

Роль и место ЦИАМ и его экспериментальной базы в процессе разработки и создания перспективных авиационных двигателей

В.Г. Марков (ЦИАМ им. П.И. Баранова)

Рассмотрены проблемы испытаний авиационных двигателей для летательных аппаратов различного назначения в процессе их разработки и создания. Создание уникального испытательного комплекса высотных стендов на базе ЦИАМ явилось решающим шагом в деле развития авиационного двигателестроения в СССР.

Ключевые слова: авиационный двигатель, испытания, технология, эксперимент, испытательные стенды.

Современный авиационный двигатель превратился в уникальное изделие машиностроения. Предпосылкой этого стало создание системы организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на разработку перспективных технологий, обеспечивающих быстрое реагирование на конъюнктуру рынка.

Двигатель создается в 1,5...2 раза дольше планера и авиационного оборудования. И для его «попадания» на новый самолет требуется опережающая отработка критических технологий. Такой подход соответствует современной методологии создания и модернизации авиационных двигателей, направленной на существенное повышение роли этапа создания критических технологий и увеличение объемов их экспериментальной отработки в рамках научно-исследовательских работ.

С развитием новых технологий и материалов, появлением высоких требований к режимным параметрам перспективных авиационных двигателей (АД) и экстремальных условий их применения на первый план выходят необходимость совершенствования подходов и методов проведения исследований и испытаний, разработка комплекса мер, направленных на создание и развитие соответствующих экспериментальных возможностей.

Рост характеристик, сложности и стоимости авиационных двигателей, ужесточение норм и требований по сертификации, а также потребности все более точного и надежного воспроизведения условий полета в наземных условиях вызывают необходимость непрерывного развития и совершенствования как методологии проведения испытаний, так и самой экспериментальной базы.

Мировая и европейская концепция развития авиационного двигателестроения основывается на создании перспективных двигателей различных схем и типов, таких как редукторная схема, биротативный вентилятор, двигателя изменяемого цикла, силовые установки распределенные и гибридные, электроприводные и т. д. Мировые тенденции совершенствования и развития авиационных двигателей направлены на достижение высоких удельных параметров цикла — рост температуры газов перед турбиной до значений, превышающих 2000 К, и давления в компрессоре до значений свыше 7 МПа.

Создание АД включает две крупные стадии разработки:

— обеспечение и подтверждение технологической готовности к разработке двигателя, в том числе де-

монстрация научно-технологического задела (НТЗ) на экспериментальном газогенераторе (ЭГГ) и демонстрационном двигателе-прототипе;

— демонстрация технологической готовности к серийному производству и проведение сертификации нового двигателя.

Создание НТЗ, разработка демонстраторов технологий и доведение их до шестого уровня технологической готовности, научно-методическое и техническое сопровождение опытно-конструкторских работ (ОКР), участие в проведении всего комплекса исследований и испытаний двигателей, их узлов, модулей и деталей в процессе создания и доводки до заданных требований, а также участие в специальных, государственных и сертификационных испытаниях — вот те ключевые задачи, которые решают крупные научно-исследовательские центры, одним из которых является ЦИАМ, работающие в области авиационного двигателестроения.

Создаваемые перспективные авиационные двигатели требуют опережающего научного и технологического задела по целому ряду критических технологий. Их отработка осуществляется на этапах НИР и НИОКР и основывается на проведении фундаментальных, прикладных и поисковых исследований и испытаний. На завершающей стадии НИОКР проведение стендовых испытаний демонстраторов технологий «демонстратора двигателя или газогенератора» позволяет определить возможность перехода на следующий этап с минимальными техническими и экономическими рисками. После завершения стадий НИОКР осуществляется непосредственная разработка и ввод в эксплуатацию серийного образца двигателя по заданным или уточненным техническим заданиям (ТЗ) на разрабатываемый АД.

На этапе НТЗ основными целями исследований и стендовых испытаний экспериментального газогенератора являются отработка рабочего процесса и газодинамической устойчивости, согласование и оценка соответствия заявленным параметрам компрессора, камеры сгорания и турбины, отработка прочностных характеристик элементов и ЭГГ по ресурсу и ряд других задач.

На двигателе-демонстраторе должны проверяться работоспособность и отрабатываться взаимодействие узлов и систем, высотно-скоростные, эксплуатационные, экологические и прочностные характеристики, подтверждаться правильность выбора конструктор-

Смелые мысли играют роль передовых шашек в игре: они гибнут, но обеспечивают победу.

Иоганн Вольфганг фон Гете

ских, технологических решений. Расчетно-экспериментальными методами должны быть продемонстрированы реальные возможности получения требуемых ТЗ параметров и характеристик, показателей надежности и ресурса.

В соответствии с методологией создания авиационных двигателей на этапе ОКР с целью получения заявленных характеристик и основных данных проводится комплекс инженерных испытаний узлов, газогенератора и двигателя в целом, который можно разделить на следующие группы:

– инженерные испытания узлов модулей и двигателя в целом, которые включают предварительные испытания, испытания с целью получения основных данных и испытания по надежности и эксплуатационным характеристикам;

– расчетно-экспериментальные исследования авиационного двигателя и его составных частей в обеспечение проведения заводских летных испытаний;

– сертификационные заводские испытания авиационного двигателя и его составных частей на соответствие требованиям технического задания и норм летной годности и норм ИКАО;

– сертификационные контрольные испытания.

Для создания перспективных авиационных двигателей требуется опережающая разработка критических технологий на этапе НИР. Проверка таких технологий проводится на моделях узлов, демонстрационных газогенераторах и двигателях в условиях близких к условиям эксплуатации. Такая методология создания авиационных двигателей обеспечивает возможность перехода на следующий этап — опытно-конструкторских работ — с минимальными техническим и экономическим рисками и ввод в эксплуатацию серийного двигателя с заданными характеристиками.

При этом успех в разработке критических технологий во многом будет зависеть от реализации следующего комплекса мероприятий:

• *разработка методологии проведения испытаний* узлов перспективных авиационных двигателей (математическое моделирование и верификация математической модели, выпуск нормативно-технической и методической документации и т. д.);

• *совершенствование и развитие методов и средств измерений* для повышения информативности экспериментальных исследований, сокращения объема и сроков проведения испытаний, разработка нормативных требований к метрологическому обеспечению испытаний;

• *совершенствование технологического обеспечения испытаний* путем развития инфраструктуры экспери-

ментальной базы по располагаемым параметрам, разработки экономичных методов испытаний, создания новых стендов и установок;

• *автоматизация испытаний и информационное обеспечение эксперимента* путем создания информационно-измерительных и управляющих систем и аппаратно-программных средств для повышения информативности испытаний, надежности и безопасности работы системы их технологического обеспечения.

В соответствии с российской классификацией за весь период разработок было создано четыре поколения авиационных двигателей для боевой авиации при кардинальном улучшении их показателей. Для двигателей двойного назначения достигнуто сокращение удельного расхода топлива почти в 2 раза.

Это стало возможным благодаря *повышению параметров цикла и степени двухконтурности, переходу к новым схемам двигателей, внедрению новых конструктивных материалов и новых технологий.*

В настоящее время ведутся активные работы по созданию двигателей пятого поколения и разрабатываются критические технологии для двигателей шестого поколения.

Наиболее развитой отечественной экспериментальной базой для испытаний (в том числе в имитируемых высотных условиях) авиационных двигателей и их узлов обладает ЦИАМ. Эта база уникальная и является национальным достоянием России. Она создавалась на протяжении 60 лет и во многом обеспечила передовой уровень отечественной авиационной техники. Практически все отечественные гражданские и военные двигатели испытывались и доводились на стендах ЦИАМ.

Экспериментальная база ЦИАМ является центром коллективного пользования и состоит из двух испытательных комплексов. Один из них находится в Москве, а второй — научно-испытательный центр (НИЦ) ЦИАМ в г. Лыткарино. НИЦ ЦИАМ является одним из крупнейших в Европе и позволяет проводить высотные испытания двигателей, их узлов и систем. Он состоит из высотных установок с системами электрообеспечения, большим числом компрессорного и теплообменного оборудования с различными параметрами, холодильно-осушительной станции [1], станций подогрева воздуха, систем оборотного водоснабжения, артезианских скважин, топлиохранилищ, систем автоматического управления, измерения и контроля эксплуатационных и технологических параметров.

В настоящее время высотные стенды ЦИАМ являются единственными в России, позволяющими проводить высотные исследовательские, доводочные и сертификационные испытания разрабатываемых и перспективных двигателей во всем эксплуатационном диапазоне высот и скоростей полета, включая также и климатические факторы.

Для обеспечения готовности НИЦ ЦИАМ к проведению испытаний разрабатываемых и модерни-

зируемых, а также перспективных авиационных двигателей в рамках работ по техническому перевооружению и реконструкции экспериментальной базы ЦИАМ выполняется следующий комплекс работ:

- проводится модернизация существующих технологических систем и высотных стендов и оснащение их высокоточными системами измерения, в том числе бесконтактными;
- создаются модельные стенды и установки для отработки критических технологий;
- развивается экспериментальная база прочностных исследований.

За последние годы созданы стенды для проведения следующих инженерных и сертификационных испытаний:

- на обледенение;
- акустические исследования моделей однорядных и биротативных вентиляторов;
- исследования лопаток вентилятора при попадании птиц [2];
- исследования компонентов двигателей и элементов конструкции летательных аппаратов на огнестойкость;
- исследования прочностных характеристик образцов материалов и узлов двигателей [3].

В рамках научно-исследовательских работ основными направлениями деятельности ЦИАМ по вопросам развития экспериментальной базы являются:

- совершенствование и развитие методологий и технологий исследований;

- расширение номенклатуры и качества экспериментальных исследований и сертификационных испытаний;
- повышение экономичности и энергоэффективности, надежности и безопасности проведения испытаний и исследований;
- оптимизация использования объектов экспериментальной стендовой базы, включая развитие и унификацию программного и вычислительного обеспечения научных исследований и испытаний.

Таким образом, одним из условий создания перспективного двигателя является совершенствование подходов и методов проведения испытаний, разработка комплекса мероприятий, направленных на создание новых стендов и модернизацию соответствующей экспериментальной базы. И в этом направлении ЦИАМ занимает активную позицию.

Список литературы

1. Марков Ю.С., Гребенников А.В., Лепестихина Е.Г., Меркулов М.И., Бурмистров В.В. Проблемы эксплуатации и автоматизация ХОС ВКС на современном этапе // Автоматизация в промышленности. 2016. №4.
2. Моргачев К.В. Стендовые испытания авиационной техники на столкновение с посторонними предметами (птицестойкость) // Автоматизация в промышленности. 2015. №10.
3. Кюрегян Н.С., Голенцов Д.А., Фланден В.С. Особенности регистрации сигналов и обработки данных при диагностике параметров разряда свечей зажигания газотурбинных двигателей (ГТД) // Автоматизация в промышленности. 2015. №10.

*Марков Виктор Георгиевич — заместитель генерального директора по эксперименту ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова.
Контактный телефон (495) 361-51-12.*

В ЦИАМ завершился первый этап высотных испытаний двигателя ПД-14

В Научно-испытательном центре Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (НИЦ ЦИАМ) в подмосковном г. Лыткарино завершился первый этап натурных испытаний турбореактивного двухконтурного двигателя ПД-14 для перспективного российского авиалайнера МС-21. В ходе испытаний в термобарокамере НИЦ были смоделированы заданные условия полета на высоте 11 тыс. м при числе Маха полета $M_p=0,8$. Для обеспечения испытаний первого отечественного гражданского авиадвигателя пятого поколения уникальная высотно-компрессорная станция и комплекс холодильно-осушительных машин НИЦ, в указанных выше условиях, обеспечили подачу охлажденного и осушенного воздуха в термобарокамеру в объеме 210 кг/с.

Инженерные испытания двигателя ПД-14 на высотном стенде Ц-1 А ЦИАМ проводятся с целью:

- обеспечения летных испытаний ПД-14 на летающей лаборатории ИЛ-76 ЛИИ им. М.М. Громова;
- исследования высотно-скоростных характеристик двигателя ПД-14;
- проверки пусковых характеристик двигателя;
- контроля управляемости и качества регулирования системы автоматического управления двигателем;
- оценки теплового состояния элементов конструкции двигателя и работы системы охлаждения в высотных условиях и пр.

В ходе подготовки к испытаниям ПД-14 высотный стенд Ц-1 А был модернизирован для повышения точности измерений и информативности исследовательских систем за счет применения современных технических средств. Высотная база НИЦ ЦИАМ также

прошла необходимую подготовку как по комплексу компрессорных и эксгаустерных машин, так и по комплексу холодильно-осушительных машин. В ходе испытаний была подтверждена работоспособность новых технологических стендовых систем, разработанных в ЦИАМ специально для обеспечения испытаний двигателей типа ПД-14. Актуальность испытаний авиационных двигателей на уникальных стендах НИЦ ЦИАМ подтверждается следующими цифрами: за период 1955-1991 гг. на высотных стендах для испытаний полноразмерных турбо-реактивных двигателей испытано более 900 двигателей.

Подчеркивая значение этих работ, заместитель Министра промышленности и торговли РФ А.И. Богинский отметил: «Испытания ПД-14 на стенде Научно-испытательного центра ЦИАМ — знаковое событие для всего авиадвигателестроительного сектора отечественной авиационной промышленности. Впервые после 30-летнего перерыва мы испытываем на высотном стенде НИЦ ЦИАМ отечественный гражданский двигатель нового поколения».

«Символично, что первый этап натурных испытаний ПД-14 совпал по времени с работой Научно-технической конференции «Авиадвигатели XXI века» и 85-летним юбилеем института, который отмечался 3 декабря 2015 г., — говорит генеральный директор ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» В.И. Бабкин. — Испытания ПД-14 наглядно подтверждают значимость науки в разработке авиационных двигателей и роль ЦИАМ: наиболее сложные и энергоемкие виды обязательных испытаний авиационных двигателей, воспроизводящие натурные условия эксплуатации, такие как высота, скорость, температура, влажность и другие, могут быть выполнены в России только на стендах НИЦ ЦИАМ».

[Http://www.ciam.ru](http://www.ciam.ru)