



ПРОГРАММА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Центрального Института Авиационного Моторостроения (ЦИАМ) имени П.И. Баранова

ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

Александр Бенцианович Ватажин, д.т.н., начальник сектора

Владимир Алексеевич Скибин, д.т.н., советник генерального директора по научной работе

Многие из проводимых в ЦИАМ теоретических и прикладных исследований имеют фундаментальный характер и вносят существенный вклад в развитие общей механики и авиационной науки и техники. Здесь были созданы известные научные школы, которые возглавляли выдающиеся отечественные ученые мирового уровня. В Институте был создан Фонд Фундаментальных Исследований (теперь – Программа фундаментальных исследований), с помощью которого стало осуществляться дополнительное финансирование наиболее успешных научных коллективов, которые способны работать на высоком творческом уровне.

Many of held in CIAM theoretical and applied research are fundamental in nature and make a significant contribution to the development of General mechanics and aeronautical science and technology. Here were created famous scientific schools headed by prominent Russian scientists of world level. The Institute was created by the Foundation for Fundamental Research (now the Program of fundamental research), which began to provide additional funding for the most successful research teams that are capable of operating at a high creative level.

Ключевые слова: фундаментальные исследования, наука, газовая динамика, авиадвигателестроение

Keywords: fundamental research, science, gas dynamics, aircraft engine

Яркой особенностью Института во все время его существования было умелое сочетание проводимых в нем теоретических и прикладных исследований. Многие из этих исследований имеют фундаментальный характер и вносят существенный вклад в развитие общей механики и авиационной науки и техники. В ЦИАМ были созданы известные научные школы, которые возглавляли выдающиеся отечественные ученые мирового уровня. Научная работа высокого уровня продолжается и в настоящее время.

Развитие фундаментальных исследований в конце восьмидесятых – начале девяностых годов стало наталкиваться (и продолжает наталкиваться в настоящее время) на значительные трудности. В основном это было связано с происшедшими в стране неблагоприятными социальными и экономическими изменениями. Они нанесли серьезный удар развитию отечественной науки и техники. В Институте наметилась тенденция уменьшения числа и качества фундаментальных исследований.

Руководством Института и его ведущими специалистами было оказано решительное противодействие этой ситуации. В конце 1989 года в Институте был создан (функционирующий до настоящего времени) Фонд Фундаментальных Исследований (называемый теперь Программой фундаментальных исследований), с помощью которого стало осуществляться дополнительное финансирование наиболее успешных научных коллективов, которые способны работать на высоком творческом уровне. Руководством института было сформировано Жюри фонда, состоящее из передовых научных сотрудников института, которое на конкурсной основе отбирало лучшие трудовые коллективы (в соответствии с представленными ими на жюри проектами). Результаты работы жюри регулярно обсуждались на научно-технических советах, где председатель жюри делал обстоятельные научные доклады, и утверждались руководством института. Состав Жюри регулярно обновлялся.

Дополнительное материальное стимулирование сотрудников института, участвующих в работе Фонда, во многом способствовало сохранению в институте в девяностых годах сильных научных кадров, что благотворно повлияло на дальнейшую судьбу института.

Фонд (Программа) фундаментальных исследований функционирует в институте вплоть до настоящего времени, и его работа во многом определяет получение новых научных и прикладных результатов в области авиационных приложений.

Фундаментальные исследования в рамках Фонда проводятся в областях механики жидкости и газа, механики твердого деформируемого тела, физической газовой динамики и в области совершенствования численных методов. Укажем ряд значимых полученных результатов.

1. Одним из важнейших направлений работы Фонда являются исследования пространственных стационарных и нестационарных, внутренних и внешних, ламинарных и турбулентных газодинамических

течений, и анализ приложений этих исследований к течениям в элементах ПТД. Для успеха в этом направлении необходимо непрерывное совершенствование и создание новых численных методов.

ЦИАМ всегда отличался успешным внедрением в практику его работы передовых численных технологий. Учеными в рамках Фонда успешно используются и творчески развиваются следующие численные методы: метод RANS (Reynolds averaged Navier-Stokes) – численное моделирование осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса с использованием аппроксимации компонентов тензора напряжений Рейнольдса различными моделями турбулентности; метод URANS – обобщение метода RANS на случай нестационарных течений; метод LES (large eddy simulation) – численное моделирование нестационарных уравнений Навье-Стокса на предельно малом шаге расчетной сетки.

2. В рамках Фонда на основе созданных физико-математических моделей и указанных выше численных методов созданы программные комплексы для решения прикладных проблем ВРД. Были изучены отрывные течения в трехмерных диффузорных каналах, газодинамическое взаимодействие элементов турбины с затурбинными устройствами, вопросы газодинамических потерь и теплообмен в лопаточных элементах.

Развиты методы прямой оптимизации формы элементов ВРД с учетом сложного характера их обтекания и напряженно-деформированного состояния. В оптимизационном процессе, в котором использованы генетические алгоритмы, осуществлено одновременное решение пространственных уравнений обтекания тел и уравнений, описывающих их изменяющуюся деформационную структуру. Созданная методология позволила при решении задач оптимизации (например, оптимизации формы лопатки вентилятора) на порядок сократить продолжительность расчета.

3. Большое внимание в работе Фонда уделялось вопросам, связанным с проблемой турбулентности и ее влиянием на характеристики течения в элементах ПТД. Были разработаны новые дифференциальные модели турбулентности, и рассмотрена проблема их отбора для различных приложений. Сделан важный вывод, что с помощью только одной (специально отобранной) модели турбулентности невозможно описать не только различные течения (что общеизвестно), но и в ряде случаев структуру даже того течения, для которого выбрана модель. Получены новые данные об особенностях струйных турбулентных течений (влияние на развитие турбулентности в струе начальных (на срезе сопла) динамических и тепловых условий и внешних условий, появление крупномасштабных вращательных структур в закрученных струях).

4. Проведен анализ двухфазных течений, которые играют важную роль в различных авиационных приложениях. Рассмотрены теоретические вопросы – обоснование и применимость модели взаимно проникающих континуумов и траекторной модели для дисперсной

фазы в различных гидродинамических и газодинамических условиях. Выполнены расчетные исследования и проведены эксперименты по возникновению и развитию жидко-капельной дисперсной фазы в паровоздушных струях. Изучена проблема попадания частиц твердой дисперсной фазы на вход двигателя в условиях полета и в аэродромных условиях, когда частицы отрываются от поверхности аэродрома и попадают на вход двигателя при операции реверса тяги.

5. Проведены исследования особенностей акустических полей во входных и выходных устройствах ГТД. Созданы методы расчета газодинамических и акустических полей в этих устройствах при заданном распределении импеданса звукопоглощающей конструкции (ЗПК) вдоль стенок устройств, обеспечивающем существенное снижение шума. Разработана физико-математическая модель ЗПК, позволяющая создавать эти устройства с требуемыми характеристиками.

Большую роль при определении акустических характеристик двигательных элементов сыграло использование специально созданных методов одновременного расчета газодинамических и ближних и дальних акустических полей. Для получения высокочастотных характеристик течения успешно использовался метод LES.

6. Проблема горения топлива в камерах сгорания двигательных и энергетических устройств является одной из важнейших в работе Фонда. Укажем ряд полученных в этом направлении результатов.

Проведено подробное исследование структуры фронта горения, что позволило с достаточной надежностью определять возникающие по длине переходной (через фронт) зоны концентрации эмиссионных составляющих.

На основе новых физических моделей и новых моделей турбулентности создан программный комплекс, с помощью которого проведены расчеты горения и эмиссионных характеристик в ряде камер сгорания. Выполнены расчеты гомогенной малоэмиссионной камеры сгорания, основные результаты которых совпали с результатами одновременно проводимых в рамках Фонда натурных экспериментов.

Проведен анализ связанных с проблемой горения процессов в форсуночных и смесительных устройствах, в переходных каналах, соплах, струях.

Выполнен комплекс исследований горения водородных и углеводородных топлив и режимов детонации в высокоскоростных ВРД. В исследованиях используются созданные в рамках Фонда физико-математические модели процессов в сверхзвуковых камерах сгорания, учитывается пространственный характер течения и его турбулентность в элементах ВРД, анализируются различные режимы торможения сверхзвукового потока.

Рассмотрена возможность благоприятного воздействия магнитного поля на характеристики работающего на водороде ВРД, интегрированного с летательным аппаратом, путем установки магнитогазодинамического генератора в воздухозаборнике двигателя для увеличения давления торможения на входе в высокоскоростную камеру сгорания или путем его установки на выходе из камеры для генерации электроэнергии.

7. Одним из новых направлений в работе Фонда является разработка теории энергетически разветвленных цепных реакций и ее использование в различных приложениях. Созданы новые кинетические модели неравновесных физико-химических процессов с участием возбужденных атомов и молекул в реагирующих многокомпонентных средах. Рассмотрена и реализована методология улучшения горения (сокращения времени воспламенения топливной смеси) путем предварительного возбуждения внутренних степеней свободы молекулярного кислорода с помощью воздействия на него электрического или лазерного разряда и введения в топливную смесь полученного возбужденного кислорода.

Указаны способы повышения эффективности сжигания органических и неорганических топлив. Построены новые модели кластерной пылевой и аэрозольной плазмы для анализа воздействия выбросов из двигателя в атмосферу.

8. Выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований в области электрогазодинамики - важного направления механики сплошной среды, имеющего разнообразные технические приложения. Были рассмотрены актуальные авиационные пробле-

мы: электризация летательных аппаратов вследствие их обтекания заряженным потоком, содержащим дисперсную фазу, и вследствие протекания физико-химических и электрокинетических процессов в тракте двигателей; компенсация заряда летательных объектов при использовании новых, "активных", методов управления их зарядом. Были созданы новые, электростатические, методы диагностики авиационных двигателей и энергетических устройств с протоком через них воздуха. Разработаны способы улучшения характеристик внешних и внутренних газодинамических течений в авиационных объектах с помощью электрических разрядных устройств.

9. Большое внимание в работе Фонда уделяется исследованиям в области авиационных приложений механики твердого деформируемого тела. В этом направлении на протяжении всего времени функционирования Фонда выполнялись важные работы по теоретическому и экспериментальному нахождению уравнения состояния (зависимости напряжение-деформация) для перспективных материалов, по разработке новых механических моделей и совершенствованию вычислительных методов, по учету сложной совокупности материаловедческих, прочностных, гидродинамических и газодинамических условий в элементах ГТД.

В проведенных исследованиях созданы модели пластичности и ползучести для новых конструкционных материалов, разработана методология оптимального проектирования конструктивных элементов ГТД с учетом их взаимодействия с газом и жидкостью, что требует одновременного решения уравнений для напряженно-деформируемого твердого тела и газодинамических и гидродинамических уравнений.

В указанной постановке проведено математическое моделирование несущей способности и ресурса деталей турбомашин при нестационарном неадиабатическом нагружении, разработаны и уточнены методы расчета динамики роторов ГТД на нелинейных опорах с осевыми и радиальными подшипниками скольжения.

Развиты вероятностные модели деформирования и разрушения неоднородных тел и рассмотрены их приложения в контактных задачах механики анизотропных сред.

Разработаны физико-математические модели и методы численного моделирования развития дефектов в упругих и упруго-пластических телах при малоцикловой и многоцикловой усталости в локальной и стохастической постановке. Доказана универсальность механизма устойчивого роста усталостных трещин.

Большинство рассмотренных выше научных направлений Фонда непосредственно относится к авиационным приложениям. Однако фундаментальный характер работы Фонда стимулировал проведение исследований и более общего характера. Так, на стыке аэродинамики и астрофизики создана новая простая модель Большого взрыва и расширения Вселенной.

Выше был указан ряд результатов, полученных в работах Фонда, в основном, в течение последнего десятилетия. На протяжении своей двадцатипятилетней истории в рамках Фонда на высоком научном уровне выполнялись и другие, значимые для своего времени, работы фундаментального характера.

Исследования, выполненные сотрудниками Фонда, продолжались в тематических работах института, использовались при выполнении хозяйственных и контрактных (с отечественными и зарубежными заказчиками) работ, докладывались, получая высокую научную оценку, на многочисленных отечественных и международных конференциях.

Гарантами высокого научного качества проводимых в работах Фонда исследований являются руководители творческих коллективов - ученые высокого уровня: А.А. Баскаков, А.Б. Ватажин, И.И. Вигдорович, И.И. Ганелин, В.Ф. Гольцев, М.Я. Иванов, А.П. Кадетов, Т.Д. Каримбаев, А.Н. Крайко, С.Ю. Крашенинников, В.И. Копченков, А.А. Луппов, Д.А. Любимов, Е.В. Мышенков, Р.З. Нигматуллин, Ю.Н. Никитин, А.А. Осипов, А.Д. Рекин, В.Э. Сарен, Е.Д. Свердлов, А.Н. Секундов, Р.И. Сериков, В.В. Смирнов, А.М. Старик, Ю.М. Темис, Л.В. Терентьева, Н.В. Туманов, С.В. Харьковский, Б.Ф. Шорп, В.И. Ягодкин (выше указаны руководители ряда коллективов в последние десять лет).

Председателем жюри Фонда является А.Б. Ватажин.

Работа Фонда всегда поддерживалась руководителями института: Д.А. Огородниковым, В.А. Скибиным и В.И. Бабкиным.

