

ВКЛАД ЦИАМ В ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:
Владимир Иванович Бабкин, генеральный директор, к.т.н.
Владимир Алексеевич Скибин, научный руководитель ЦИАМ, д.т.н.
Валентин Иванович Солонин, заместитель генерального директора, к.т.н.

Главной задачей Центрального института авиационного моторостроения на протяжении более 80 лет было и есть научное обеспечение инновационного развития авиационного двигателестроения. Институт проводит комплексные исследования в области создания воздушно-реактивных двигателей различного назначения, их узлов и систем – от фундаментальных исследований в различных областях знаний (газовая динамика, прочность, теплообмен, горение, акустика) до методологического обеспечения создания и эксплуатации авиационных двигателей. Создание всех отечественных двигателей проходило при активном участии института. Институт тесно сотрудничает с конструкторскими бюро подотрасли по созданию, модификации, сертификации и научно-техническому сопровождению эксплуатации авиационных двигателей.

Как государственный научный центр, ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" проводит прогнозные исследования и совместно с НИИ и предприятиями отрасли выполняет разработку предложений по формированию стратегии и программам технологического развития авиадвигателестроения, дает технические рекомендации по новым двигателям, совершенствует методологию их разработки в новых экономических условиях, проводит научно-методические работы по улучшению характеристик эксплуатируемых двигателей.

В последние годы в России намечилось определенное оживление в развитии авиационной промышленности, связанное с увеличением внимания к ее проблемам со стороны Президента и Правительства РФ. В период 2006-2008 гг. был принят ряд важных государственных документов, определяющих перспективы долгосрочного развития авиационной промышленности и газотурбинного двигателестроения в Российской Федерации.

Поставленная задача - возвращение России статуса одного из крупнейших мировых центров создания авиационной техники не может быть выполнена без развития авиадвигателестроения, одной из самых инновационных, наукоемких, высокотехнологичных отраслей промышленности, в которой интегрируются результаты деятельности различных направлений науки и техники и которая стимулирует научно-техническое развитие целого ряда других отраслей - металлургии, станкостроения, стационарного газотурбостроения, систем транспортировки нефти и газа, воздушно-космических систем, систем вооружения, электроники, нефтехимии и др. Применяемые здесь технологии, пройдя рисковую фазу создания и освоения, становятся высокоэффективными нововведениями применительно к другим секторам промышленности, это можно наблюдать в США и Евросоюзе - до четверти объема промышленного производства. Авиадвигателестроение способствует развертыванию инновационного сектора экономики как движущей силы промышленной модернизации.

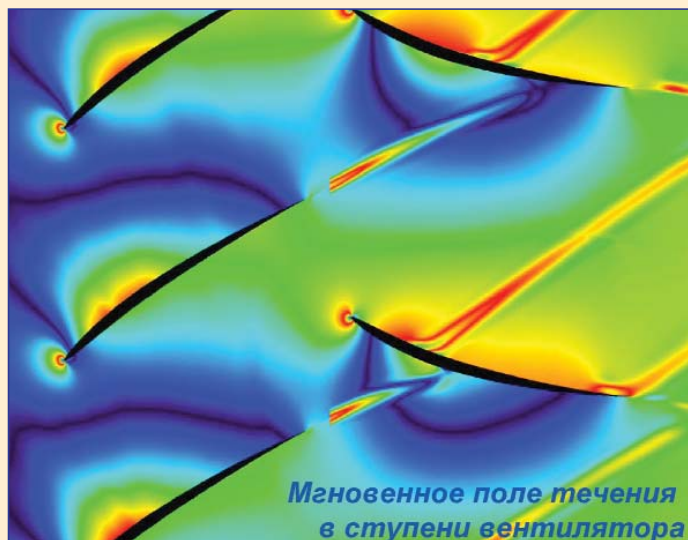
В настоящее время авиадвигателестроение России, бывшее не так давно на самых передовых позициях в мире, отстало от зарубежных конкурентов более чем на целое технологическое поколение. В то время как за рубежом разработаны и введены в эксплуатацию двигатели военного и гражданского назначения пятого поколения, в России такие двигатели находятся в стадии разработки. Работы проводятся в условиях не полностью отработанного научно-технического задела, необходимого для создания конкурентоспособных двигателей. В связи с этим классическая схема, предполагающая создание и экспериментальную отработку в рамках НИЭР

опережающего научно-технического задела до начала ОКР, не полностью реализована в настоящее время в России при создании двигателей пятого поколения.

Для создания этих двигателей в требуемые сроки необходимо, имея директивные программы разработки двигателей, одновременно значительно расширить НИЭР по разработке необходимых (критических) технических решений и технологий и использовать их в этой программе.

В связи с этим тематические работы института ориентированы, прежде всего, на создание научно-технического задела для перспективных базовых двигателей гражданского и военного назначения.

За последние годы Институт вышел на мировой уровень по моделированию рабочего процесса и узлов авиационных двигателей. По разработанным в Институте междисциплинарным математическим моделям высокого уровня с учетом нестационарного взаимодействия венцов, позволяющих проектировать узлы перспективных двигателей с учетом генерации шума в источнике и дальнем поле, срывных явлений, особенностей турбулентных течений, детальной химической кинетики, механики развития трещин, поведения конструкций при сложных условиях нагружения, разработаны узлы двигателей 5-го поколения. Проведены испытания деталей, ступеней и моделей узлов с верификацией расчетных методов. Эти работы позволили приступить совместно с ОКБ к изготовлению натурных демонстрационных узлов и газогенератора.





БЛИСК турбины из биметаллического сплава

В обеспечение создания перспективного базового двигателя гражданского назначения ПД-14, к которому предъявляются высокие требования по улучшению топливной экономичности, уменьшению уровня шума и выбросов вредных веществ, разработаны, спроектированы, изготовлены (в том числе и с привлечением серийных заводов) и испытаны модели узлов и деталей для отработки новых технических решений (технологий) к которым относятся:

- малозумный высокоэффективный одноступенчатый вентилятор;
- облегченная лопатка рабочего колеса вентилятора, в частности из полимерного композиционного материала с накладкой из титанового сплава на передней кромке;
- высокоэффективный малоступенчатый высоконагруженный компрессор высокого давления;
- жаровая труба и фронтные устройства для малоэмиссионной кольцевой камеры сгорания;
- высоконагруженная одноступенчатая турбина высокого давления;
- высокотемпературные лопатки соплового аппарата и рабочего колеса с улучшенной системой конвективно-плечного охлаждения для высокоэффективной турбины высокого давления;
- конструкция звукопоглощающих панелей и активно-реактивных глушителей шума, обеспечивающих уменьшение уровня шума вентилятора на ~2 дБ.

По двигателям военного назначения ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" принимает активное участие в работах по ТРДДФ для ПАК ФА и поршневого двигателя для беспилотного летательного аппарата. В частности, по ТРДДФ для ПАК ФА при

активном участии Института создан экспериментально обоснованный научно-технический задел по:

- малоступенчатый высоконагруженный вентилятор и КВД с низкой массой;
- основной высокотемпературной камере сгорания;
- высокотемпературной одноступенчатой ТВД;
- легкой форсажной бесстабилизаторной камере сгорания;
- цифровой САУ с полной ответственностью (FADEC).

По поршневому двигателю для БПЛА проведены работы по:

- обоснованию облика и основных данных;
- разработке ТЗ на узлы и системы;
- созданию и испытанию экспериментальных узлов и систем;
- созданию двигателя-демонстратора в классе мощности 90 л.с.;

- разработке ТЗ на ОКР.

В 2011 г. начаты работы по двигателю для ПАК ДА, которые



Камера сгорания перспективного ТРДД

находятся на начальном этапе. В рамках этой работы ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

- проведено обоснование облика и основных данных для до- и сверхзвуковых вариантов ПАК ДА;
- разработан аванпроект двигателя;
- сформирован перечень критических технологий.

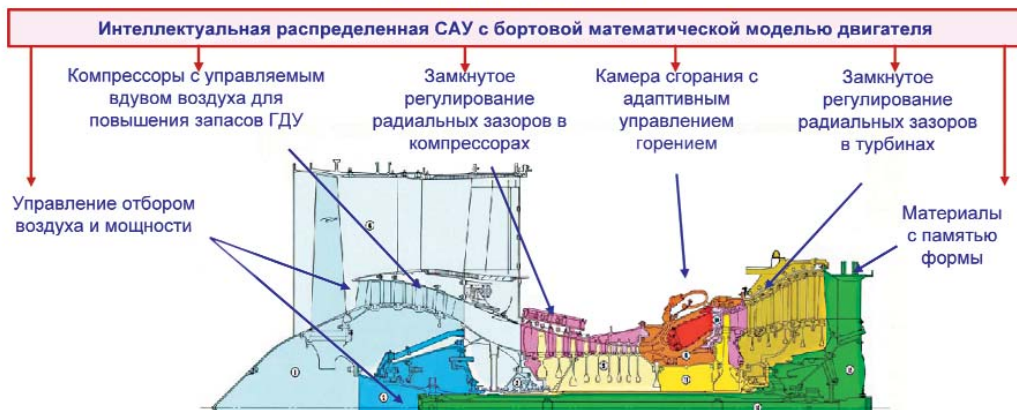
В последние годы в ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" проведен большой объем исследований по двигателям, предназначенным для применения в составе силовых установок высокоскоростных летательных аппаратов.

В институте разработаны и экспериментально верифицированы перспективные технологии создания гиперзвуковых прямоточных двигателей, работающих на водороде и углеводородном топливе, с эффективным процессом горения.

Проведена реконструкция стенда Ц-16ВК, позволявшая проводить испытания крупномасштабных моделей гиперзвуковых летательных аппаратов с интегрированным гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем. На одной из моделей ГЛЛ с ГТВРД впервые в Европе получена положительная эффективная тяга.

Наряду с работами по обеспечению технологической готовности двигателей 5-го поколения в институте развернуты работы по созданию научно-технического задела в обеспечение разработки двига-

Критические технологии:



Ожидаемые результаты:

- Повышение топливной экономичности на 15...20 %;
- Снижение массы двигателя на 10 %;
- Повышение надежности двигателя в 2...3 раза;
- Снижение времени технического обслуживания в 3...4 раза



телей уровня совершенства 2025-2030 гг.

К двигателям гражданского назначения с уровнем совершенства, соответствующим 2025-2030 гг. (то есть следующего, шестого поколения), предъявляются чрезвычайно высокие требования, как по топливной эффективности, так и по экологическим показателям:

- уменьшение удельного расхода топлива на 25...30 %;
- обеспечение запаса по уровню эмиссии NO_x в 80 % относительно норм CAEP6 ИКАО;

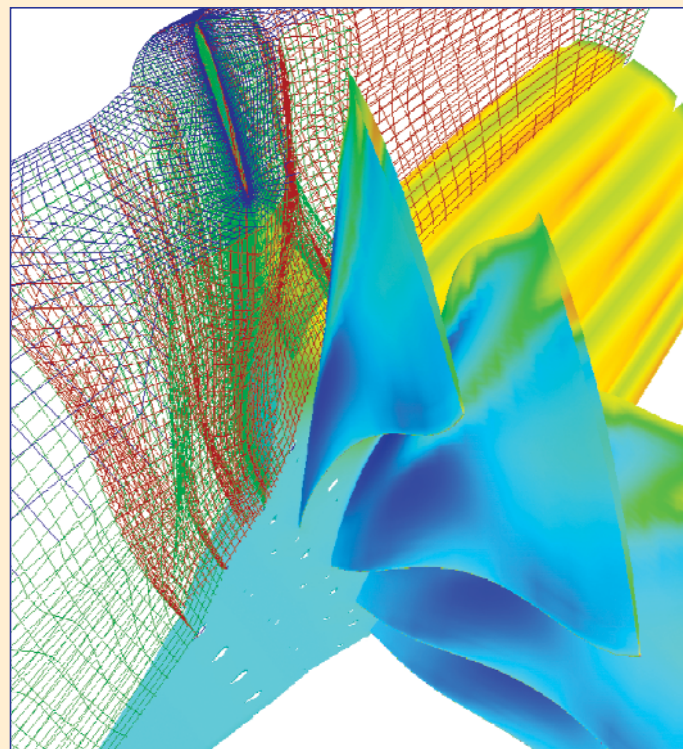


Лопатка РК модернизированного КНД из полимерного композита

- уменьшение уровня шума двигателя на 15...20 EPN дБ относительно норм Главы 4 ИКАО;

- уменьшение стоимости послепродажного обслуживания и производства на 30...40 %.

Достигнуть этих показателей можно только путем повышения параметров рабочего процесса, совершенствованием термодинамического цикла, применения новых конструктивно-технических решений, конструкционных материалов и технологий, а также интеллектуальной



Оптимальное проектирование лопатки вентилятора

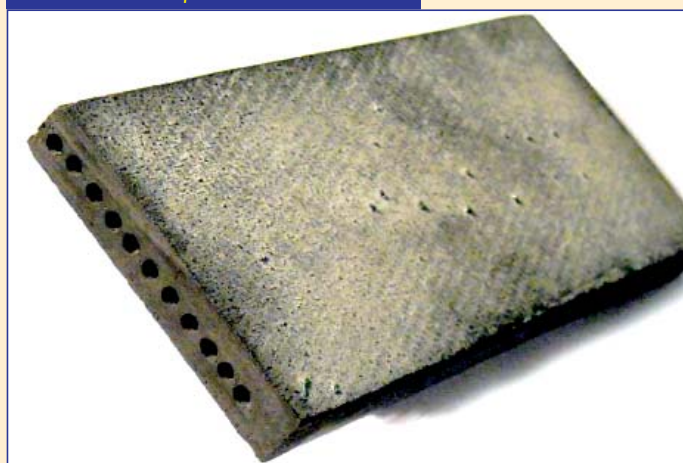
технологий, лопаточных узлов с управлением пограничным слоем, беспроводных технологий, "сухих" двигателей.

Исследованы технологии и отработаны методы проектирования и изготовления деталей и узлов перспективных авиационных двигателей из новых материалов.

Спроектирован и испытан биротативный высокоэффективный вентилятор со степенью $\pi_s^* = 1,5$, обеспечивающий снижение шума по трем контрольным точкам на 7...9 EPNdB по сравнению с лучшими современными вентиляторами.

Спроектирована и испытывается модель высокоэффективного биротативного винтовентилятора ("открытый ротор") из композиционного материала.

В обеспечение создания ультракомпактных низкоэмиссионных камер сгорания будущего разрабатывается технология интенсификации процессов горения топлив, основанная на селективном возбуждении колебательных и электронных состояний реагирующих молекул электрическим разрядом либо резонансным лазерным излучением. Это позволяет даже при ультрамалом энергоподводе в десятки раз сократить время воспламенения и горения, расширить пределы устойчивого горения, обеспечить



Стенка перспективной КС на основе силицированного графита

системы управления, совмещенной с системой диагностики, контроля и управления техническим состоянием двигателя и интеграции силовой установки с планером летательного аппарата.

В качестве схемных решений для достижения поставленных целей рассматриваются "электрический", "интеллектуальный" ТРДД с высоким и сверхвысоким значением степени двухконтурности с прямым или редукторным приводом однорядного или двухрядного вентилятора, турбовинтовентиляторные двигатели ("открытый" ротор), ТРДД с промежуточным охлаждением и регенерацией тепла, распределенные силовые установки, двигатели с гибридным приводом движителя (газотурбинный + электрический привод), двигатели с пульсирующей детонационной камерой сгорания и т.д.

В институте развернуты работы по новым "прорывным" технологиям в обеспечении создания двигателей 2025-2030 гг.

Выполнен ряд работ по исследованию эффективности применения в перспективных ГТД MEMS-




Лопатки РК и НА перспективного КНД

более высокую эффективность сжигания топлив в малых объемах и уменьшить в несколько раз концентрацию экологически опасных компонентов в продуктах сгорания.


Жаровая труба из керамического композиционного материала

В обеспечение создания "электрического" самолета, в котором все системы приводятся электрическим источником, что должно обеспечить снижение массы на 10...15 %, экономию топлива на 8...12 %, снижение стоимости жизненного цикла самолета на 4...5 % и увеличение наработки на отказ на 5...7 %, а также поз-


Рабочие лопатки турбины из композиционных материалов

волить построить двигатель без коробки приводов, институт проводит комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание "электрического" ГТД. Их результаты позволили определить направления электрификации ГТД, основными из которых являются применение встроенного стартера-генератора, электроприводной системы подачи топлива в камеру сгорания, электромеханизмов для органов механизации проточного тракта двигателя, электроприводной системы смазки или магнитных подшипников для подвеса роторов двигателя. Определены возможности оптимизации и улучшения основных эксплуатационных характеристик ГТД в результате исключения отбора воздуха от двигателя в самолетные системы. В результате проведенных работ показано, что могут быть уменьшены на 10...20 % масса и мидель двигателя, снижена на 10... 15 % трудоёмкость изготовления, повышена на 2...3 % топливная экономичность, повышена надёжность, уменьшены вредные выбросы в атмосферу.

Во взаимодействии с конструкторскими бюро и заводами разработаны и созданы демонстрационные образцы основных электрических систем авиационного двигателя: система автоматического управления и система смазки, а также стартёр-генератор. Системы испытаны на двигателе-демонстраторе с электрическим приводом насосов и органов механизации проточной части. В испытаниях подтверждены основные результаты, полученные в теоретических работах.


Стендовый вариант ГПЛ АР-02

Большое внимание уделяется разработке электронных интеллектуальных систем управления с распределенной структурой. Работы базируются на новейших достижениях электронной промышленности, позволяющих повысить термостойкость, быстродействие и степень интеграции элементной базы, усовершенствовать внутрисистемный информационный обмен. Эти работы позволяют создать "интеллектуальный" двигатель, адаптируемый к условиям эксплуатации и работоспособный при допустимом уровне повреждения деталей.


Стендовый вариант ГПЛ Х2000

В обеспечение инновационного развития авиационного двигателестроения институт принимает активное участие в формировании комплексных проектов НИР и развития экспериментальной базы по двигателестроению "Национального плана развития науки и технологий в авиационной промышленности". Реализация этого плана, разработка и освоение прорывных технологий позволит институту быть одним из лидеров отрасли, интенсифицировать инновационное развитие отрасли, обеспечив технологическую основу для сохранения за Россией статуса авиационной державы.