

## О СОЗДАНИИ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫХ СИЛОВЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ «ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОЛЕТА»

**И.А. Кривошеев**, декан факультета авиационных двигателей Уфимского авиационного технического университета, д-р техн. наук, проф.

**А.Ю. Чечулин**, зам. глав. конструктора ОАО «УАП Гидравлика» (Уфа), канд. техн. наук

**Ю.А. Шабельник**, инж.-конструктор ОАО «УАП Гидравлика» (Уфа), асп.

*Представлен анализ возможности обеспечения конкурентоспособности и опережающего развития российского авиастроения за счет использования новых технологий, позволяющих создавать самолеты, их силовые и вспомогательные установки новых поколений с улучшенными тактико-техническими данными, экономичностью, ресурсом, удобством обслуживания и поддержки в эксплуатации.*

**Ключевые слова:** силовая установка, вспомогательная силовая установка, двигатель, микротурбина, высокочастотный генератор, инвертор, полностью электрический самолет, проектирование, поддержка в эксплуатации.

**Введение.** Исследования по разработке концепции «полностью электрического самолета» начались в конце 1970-х гг. За рубежом стремление к созданию самолета с полностью электрифицированным оборудованием появилось в результате исследований по программе энергетически эффективного самолета. Эта программа наряду с усовершенствованиями аэродинамики, силовой установки и конструкции рассматривала возможности повышения летно-технических характеристик самолета путем ликвидации отбора воздуха от двигателя, применения электродистанционных систем управления полетом, создания единой вторичной энергосистемы. В России также проводятся исследования, связанные с разработкой «полностью электрического самолета». В них принимают участие ведущие научно-исследовательские и учебные институты, самолетостроительные и агрегатные конструкторские бюро. В Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ) им. В.П. Баранова разработан проект по «электрическому» газотурбинному двигателю (ГТД). ОАО «АКБ Якорь» разработало демонстрационный стартер-генератор по техническому заданию ЦИАМ и пр. [6].

**«Электрический» газотурбинный двигатель.** В настоящее время в зарубежных странах при создании самолетов новых поколений, их силовых установок (СУ) и вспомогательных силовых установок (ВСУ), большое внимание уделяется повышению надежности, удобства эксплуатации и сокращению эксплуатационных затрат. При этом используется термин *serot* – «пригодность к поддержке в эксплуатации» (удобство эксплуатации). Эти требования реализуются в концепции «полностью электрического самолета», в котором все агрегаты и системы самолета и двигателя имеют электрический привод.

В энергетике также обозначилось новое направление – создание малоразмерных энергоустановок на основе микротурбин. Такие установки на Западе изготавливают небольшие фирмы – Capstone, Elliott, Turbec. Они активно захватывают рынки децентрализованной выработки и потребления электроэнергии. Ряд отечественных опытных конструкторских бюро (ОКБ) и заводов также занялись созданием таких установок. Например, ОКБ ОАО «УАП «Гидравлика» занимается разработкой малоразмерной энергоустановки МВГ-100.

Преимуществом газотурбинных энергоустановок нового типа является использование высокочастотного электрогенератора и инвертора, которые позволяют преобразовывать получаемый переменный ток в постоянный и вновь в переменный, но уже фиксированной частоты. Как раз такой ток, фиксированной и достаточно высокой частоты (до 400 Гц), необходим для агрегатов и систем двигателя и самолета с электрическим приводом.

Созданные на этой основе ГТД при управлении не требуют поддерживать постоянную частоту вращения ротора при переменной нагрузке, и это позволяет оптимизировать закон управления, например, с точки зрения максимального коэффициента полезного действия (КПД). Возможна установка такого стартер-генератора и на маршевый двигатель. Все это раскрывает большие возможности для реализации концепции «полностью электрического самолета».

Концепции «полностью электрического самолета», в котором все агрегаты и системы самолета и двигателя имеют электрический привод, схематично приведены на рис. 1.

В то время как современный ГТД включает в себя коробку приводов, силовые топливные приводы, механические подшипники с системой смазки, отбор воздуха для самолетных систем, то «электрический» ГТД работает без коробки приводов, имеет электрические приводы, встроенный стартер-генератор, магнитные подшипники (без системы смазки), работает без отбора воздуха для самолета.

Силовая установка для «электрического» самолета позволяет обеспечить:

- снижение взлетной массы – 10–15 %;
- экономию топлива – 6–8 %;
- снижение стоимости жизненного цикла самолета – до 5 %;
- увеличение наработки на отказ – 5–7 %.

На основании проведенных исследований было определено, что замена всех видов энергии на борту самолета только на электрическую энергию должна, в конечном итоге, обеспечить улучшение аэродинамических характеристик самолета, увеличение дальности полета, снижение массы авиадвигателя и самолета, улучшение режимов работы силовой установки, уменьшение расхода топлива и т. д.

Электрификация силовой установки охватывает следующие системы:

- конструкция и рабочий процесс ГТД;
- системы автоматического управления и топливопитания;
- система смазки ГТД;
- система запуска ГТД;
- система генерации электроэнергии;
- способы создания тяги.

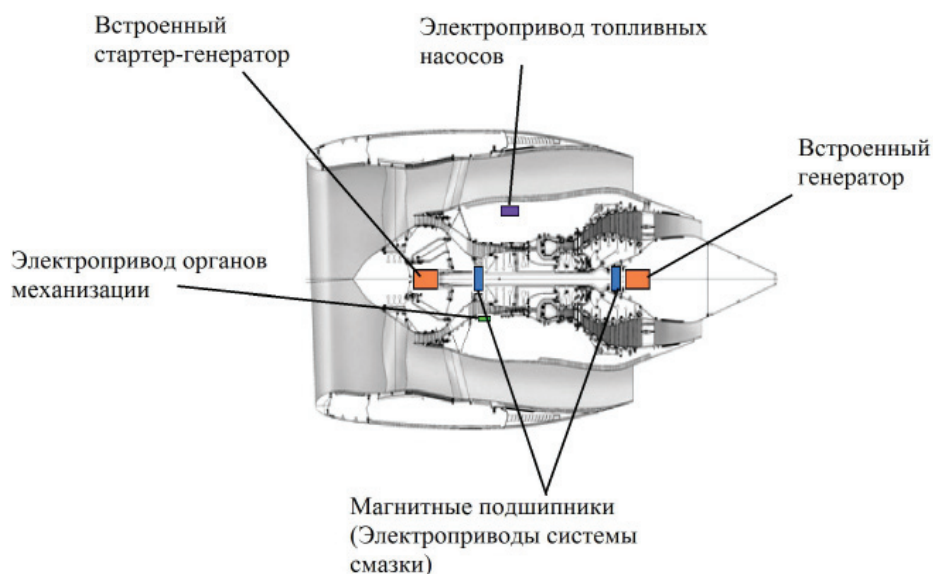


Рис. 1. Основные системы «электрического» ГТД

Рассматриваются следующие варианты электрификации силовой установки:

- «электрический» ГТД;
- электропривод винтов силовой установки (ЭВСУ): электрогенератор с приводом от ГТД или поршневого двигателя (ПД);
- бестопливная силовая установка (СУ): аккумуляторы и (или) топливные элементы для питания электропривода винтов;
- гибридная силовая установка: топливные двигатели (ГТД или ПД) совместно с электроприводными устройствами создания тяги.

Исследования показали, что наибольший эффект от повышения уровня электрификации следует ожидать на крупных пассажирских и транспортных самолетах, что хорошо согласуется с выводами аналогичных работ за рубежом.

**«Электрическая» вспомогательная силовая установка (ВСУ).** Высокочастотный генератор позволяет работать при высоких частотах ротора газотурбинной установки без редукторов и мультипликаторов. В свою очередь это открывает новые возможности для создания ВСУ нового типа, а также бортовых стартер-генераторов, непосредственно связанных с ротором маршевого ГТД. При этом достигается снижение веса и габаритов ВСУ за счет использования обратимого высокоскоростного стартер-генератора с малым удельным весом и применения новых типов подшипников (газодинамических, магнитных). При этом из состава установки исключается маслосистема с многочисленными агрегатами, вспомогательные агрегаты ВСУ становятся электроприводными, регулируемые по частоте вращения. Использование электрической ВСУ позволяет также уменьшить вес летательного аппарата за счет исключения трубопроводной магистрали подвода сжатого воздуха к маршевым двигателям. При необходимости постоянной работы в течение всего полета электрическая ВСУ может быть выполнена с рекуператором, что позволит в два раза снизить расход топлива.

Преимущества «электрической» ВСУ (рис. 2), по сравнению с работающими на авиационном топливе ВСУ, заключаются в том, что можно отказаться от служебного компрессора, так как не требуется воздух в систему кондиционирования воздуха (СКВ), в противообледенительную систему (ПОС), а также для воздушного стартера ГТД.

Для управления СКВ, топливными насосами используется электропривод. Противообледенительная система использует только электрический нагрев. Для раскрутки ГТД используется электрический стартер.

**Электроприводная система автоматического управления (САУ).** Концепция полностью электрического самолета предполагает использование агрегатов, датчиков и исполнительных механизмов с электрическим приводом (рис. 3). При этом для управления и контроля самолета и двигателя используется мощная бортовая система автоматического управления, контроля и диагностики (САУКД), построенная на основе концепции и стандартов FADEC.

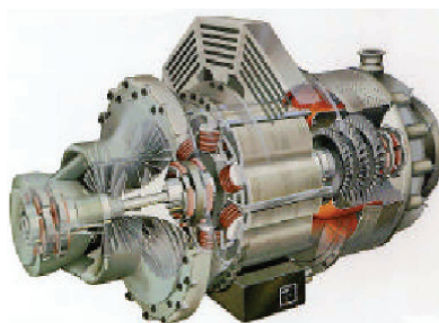


Рис. 2. «Электрическая» вспомогательная силовая установка

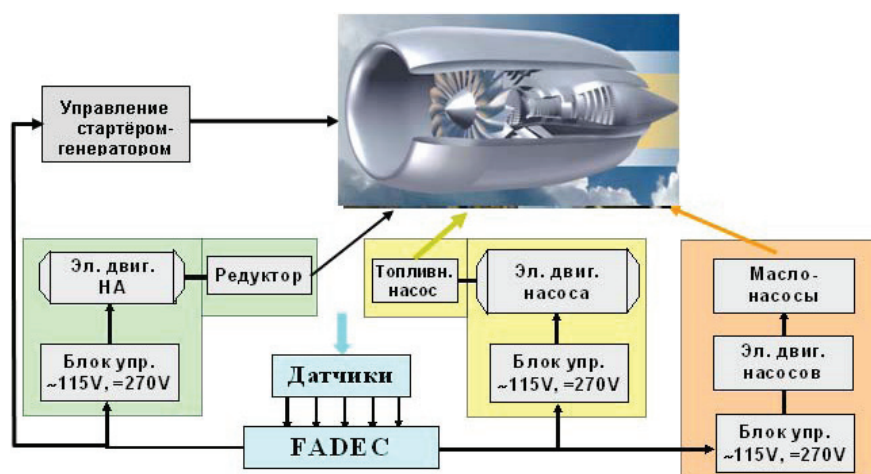


Рис. 3. Электроприводная САУ

В «полностью электрическом самолете» существенно увеличиваются затраты электроэнергии на борту. Высокочастотный генератор в составе ВСУ и САУ нового типа (с бортовыми стартер-генераторами, непосредственно связанными с ротором маршевого ГТД) позволяет работать при высоких частотах ротора газотурбинной установки без редукторов и мультипликаторов.

**Заключение.** Разработка методов и средств создания принципиально новых силовых и вспомогательных установок для полностью электрического самолета (включая агрегаты и системы двигателя) на основе микротурбин с высокочастотными генераторами и инверторами (преобразование переменного тока в постоянный и обратно, уже с фиксированной частотой) позволит создать опережающие технологии в этой области и тем самым обеспечить конкурентоспособность продукции отечественного авиа- и двигателестроения. В России имеются научные и инженерные кадры, производственные мощности, позволяющие решить эту проблему.

### Список литературы

1. **Работы** ведущих авиадвигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор) / Под общей ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. М.: ЦИАМ, 2004.
2. **Распоряжение** Правительства Российской Федерации от 28 августа 2003 г. № 1234-р «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года».
3. **Реализация** проектов с применением газотурбинных установок ООО БПЦ «Энергетические системы». URL: [www.bpc.ru](http://www.bpc.ru).
4. **Разработка** и производство газотурбинных двигателей и электростанций на их основе ММПП «Салют». URL: [www.salut.ru](http://www.salut.ru).
5. **Разработка** и производство газотурбинных двигателей и газотурбинных электростанций Сатурн, НПО, ОАО. URL: [www.npo-saturn.ru](http://www.npo-saturn.ru).
6. **Научные** исследования в области газотурбостроения. Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова. URL: [www.ciam.ru](http://www.ciam.ru).
7. **Проектирование** и изготовление газотурбинных двигателей и электростанций на их основе. URL: [www.klimov.ru](http://www.klimov.ru).
8. **Brun K., Kurz R. and Simmons H.** (2005) Aerodynamic Instability and Life Limiting Effects of Inlet and Interstage Water Injection into Gas Turbines, ASME Paper GT2005-68007.