

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ - НЕПРЕМЕННОЕ УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:

**Виктор Георгиевич Марков**, заместитель генерального директора по эксперименту  
**Валентин Иванович Солонин**, заместитель генерального директора, к.т.н.  
**Александр Фёдорович Шульгин**, заместитель генерального директора, директор НИЦ ЦИАМ

*Центральный институт авиационного моторостроения был организован в начале 1930-х в целях ускорения создания новых авиационных двигателей, научного сопровождения и изучения физических и технологических аспектов, сопутствующих этому процессу. За время существования института его главной задачей было научное обеспечение разработки создания новых и сопровождение эксплуатации уже созданных авиационных двигателей, а также разработка научно-технического задела, обеспечивающего создание всё более совершенных авиационных двигателей новых и сопровождение эксплуатации уже созданных авиационных двигателей, а также разработка научно-технического задела, обеспечивающего создание всё более совершенных авиационных двигателей. Решение этих задач было бы невозможно без организации крупнейшей в Европе экспериментальной базы Научно-испытательного центра (НИЦ) ЦИАМ. Этот центр возник в то время, когда авиация становилась реактивной. С его помощью удалось превратить процесс создания новых воздушно-реактивных двигателей из во многом интуитивного в научный, экспериментально обоснованный. Оборудование НИЦ сделало возможным проведение комплексных научно-исследовательских, опытно-доводочных и сертификационных испытаний полноразмерных авиационных двигателей, их узлов и агрегатов в условиях, максимально приближенных к полётным. Все созданные в нашей стране авиационные двигатели, их узлы и элементы прошли испытания на стендах института, что обеспечило их высокие эксплуатационные характеристики, надёжность, ресурс. Со своей ролью ЦИАМ достойно справлялся все 80 лет своего существования. Однако, новое время ставит новые задачи.*

Цель технологического развития авиационной промышленности 2020-2025 гг. - возвращение России статуса одного из крупнейших мировых центров создания авиационной техники. Этой цели придётся достигать в условиях жесткой конкуренции с активно работающей (и при этом постоянно модернизирующейся) зарубежной промышленностью, развитие которой обеспечивается финансовой, законодательной и тарифной государственной поддержкой.

В национальных планах и программах США и Европы поставлены амбициозные цели создания к 2030-2035 гг. летательных аппаратов с кардинально улучшенными летно-техническими, эксплуатационными и экологическими характеристиками. При этом предполагается освоение новых полётных зон и увеличение скоростей полета, вплоть до гиперзвуковых.

Существенный вклад в достижение этих целевых показателей авиационной техники 2025-2030 гг. должны внести перспективные двигатели. За рубежом выполняется большое количество программ создания научно-технического задела по перспективным технологиям двигателестроения, проводимых как в рамках государственных программ (программа VAATE в США, программы VITAL, NEWAC, CLEAN и др. в Европе), так и корпоративных программ компаний General Electric, Pratt&Whitney, Rolls-Royce, CFM International и других, проводящихся при активной государственной поддержке. По большинству программ военного и гражданского назначения разрабатываются общие ("двойные") технологии (методы расчета, конструкторские и технологические перспективные решения, новые конструкционные материалы и т.д.), из которых 65...70% используются компаниями при создании новых и модернизации находящихся в эксплуатации двигателей военного и гражданского назначения.

Современная методология создания двигателей базируется на интеграции систем математического моделирования высших уровней и компьютерного проектирования и автоматизированного изготовления деталей (с использованием самых современных методов и технологий). Такой подход к перспективным разработкам диктует основополагающее условие: невозможно начинать ОКР, пока нет в достаточном количестве готового к внедрению научно-технического задела в виде экспериментально отработанных на демонстрационных узлах и двигателях-демонстраторах новых технологий, конструкторских решений и материалов. Несоблюдение этого условия приводит к весьма серьёзным финансовым и временным издержкам.

В этих условиях необходимо, наряду с проведением опытно-конструкторских работ, расширить НИР по разработке технологий и новых технических решений в обеспечение создания базовых двигателей военного (для ПАК ФА) и гражданского (ПД-14 для МС-21) назначения. В связи с этим расчетно-экспериментальные работы института ориентированы пре-

жде всего на обеспечение технологической готовности создания этих базовых двигателей.

Сроки создания авиационного двигателя более чем в 2 раза превышают время, потребное на создание летательного аппарата, на котором он будет эксплуатироваться. Исходя из этого, сейчас уже необходимо проводить научные исследования по двигателям шестого поколения (то есть тех, что будут создаваться в 2025-2030 гг.).

Учитывая это, необходимо развернуть экспериментальные исследования ключевых технологий создания двигателей. Это касается как перспективных двигателей традиционных схем (но с крайне высокими параметрами:  $T_r^* > 2200\text{K}$ ,  $\pi_r^* > 80$  и т.д.), так и двигателей новых конструктивных схем, к которым относятся двигатели изменяемого рабочего процесса, ТВВД схемы "открытый ротор", двигатели с промежуточным охлаждением воздуха при сжатии и с регенерацией тепла горячего газа при его расширении, распределенные силовые установки, гибридные двигатели с электрическим приводом, "сухие" (без масляной системы) и "электрические" (без коробки приводов) двигатели. В процессе отработки новых конструктивных решений, необходимо разработать технологии "интеллектуальных" двигателей: применение нано- и MEMS-технологий, лопаточных узлов с управлением пограничным слоем, систем активного управления зазорами, "беспроводных" технологий, бортовых диагностических баз данных с мобильным доступом и др. В области технологии производства и применяемых материалов необходимо развернуть всесторонние исследования технологии проектирования и изготовления деталей и узлов перспективных двигателей из композиционных материалов на основе органических, керамических, металлических и интерметаллических матриц; суперсплавов, армированных волоконнами; материалов на основе нанотехнологий, материалов с "памятью" формы, интерметаллидов, тугоплавких сплавов и других новых материалов. Необходимо разработать новые технологии сжигания топлива в камерах сгорания авиационных ПД (с управлением процессом горения путем распределенного впрыска топлива; воздействия электрического и магнитного полей; с каталитическим горением и др.). Для силовых установок нового поколения следует разработать ключевые технологии создания ВСУ (также нового поколения) на основе твердооксидных топливных элементов, работающих на углеводородных топливах.

Все упомянутые технологии, апробированные в испытаниях демонстрационных узлов и газогенераторов, должны обеспечить создание семейств двигателей не только для авиации, но и для судостроения, систем вооружения, топливно-энергетического комплекса и предпрятий ЖКХ. Освоение прорывных технологий позволит России стать системным интегратором новых международных проектов, интенсифицировать инновацион-

ное развитие отрасли, обеспечив основу для развития высокотехнологичных отраслей промышленности.

Рассчитывать на инновационное развитие даже самых передовых отраслей хозяйства, каковым является авиадвигателестроение, мы не можем без коренного обновления экспериментальной и технологической базы отрасли. Оно должно обеспечивать не только расширение диапазона параметров в целях моделирования реальных эксплуатационных условий (в том числе при обледенении, попадании посторонних предметов в тракт двигателя и др.), но и перенос "центра тяжести" экспериментальных исследований с испытаний двигателей и узлов на исследования образцов, моделей и деталей, на верификацию расчетных моделей. В результате должны максимально воспроизводиться условия работы элементов конструкции в процессе эксплуатации. Благодаря сопровождению эксперимента расчетными моделями и физическими исследованиями, совершенствованию аппаратуры и методов измерений, автоматизации экспериментальных исследований, обработке результатов испытаний в темпе эксперимента, должна повышаться его информативность. Процессы интеграции расчетных и экспериментальных методов исследований идут в отечественном авиадвигателестроении в течение многих лет. Чтобы методы математического моделирования рабочего процесса двигателя, уточненные в эксперименте, позволяли минимизировать объем, сроки и стоимость испытаний двигателя необходимо наряду с существующими стандартными пакетами программных комплексов разрабатывать и внедрять программные комплексы собственных разработок, максимально использовать ресурсы супервычислителей.

Конечно же, никакое инновационное развитие не пойдёт, если мы в первую голову не будем оснащать экспериментальную базу современным научным оборудованием и привлекать к работе молодых талантливых людей. Необходимым условием является существенное увеличение финансирования за счет грантов, заказных работ, специальных фондов развития исследовательских экспериментальных работ.

Надо учесть, что экспериментальная база НИЦ ЦИАМ, после пятнадцати лет отсутствия государственной поддержки, отвечает лишь требованиям к испытаниям (при натурных параметрах) двигателей, газогенераторов и их основных узлов 4-го и 4+ поколений. Эта база уже уступает современному мировому уровню по предельным параметрам технологических систем, оснащённости современными измерительными системами, наличию стендов и установок для проведения поисковых исследований.

Особое внимание должно быть уделено сохранению и развитию уникальной экспериментальной базы центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ): как московской его площадки, так и Тураевского НИЦ ЦИАМ. В этих целях в рамках государственного контракта был проведен анализ состава, состояния и соответствия испытательной базы ЦИАМ требованиям по обеспечению экспериментальной отработки авиационных двигателей нового поколения. На основе этих исследований разработан проект комплексной Программы перспективного развития экспериментальной базы ЦИАМ на период до 2025 года. В данном проекте Программы сформулированы предложения по совершенствованию существующих экспериментальных стендов и установок, их технологических систем, модернизации информационно-измерительных и управляющих систем, метрологического обеспечения испытаний и созданию новых испытательных возможностей для отработки прорывных технологических решений. Дано обоснование ресурсного обеспечения мероприятий проекта Программы и механизма ее реализации. Необходима реализация разработанного проекта в рамках разрабатываемой новой госпрограммы развития авиационной промышленности России и Национального плана развития науки и технологий.

Вся используемая экспериментальная база отрасли насчитывает более 400 стендов и установок различного назначения. К сожалению, все они сильно изношены (износ составляет 60...70%).

Увеличение финансирования капитального строительства по ФЦП, наблюдаемое последние 3-4 года, позволило, несколько улучшить положение. Так, например, модернизировать высотный гиперзвуковой стенд НИЦ ЦИАМ. Это обеспечило успешные испытания крупномасштабной модели-демонстратора высокоскоростного прямоточного двигателя, интегрированного с имитатором фюзеляжа гиперзвукового летательного аппарата. В этих испытаниях впервые продемонстрирована реальная тяговая эффективность ГПВРД и подтверждена его состоятельность в качестве нового типа двигателя. В рамках выделенных по тем же каналам средств закуплено и ос-

военно оборудование для исследования конструктивной прочности деталей, изготовленных из перспективных материалов и стендовое оборудование для разгонных стендов.

Иначе говоря, все вопросы отставания в техническом смысле растут из экономических корней и экономическими же методами разрешаются (при наличии, конечно, четкой организации работ). Решение задач по модернизации и развитию экспериментальной базы в обеспечение испытаний перспективных авиационных двигателей во многом определится величиной финансирования, а также целенаправленностью и выверенным адресным выделением средств. С целью повышения эффективности капитальных вложений необходимо предусмотреть возможность использования модернизируемой экспериментальной базы для других отраслей промышленности: судостроения, систем вооружения, газотранспортных систем, электроэнергетики и ЖКХ. Активная работа в этом направлении уже проводится. В НИЦ ЦИАМ созданы и успешно работают стенды для испытаний газотурбинных установок мощностью до 25 Мвт и низкоэмиссионных камер сгорания стационарных ГТУ при высоких давлениях на входе.

Необходимо разработать принципы и условия коллективного пользования и провести первоочередные мероприятия по созданию на базе ЦИАМ межотраслевого центра экспериментально-исследовательской базы газотурбостроения. Это позволит с большей эффективностью использовать имеющийся опыт такой высокотехнологичной отрасли, каковой является авиационное двигателестроение для решения задач в других отраслях промышленности.

Развитие исследовательской базы ЦИАМ в рамках разрабатываемого сейчас "Национального плана развития авиационной науки и технологий" позволит снизить остроту специфических для отрасли проблем, которые появились в последние десятилетия. Для этого привлечение наработки науки к созданию новых изделий должно быть весьма интенсивным.

Для обеспечения реализации стратегии национальной безопасности и стратегии развития газотурбинного двигателестроения необходимо:

- пересмотреть в рамках ФЦП ОПК существующий уровень финансирования на поддержание в исправном и работоспособном состоянии уникальной стендовой базы отрасли, особенно таких исследовательских испытательных центров национальной значимости, к каким относится НИЦ ЦИАМ;
- с целью усиления развития отечественного двигателестроения предусмотреть в проекте новой госпрограммы развития авиационной промышленности России и составляющего её "Национального плана развития авиационной науки и технологий" финансирование Программы по развитию и модернизации экспериментальной и исследовательской базы авиадвигателестроения;
- в целях повышения эффективности и оптимизации затрат на развитие экспериментальной базы различными организациями (в том числе и других отраслей промышленности), разработать концепцию создания межотраслевого центра коллективного пользования экспериментальной и исследовательской базы и отработать первоочередные мероприятия по обеспечению коллективного пользования экспериментально-исследовательскими базами авиадвигателестроения и агрегатостроения.

**Основные направления модернизации экспериментальной стендовой базы ЦИАМ:**

- восстановление ресурсов испытательного оборудования, находящегося в эксплуатации в течение 30-50 лет;
- расширение диапазона параметров для обеспечения испытаний перспективных двигателей (давление 10...12 МПа; температура 1000...1300К на входе в двигатель);
- развитие экспериментальной базы прочностных исследований в обеспечение испытаний двигателей и образцов, изготовленных с применением новых базовых критических технологий и материалов, необходимых для ускоренного повышения ресурса и прочностной надежности отечественных двигателей;
- развитие экспериментальной базы физических исследований для исследования прорывных технологий (газовой динамики, кинетики горения, теплоизоляции, экологии и др.);
- развитие и создание современных систем АИИС и АСУТП;
- развитие метрологического обеспечения экспериментальных исследований и аттестация стендов и установок;
- развитие метрологического обеспечения экспериментальных исследований и аттестация стендов и установок.

