также усложняет работу с высокоточным бортовым оборудованием. Аппараты с электродвигателем и питанием от аккумуляторных батарей этих недостатков лишены, но имеют объективные ограничения по радиусу применения из-за существенного роста массы литий-полимерных аккумуляторов при продолжительностях полета более 1,5 ч. Предлагаемое внедрение технологий водородной энергетики в сочетании с приводом движителя от электрического мотора устраняет недостатки обеих вышеупомянутых схем,

предлагая рынку средств дистанционного мониторинга новый продукт с уникальным сочетанием характеристик высокой дальности и продолжительности полета и низкой заметности. Такой подход является новым в РФ, хотя уже несколько лет активно изучается рядом компаний за рубежом.

Начальный этап представляемой работы относится к 2009...2010 гг., когда по инициативе НТЦ «ОАК» в ЦИАМ с участием ряда академических и прикладных отраслевых организаций выполнен комплекс работ, в которых определены параметры экспериментальных лабораторных ячеек топливных элементов и батарей на их основе, составлен перечень ключевых технологий, потребных для создания демонстраторов авиационных бортовых энергоустановок, и сформированы облики таких демонстраторов. Проведён предварительный комплексный анализ достоинств и недостатков ЭУ альтернативных типов на борту ЛА с учётом технико-экономической эффективности, эксплуатационных свойств, экологических и др. характеристик. ЦИАМом проведены также лётные испытания двух первых отечественных БЛА «ЦИАМ 80» и «ЦИАМ 80-2» с батареями твёрдополимерных топливных элементов мощностью до 250 Вт производства фирмы «Horizon Energy Systems» (Сингапур) – мирового лидера в коммерциализации компактных топливных элементов малой мощности, а в 2011 году НТЦ «ОАК» и ЗАО «Аэрокон» создали и провели демонстрационный полёт БЛА, энергетическая установка которого работала на топливном элементе, мощностью также 250 Вт, но разработанном НИЦ «Курчатовский институт».

Выполненные впервые в стране даже в ограниченном масштабе указанные эксперименты по использованию ТЭ на летательных аппаратах (рис. 1) фактически открыли новую эпоху в развитии авиационных силовых установок, а также возродили прерванную в 90-х годах линию на внедрение водородной энергетики в отечественную авиацию. Они позволили ясно понять глубину и многие аспекты проблемы. Интеграция силовой установки, система хранения и подачи водорода, система охлаждения, комплексная система управления – неполный перечень задач, которые были решены разработчиками летательных аппаратов и из силовых установок. В перспективе это должно обеспечить двукратное повышение топливной эффективности авиационного двигателя при одновременном снижении практически до нуля эмиссии вредных веществ.

В результате были сформированы концепция и облик маршевой СУ для БЛА, обеспечивающей существенное (в 3...4 раза) увеличение дальности и продолжительности полёта, выявлены критические для отечественной промышленности узлы такой СУ (батарея

ТЭ, аккумулятор водорода, используемого в качестве топлива), сформулированы требования к ним, проанализированы возможности отечественных разработчиков среди институтов РАН и промышленности и разработаны проекты Технических заданий наиболее подготовленным потенциальным исполнителям.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ТЭ



Силовая установка и общий вид первого в России БЛА «ЦИАМ 80» с маршевой силовой установкой на основе топливных элементов



Первый полет летающей лаборатории «ЦИАМ 80-2» с бортовой ЭУ на основе топливных элементов



БЛА ЗАО «Аэрокон» с отечественным ТПТЭ, созданным НИЦ «Курчатовский Институт»



Рис. 1

В последующие годы указанные беспилотные ЛА демонстрировались на множестве различных выставок, вызывая неизменный интерес специалистов и руководства промышленности, были награждены рядом дипломов (см. рис. 2), показывались по телевидению, но при этом был выявлен ряд недостатков, затрудняющих их практическое использование, в частности, сложность получения импортных батарей ТЭ, невозможность использования при отрицательных температурах атмосферы, нестабильность характеристик в эксплуатации и др.

Демонстрация БЛА ЦИАМ на отраслевых выставках
(Беспилотные комплексы, Интерполитех, Комплексная безопасность, МАКС 2011,
Двигатели 2012, Авиакосмические технологии, ИПФХ РАН, Open Innovations и др.)

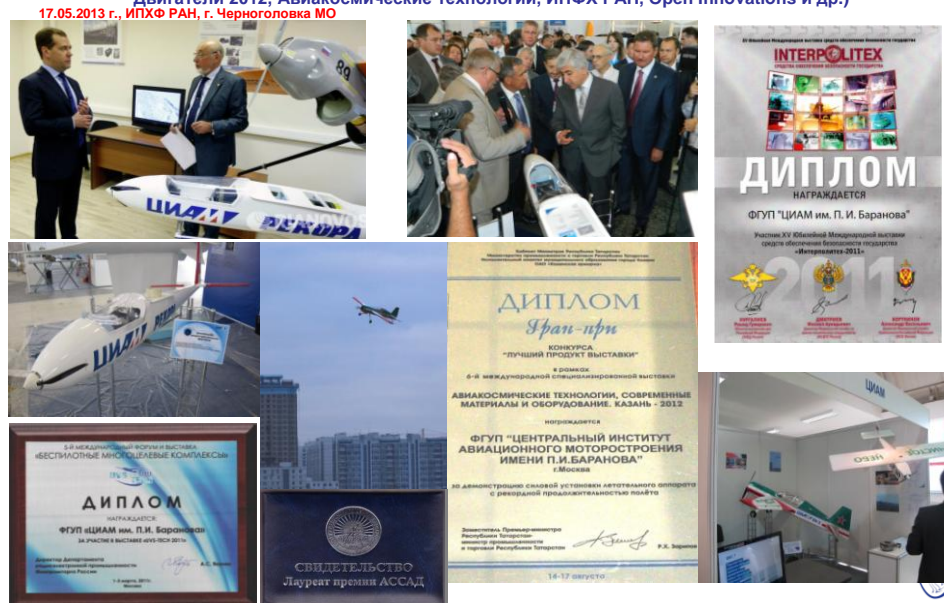


Рис. 2

Необходимо было заново на более высоком уровне, обеспечивающем доступность практического использования перспективной ЭУ, решить задачи по созданию и доводке отдельных наиболее критичных подсистем ЭУ, особенно в части эксплуатационных свойств. К таким подсистемам следует отнести:

– *батареи водородных твёрдополимерных топливных элементов (ТПТЭ) мощностью до 1 кВт, не уступающие лучшим ТПТЭ зарубежных производителей и превосходящие их в отношении возможности работы в широком диапазоне параметров окружающей среды, прежде всего при значительных отрицательных температурах атмосферы;*

– *блок хранения и подачи топлива (баллоны высокого давления, аккумуляторы водорода с высоким весовым содержанием H_2 , компактные газовые редукторы, работающие в широком диапазоне перепадов давления);*

– *систему автоматического управления работой ЭУ (включая режимы запуска и останова, регулирования мощности), интегрированную с системой управления полётом (автопилотом).*

Наиболее подготовленным партнёром для решения указанных задач оказался коллектив одной из лабораторий Института проблем химической физики РАН, в совместной работе с которым было разработано несколько энергоустановок, пригодных к практическому применению на беспилотных ЛА в полевых условиях.

Первый успешный полёт такого демонстратора - БЛА «ЦИАМ-рекорд» с первой энергетической установкой на топливных элементах полностью отечественной разработки, пригодной по своим удельным и эксплуатационным характеристикам к применению на борту ЛА, – состоялся 2 июля 2014 г. (рис. 3). Результаты испытаний подтвердили возможность получения рекордной продолжительности полёта не менее 30

часов. Подготовлен к испытаниям ещё один беспилотный ЛА – «Инспектор-01» ЗАО «Аэрокон», - продолжительность полёта которого должна составить от 42 до 45 часов.

На базе энергоустановки с топливным элементом ИПХФ РАН И ЗАО «Нелк» создано новое поколение мультикоптеров с целевой нагрузкой до 7 кг и продолжительностью полёта свыше 4 часов.



Рис.3

Для заправки баллонов высокого давления водородом в полевых условиях разработана специальная установка. В состав такой установки входят:

- Комплект солнечных батарей необходимой мощности
- Электролизер воды
- Буферная емкость для водорода
- Металлогидридный компрессор

Комплект солнечных батарей используется в качестве основного источника энергии, энергия которого расходуется на генерацию водорода путем электролиза воды. Полученный таким образом водород накапливается в буферной емкости, а в дальнейшем он может быть заправлен в баллоны высокого давления посредством металлогидридного компрессора. Опционально такая системы может комплектоваться дизель-генератором в качестве основного источника энергии. Основными преимуществами установки такого типа является:

- возможность заправки баллонов водородом в полевых условиях;
- практически беззвучная работа за счет использования металлогидридного компрессора;
- возможность заправки баллонов водородом до 300 атм;
- высокая эффективность работы по используемой энергии;
- возможность использования практически любых источников электричества в качестве основного источника энергии.

