

Электрические и гибридные авиационные двигатели. Шаг в будущее или фантастика?

Современные газотурбинные двигатели (ГТД) достигли того уровня аэродинамического и конструктивного совершенства, который позволяет им занять достойную нишу в различных областях – от авиации до энергетики и морских силовых установок. На протяжении нескольких десятков лет развития ГТД происходило непрерывное ужесточение требований к топливной эффективности их эксплуатации и к их габаритно-массовым характеристикам, что особенно актуально для авиации. Кроме того, в последнее время все больше предъявляется требований к экологическим характеристикам этих изделий в соответствии с общемировыми тенденциями к снижению негативного воздействия человека на окружающую среду.

Анализ общих тенденций развития авиационных двигателей и основных ориентиров США и Евросоюза в области гражданской авиации позволяют сформулировать целевые показатели для пассажирских самолетов, которые будут выпускаться в период с 2025-2030 годов: снижение на 60-70% расхода топлива и, соответственно, эмиссии CO_2 ; уменьшение вдвое уровня воспринимаемого шума; обеспечение запаса 75-80% по эмиссии NO_x относительно норм ИКАО 2008 года.

Указанные целевые показатели могут быть достигнуты только при комплексном совершенствовании планера и силовой установки. Данная задача усложняется тем, что на сегодняшний день благодаря накоплению огромного экспериментального материала и развитию аналитических методов уровень аэродинамического совершенства основных элементов двигателя практически достиг своего предельного значения. То же самое можно сказать и об уровне параметров цикла – степени повышения полного давления и температуре газа перед турбиной.

Появление новых современных материалов и технологий, в первую очередь композитов и жаропрочных суперсплавов, позволит повысить эффективность термодинамического цикла и тем самым – экономичность двигателя. Однако при значительных затратах на исследования и освоение технологий рост этот будет недостаточным для достижения поставленных амбициозных целей.

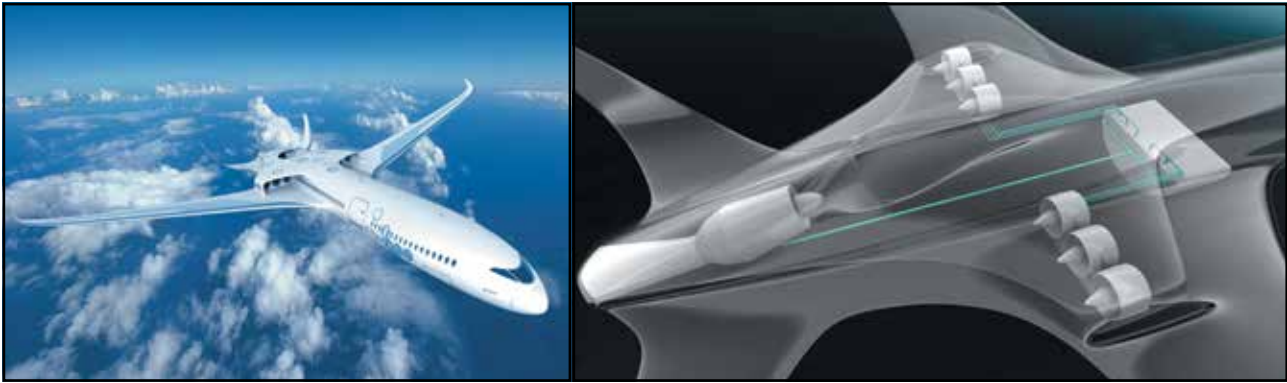
Именно поэтому на протяжении ряда лет в Европе и США в рамках различных государственных программ ак-

тивно ведется поиск альтернативных решений. Одним из таких направлений является разработка концепций электрических и гибридных авиационных двигателей. Сама по себе идея гибридных двигателей не нова. Уже давно получили довольно широкое распространение автомобили с гибридными двигателями, которые позволяют экономить топливо и существенно улучшить экологические характеристики при эксплуатации в условиях существующих тяжелых транспортных проблем мегаполисов. Еще раньше дизель-электрические двигатели стали использоваться в составе силовых установок подводных лодок, где необходимо обеспечение работоспособности при отсутствии воздуха, использующегося в качестве рабочего тела в дизеле, а также ледоколов, где от силовой установки требуется быстрый реверс и поддержание скорости вращения гребного винта в широком диапазоне.

В последние годы широкое применение гибридные силовые установки нашли и на военных кораблях в системах с частичным и полным электродвижением. Что касается применения электрических и гибридных двигателей в авиации, то здесь главной проблемой является неприемлемо большой вес электрических машин, а также недостаточная удельная емкость современных аккумуляторов. Именно эти факторы и не позволяют сегодня говорить о сколько-нибудь серьезной альтернативе газотурбинным двигателям.

Однако прогресс в создании новых электрических машин, использующих в том числе эффекты высокотемпературной сверхпроводимости, а также появление легких литий-полимерных аккумуляторов уже позволяют рассматривать концепции электрических и гибридных силовых установок для малой авиации на первом этапе, а в перспективе и для больших пассажирских самолетов.





Еще в 2013 году Европейский аэрокосмический и оборонный концерн (EADS) объявил на Авиасалоне в Ле-Бурже сразу о трех проектах по разработке электро- и гибридных самолетов различной размерности.

Первым проектом, получившим название E-Fan, стал легкий, полностью электрический самолет, оснащенный электромоторами с запотроенными вентиляторами. В этом летательном аппарате две группы аккумуляторов размещены в крыльях; длина самолета – всего 6,7 м при размахе крыльев 9,5 м. Его взлетная скорость – 110 км/ч, крейсерская – 160 км/ч, а максимальная достигает 220 км/ч. В 2014 году демонстрационный образец Airbus E-Fan впервые поднялся в воздух, а в 2015 году пересек Ла-Манш.

Основным минусом этого самолета является то, что он летает от часа (в крейсерском режиме) до 45 минут (при максимальной скорости), однако компания обещает в ближайшее время поставить на испытания новые литий-полимерные аккумуляторы, которые позволят довести гарантированное время полета до полутора часов, что, в общем, также недостаточно. Поэтому первый электросамолет EADS и запланирован учебным – длительность, дальность и высокая скорость здесь не так значимы. Для снижения простоев летательных аппаратов при перезарядке аккумуляторов их блок сделан съемным и заменяемым на заранее заряженный.

Программа E-Fan является платформой для более крупного проекта Distributed Electrical Aerospace Propulsion Project (DEAP Project). DEAP является частью проекта Airbus E-Thrust Concept, который разрабатывается совместно с Rolls-Royce и в свою очередь входит в европейскую программу Flightpath 2050.

Концепция E-Thrust включает в себя распределенную двигательную установку, состоящую из шести распределенных вдоль крыла электроприводных вентиляторов. Обеспечивать гибридную систему питания силовых электродвигателей вентиляторов, а также подзарядку аккумуляторов будет один газотурбинный двигатель. В случае выхода из строя электрического генератора или газотурбинного двигателя заряд энергии в аккумуляторных батареях достаточно для того, чтобы авиалайнер на минимальной скорости добрался до ближайшего аэропорта и совершил безопасную аварийную посадку.

Применение технологии E-Thrust позволит создавать двигательные установки с высокой и сверхвысокой степенью двухконтурности (более 15-20), что позволит снизить расход топлива и уменьшить уровень шума и вредных выбросов. Реализация такой степени двухконтурности

в традиционных ТРДД проблематична вследствие ряда причин. В частности, при увеличении степени двухконтурности увеличивается сопротивление мотогондолы и уменьшается размерность газогенератора, что негативно сказывается на эффективности его узлов и эффективности всей силовой установки в целом.

Емкость накопителей электроэнергии (аккумуляторов) сведена до относительно небольших величин, необходимых для взлетного режима, когда потребление топлива максимально. Это уменьшает вес и стоимость гибридной схемы (мало накопителей) и одновременно позволяет снизить мощность газотурбинного двигателя, то есть сделать его легче, дешевле, экономичнее.

Немаловажное значение имеет и тот факт, что современные аккумуляторы не только не обладают необходимой емкостью, но и не позволяют быстро отдавать то количество энергии, которое потребуется в E-Thrust.

В настоящее время разработчики гибридных схем ориентируются на литий-ионные и литий-полимерные батареи. Тем не менее, для таких систем нужны батареи с большей емкостью и токоотдачей. Согласно прогнозам Airbus, в течение последующих двух десятилетий плотность энергии превысит 1000 Вт·ч/кг, а это в два раза превосходит уровень самых эффективных на сегодняшний день аккумуляторных батарей. Однако не исключено появление таких альтернатив, как суперконденсаторы.

Еще один концепт, VoltAir, прорабатываемый EADS и Siemens, – принципиально иной экологически безвредный, практически бесшумный пассажирский самолет, который летает только за счет электричества. Это большая масштабируемая конструкция, в которой основной проблемой также являются аккумуляторы и электромоторы, не располагающие такой высокой мощностью на единицу веса, как газотурбинные двигатели больших самолетов. Чтобы компенсировать этот недостаток, EADS собирается впервые в мире внедрить на пассажирском VoltAir электромоторы со сверхпроводящей обмоткой, охлаждаемой сравнительно дешевым жидким азотом. В результате удельная мощность силовой установки достигнет 7-8 кВт/кг, что сопоставимо с нынешними ПТД для пассажирских самолетов.

Еще одна инновация – литий-воздушные батареи, которые разрабатываются для замены привычных литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов. Как следует из их названия, они используют воздух (точнее, атмосферный кислород) для окисления лития на катоде. Такая батарея способна вырабатывать 1000 Вт·ч на килограмм веса.



Конструкторы VoltAir смонтировали аккумуляторную систему в грузовом отсеке, чтобы обслуживающий персонал не тратил время на многочасовую подзарядку, а просто менял разряженные батареи на предварительно заряженные. До стадии коммерческого производства такой самолет EADS планирует довести к 2035 году. Хотя, учитывая точность предыдущих прогнозов, реально появление таких самолетов следует ожидать не ранее 2045-2050 годов.

Разработкой концепций электрических и гибридных силовых установок самолетов гражданской авиации занимаются и в нашей стране. В качестве примера можно привести концепцию легкого регионального самолета с распределенной электрической (гибридной) силовой установкой, способного совершать короткие взлет и посадку. Для увеличения подъемной силы на малых скоростях крыло обдувается струями от нескольких воздушных винтов, установленных на его передней кромке. Часть винтов в крейсерском полете убирается, что позволяет увеличить скорость, а также уменьшить аэродинамическое сопротивление и расход топлива.



В ГНЦ ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова» ведется работа над созданием гибридной вспомогательной силовой установки (ВСУ) с использованием топливных элементов. Такие установки смогут немедленно вступить в работу на любой высоте в пределах летных характеристик воздушного судна, при этом топливные элементы смогут обеспечить аварийное электропитание на высоких эшелонах, а при дальнейшем снижении воздушного судна к работе подключится газотурбинный блок ВСУ. Проектом предполагается создание авиационной гибридной ВСУ с модификациями в виде наземной (мобильной, автотранспортной) энергетической установки на ее базе, в которой основой генерации будут топливные элементы. Отработка технологий авиационного двигателя с применением топлив-



ных элементов выполняется на беспилотном летательном аппарате «ЦИАМ-Рекорд», который впервые поднялся в небо 2 июля 2014 года. Летательный аппарат создан учеными ЦИАМ и Института химической физики РАН.

Таким образом, то, что еще десятилетие назад казалось научной фантастикой, сегодня приобретает форму не только концептуальных проектов, но и реально действующих прототипов. Конечно, до реального воплощения идей электрических и гибридных двигателей в конкретные конструкции и тем более коммерческие проекты нужно пройти еще очень большой путь. Учитывая опыт применения неавиационных гибридных двигателей (автомобили, морская техника), для концентрации усилий на действительно актуальных направлениях особое внимание должно быть уделено определению рациональной области применения «электрических» самолетов, где они могут дать реальный эффект.

Создание больших коммерческих самолетов с гибридными и электрическими силовыми установками далеко выходит за рамки сегодняшних компетенций предприятий АО «ОАК» и АО «ОДК». Для успешной реализации таких программ крайне необходимо взаимодействие разработчиков двигателей и самолетов с разработчиками накопителей энергии и электрических машин, наличие и совершенство которых определяет успех программы в целом.

**М. Н. Буров, главный конструктор
по перспективным разработкам,
ПАО «НПО «Сатурн»**

14-18 | 05 | 2018

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.metobr-expo.ru



2018

19-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

Реклама 12+



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



**«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообрабатывающей
промышленности»**

При поддержке:

- Совета Федерации Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Союза машиностроителей России

Под патронатом ТПП РФ

Организаторы:



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

ЭКСПОЦЕНТР