

ЦИАМ на Международном форуме двигателестроения – 2022



Международный форум двигателестроения (МФД-2022) прошел 26-28 октября 2022 года на ВДНХ. Организаторами выступили Международная ассоциация «Союз авиационного двигателестроения» (АССАД) и Минпромторг России. Масштабное отраслевое мероприятие прошло под девизом «Цифровая среда в авиационном двигателестроении».

ФАУ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ЦИАМ, входит в НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского») продемонстрировал на МФД-2022 ряд своих разработок и выступил соорганизатором и активным участником научных мероприятий форума.

ЭКСПОЗИЦИЯ: «МАЛОРАЗМЕРНЫЕ» ДВИГАТЕЛИ И НЕ ТОЛЬКО

Генеральный директор Андрей Козлов: «Часть нашей экспозиции составили разрабатываемые в ЦИАМ перспективные малоразмерные двигатели разного типа и назначения: поршневые, роторно-поршневые, электрические и газотурбинные. Большинство из них находится на этапе перехода от НИР к ОКР; некоторые, например, АПД-500, РПД-100Т и ТРДД-200, задуманы как базовые для создания семейств двигателей, что позволит унифицировать производство и снизить себестоимость. Учитывая

востребованность отечественных малоразмерных двигателей, надеюсь, что каждый из них найдет свою нишу и в ближайшем будущем сможет использоваться в малой авиации, а также в других сферах, где нужны моторы такого класса мощности».

Поршневой сегмент разработок ЦИАМ был представлен демонстраторами авиационного поршневого двигателя АПД-500, свободнопоршневого двигателя и роторно-поршневого РПД-100Т. Двигатель АПД-500 (мощность 500 л.с.), адаптированный в ЦИАМ по заказу Минпромторга России для авиационного

применения из автомотора линейки двигателей ЕМП ФГУП «НАМИ», может стать базовым для создания АПД мощностью 220 и 500 л.с. Они могут быть применены для ремоторизации существующих самолетов малой авиации и перспективных летательных аппаратов, в т.ч. двухдвигательных.

Разрабатываемый свободнопоршневой двигатель предназначен для использования в паре с линейным электрогенератором в силовой установке легкомоторных «более электрических» самолетов.

Роторно-поршневой двигатель-демонстратор РПД-100Т (мощность 100 л.с.) имеет блочно-модульную конструкцию и является основой для построения двигателей новых типоразмеров мощностью до 350 л.с., в т.ч. за счет системы турбонаддува, обеспечивающей применение двигателя на высотах до 10 км. Использование в конструкции отечественных композиционных материалов и специальных покрытий способствует достижению высоких ресурсных показателей разработанного в ЦИАМ РПД.

Электрический двигатель ЭД-360 (мощность 360 кВт) для винтокрылой техники может работать в качестве привода несущего винта в электрической силовой установке или в составе гибридной силовой установки.

Представителем перспективного семейства малоразмерных газотурбинных двигателей низкой стоимости является турбореактивный двухконтурный ТРДД-200. С одноконтурным ТРД-70, а также с перспективными малоразмерными турбовинтовым и турбовальным двигателями его объединяет газогенератор с сокращенным до минимума числом деталей и объединенными функциями конструктивных элементов. Дополнительного снижения стоимости планируется достичь за счет оптимизации технологии изготовления, предполагающей применение ресурсосберегающих методов и материалов.

Впервые экспонировались демонстраторы элементов перспективной силовой установки для сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) нового поколения: модель плоского сопла ТРДД с эжектором и экранирующими элементами планера СПС и шумоподавляющее секторное сопло.

Были также представлены разрабатываемые ЦИАМ демонстраторы элементов и узлов перспективных двигателей для дозвуковой авиации, в которых использованы новейшие решения для снижения массы и повышения характеристик изделий: например, планетарный редуктор привода вентилятора ТРДД (мощность 33 тыс. л.с.), широкохордная лопатка вентилятора из ПКМ с титановой защитной накладкой, сегмент



биметаллического блиска турбины с охлаждаемыми лопатками и многие другие.

Экспозиция привлекала и студентов, которых на форуме было много. По отзыву одного из посетителей, было «очень интересно вживую увидеть предмет своей курсовой работы».

ЦИАМ – СООРГАНИЗАТОР КОНГРЕССА ПО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЮ

В рамках МФД прошел Научно-технический конгресс по двигателестроению, в программу которого вошли пленарное заседание и тематические симпозиумы. ЦИАМ традиционно выступил соорганизатором конгресса: 12 из 15 симпозиумов прошли под председательством ученых института.

На пленарном заседании МФД генеральный директор ЦИАМ Андрей Козлов рассказал о перспективах развития авиационного двигателестроения в мире. Он кратко обрисовал технические требования, предъявляемые при создании авиационных двигателей, и рассказал о работах, ведущихся в институте.

Тематика симпозиумов охватывала наиболее актуальные для двигателестроения темы: общие перспективы развития авиационных двигателей, их экологическое совершенствование, новые конструктивно-технологические решения, проблематику обеспечения ресурса и эксплуатационной эффективности, промышленные силовые установки, авиационную химмотологию и другие вопросы.

В работе «флагманского» для авиадвигателестроения симпозиума **«Перспективы развития ВРД, комбинированных, гибридных и электрических силовых установок»** участвовали около 70 специалистов ЦИАМ, Московского авиационного института (национального исследовательского университета), Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого и др.

Специалисты ЦИАМ рассказали о перспективах развития двигателей и изучении возможностей повышения их эффективности. Обсуждались схемные решения, вопросы разработки демонстраторов силовых установок, их узлов и систем, в том числе с использованием цифровых средств численного моделирования процессов, и их испытаний.

В качестве одного из перспективных подходов, позволяющих удовлетворить ужесточающимся экологическим требованиям ИКАО к эмиссии вредных веществ от авиационной техники, эксперты рассматривают применение в качестве топлива жидкого водорода. На симпозиуме ЦИАМ представил доклад, посвященный оценке эффективности такого подхода применительно к перспективному региональному самолету, в том числе с использованием технологий сверхпроводимости.

Активный интерес вызвал и доклад ЦИАМ о концепции создания линейки отечественных малоразмерных газотурбинных двигателей (МГТД) на основе базового унифицированного газогенератора. Они могут найти применение на гражданских беспилотных летательных аппаратах. В обеспечение создания семейства МГТД в ЦИАМ разработан ряд конструктивных и технологических решений, существенно расширяющих имеющийся научно-технический задел в данной области.

В числе острых вопросов участники назвали необходимость формирования современной нормативно-технической базы для инновационной авиатехники (БЛА, ЛА с ЭСУ и ГСУ, СПС) и проблему воспитания кадров.

«Нужны квалифицированные специалисты для проектирования, в том числе объектов стендовой базы. Поколение 1940-х уходит, и необходимо наладить связь, передачу знаний молодежи от поколения, которое профессионально



сформировалось в советский период. Это общая проблема для всех ОКБ и заводов», – подчеркнул председатель симпозиума.

Требования к обеспечению прочности и надежности современных авиадвигателей неуклонно растут, что ведет к необходимости внедрения новых конструктивно-технологических решений и совершенствования методов обеспечения прочности и надежности двигателей. Двухдневный симпозиум **«Прочность, надежность, новые конструктивно-технологические решения двигателей»**, на котором было представлено 23 доклада, стал одним из самых посещаемых – в его работе участвовали около 90 специалистов отраслевых предприятий. В фокусе их внимания были методы подтверждения ресурса критических по последствиям разрушений деталей; совершенствование методов расчета и экспериментальных исследований динамики, прочности и надежности; обеспечение прочностной надежности при применении полимерных композиционных материалов (ПКМ), перспективных сплавов, аддитивных технологий и другие актуальные вопросы.

Интересные результаты были представлены в докладах ЦИАМ об использовании конструктивно-подобных элементов в задачах установления ресурса основных деталей авиационных ГТД, результатах комплексных исследований развития трещин в дисках.

Специалисты ПК «Салют» АО «ОДК» рассказали о внедрении методов контроля дисков по результатам совместного исследования ЦИАМ и «ОДК» выявляемости вихретоковым контролем усталостных трещин в труднодоступных зонах основных деталей роторов ГТД.

Не меньший интерес вызвали доклады ЦИАМ на тему подтверждения сертификационных требований, ряд комплексных работ по которым лег в основу создания специалистами института проектов Методических рекомендаций (рекомендательных циркуляров).



Это, в частности, опыт сертификационных испытаний по пожарной безопасности компонентов авиадвигателей, разработка по «пепловой проблеме» – подтверждению соответствия требованиям обеспечения безопасности полетов при воздействии облака вулканического пепла и др.

В фокусе внимания участников симпозиума **«Вентиляторы и компрессоры ГТД. Воздушные винты. Проблемы аэроакустики»** были актуальные вопросы, связанные с лопаточными машинами: методы численного моделирования, проблемы оптимизации и автоматизированного проектирования, исследования аэроакустики и способы повышения аэродинамических характеристик компрессоров и вентиляторов. В работе симпозиума приняли участие более 40 представителей предприятий авиадвигательной отрасли, среди них: АО «ОДК-Авиадвигатель», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «Силовые машины», «ОКБ им. А. Люльки» и др. Было представлено 17 докладов. Обсуждение работ продолжалось в течение полного рабочего дня и, в связи с большой заинтересованностью участников, завершилось позже официального закрытия форума.

Доклады специалистов ЦИАМ и ЦАГИ в части аэроакустики освещали эволюцию уровней шума силовых установок; сравнение шума осевых вентиляторов ТРДД с прямым и с редукторным приводом; численное исследование зависимости аэродинамических и акустических характеристик модельного биротативного вентилятора со сверхбольшой степенью двухконтурности от размера осевого зазора. Эксперты ЦИАМ также рассказали о расчетно-экспериментальных исследованиях узлов и элементов демонстраторов ГТД, в том числе ГТД с вентилятором из ПКМ.

Специалисты «ОДК-Авиадвигатель» затронули актуальные проблемы акустического проектирования двигательных установок, а также вопросы, связанные с разработкой универсальной математической модели для решения задач газовой динамики осевых компрессоров.

Были заслушаны доклады, посвященные аэродинамике стационарных газотурбинных установок и малоразмерных двигателей, а также обзору разрабатываемого отечественного ПО для проектирования турбомашин в условиях импортозамещения.

Симпозиум **«Турбины ГТД»** открылся докладом об опыте ЦИАМ в проектировании газовых и паровых турбин различного назначения, их основных проблемах и особенностях проектирования на



примере реализованных проектов турбин авиационного применения, стационарных ГТУ и групп ступеней паровых турбин.

Участники также обсудили актуальные вопросы исследования тепловых процессов в высокотемпературных турбинах, влияния формы каналов перфорации и кривизны профиля лопаток ТВД на эффективность пленочного охлаждения лопаток и др.

Симпозиум **«Системы автоматического управления, контроля и диагностики авиационных двигателей»** собрал специалистов из ЦИАМ, АО «ОДК-Авиадвигатель», АО «ОДК-СТАР», АО «УНПП «Молния», АО «ОМКБ», АО «ЭОКБ «Сигнал» и ряда других ведущих предприятий отрасли.

В представленных 14 докладах обсуждались современные методы построения систем управления, контроля и диагностики для авиационных силовых установок. В частности, рассмотрены такие научные проблемы, как интеллектуальное управление авиационными двигателями, способы электрификации силовых установок, особенности использования бортовых математических моделей, перспективные решения по контролю технического состояния двигателей, новые программные продукты для инженерных исследований. В докладах специалистов конструкторских бюро были представлены современные решения для разрабатываемых двигателей.

Председатель симпозиума, заместитель генерального директора - директор Исследовательского центра «Системы автоматического управления» ЦИАМ **Оскар Гуревич** резюмирует: *«Как обычно, симпозиум привлек внимание специалистов: в его работе приняли участие около 50 специалистов. Вопросы к выступающим и живое обсуждение докладов – свидетельство интереса к представленным материалам и успеха мероприятия».*

На симпозиуме **«Поршневые и роторно-поршневые двигатели»** было представлено 9 докладов. Специалисты ЦИАМ рассказали о перспективах развития АПД и РПД. В частности, было отмечено, что за последние годы в ЦИАМ выполнен ряд НИР, в которых были исследованы различные направления по совершенствованию АПД, включающие разработку и внедрение новых материалов, систем и конструктивных решений, обеспечивающих повышение параметров технического уровня. Созданный научно-технический задел активно внедряется в отрасли при выполнении ОКР по созданию линейки АПД в классах мощности от 50 до 500 л.с. Ведется ряд работ по повышению эффективности двигателей, в том числе за счет использования турбокомпаундных модулей, в которых энергия выхлопных газов будет сбрасываться на силовой турбине, отдавая мощность на общий выводной вал привода воздушного винта или на электрогенератор для снабжения борта ЛА. Работы ведутся и по созданию гибридных версий АПД и РПД, включая свободнопоршневые двигатели с линейными генераторами электрического тока.

В работе симпозиума участвовали представители ЦИАМ, УГАТУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НПЦ «Грань» и др.

В работе симпозиума **«Индустриальные и транспортные энергоустановки»** приняли участие представители ЦИАМ, Института энергетических исследований РАН, АО «ОДК-Авиадвигатель», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «Силовые машины», СНТК им. Н.Д. Кузнецова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МФТИ и др. Было представлено 9 докладов, раскрывающих различные аспекты тематики симпозиума: от оценки потребностей энергетики России в газотурбинном оборудовании и требований к нему (ИЭИ РАН) до совершенствования методов диагностики состояния и подтверждения надежности, прочности и ресурса газотурбинных агрегатов, их узлов и элементов.



Специалисты ЦИАМ поделились результатами исследования отклика стационарной ГТУ на сейсмическое воздействие; оценили перспективы создания высокоэффективных энергоустановок: парогазотурбинной установки с безинерционным регулированием мощности и авиапроизводных экологически чистых судовых энергоустановок, использующих в качестве горючего флотский мазут и котельные топлива.

Активный интерес аудитории вызвали и доклады других предприятий, в том числе выступления представителей «ОДК-Сатурн» и МГТУ им. Н.Э. Баумана о развитии перспективных ГТУ с генерацией электроэнергии на борту для питания корабельного электродвигателя с гребным винтом на его валу.

Симпозиум **«Авиационные редукторы, трансмиссии, опоры и подшипники»** собрал представителей ЦИАМ, ПАО «ОДК-Кузнецов», АО «Композит», ОАО «ЕПК Самара» и др.

Сотрудники ЦИАМ представили обзор нововведений в современных расчетных методиках зубчатых передач. Они отметили, что в институте разрабатывается ПО для автоматизированного расчета зубчатых передач на основе имплементированных стандартов, способствующее оперативному проведению работ по гармонизации международных методик для внедрения в практику применения отечественными КБ. Темой докладов ЦИАМ также стали работа трансмиссий вертолетов в условиях масляного голодания; метод оценки действующей на подшипник осевой силы по результатам анализа вибрационного сигнала; использование аддитивных технологий при изготовлении деталей авиатрансмиссий.

Интересные результаты были продемонстрированы в докладах, посвященных опорам роторов ГТД: эксперты ЦИАМ рассказали о газовых опорах для МГТД, а «ОДК-Кузнецов» – об опыте формирования конструктивного облика опоры ротора ГТД.

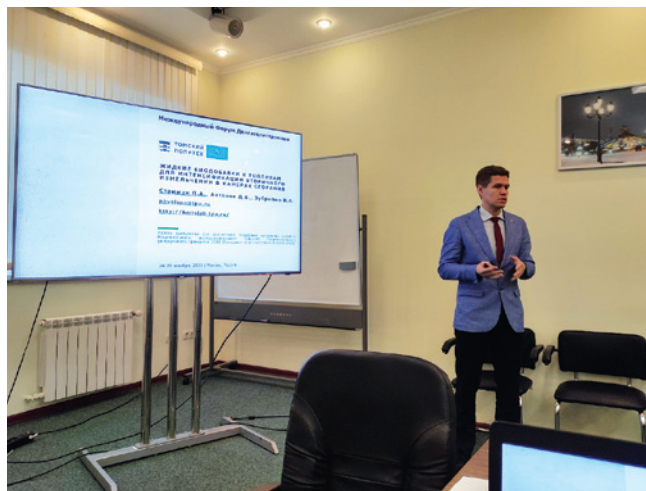
В рамках симпозиума **«Цифровые технологии при стендовых и летных испытаниях авиационных двигателей»** обсуждались самые разные аспекты создания, использования и совершенствования цифровых инструментов для повышения достоверности натурных испытаний ГТД, включая применение машинного зрения при прочностных испытаниях полимерных композиционных материалов.

Как было отмечено в докладе специалистов ЦИАМ, технология цифровых испытаний создаваемых образцов авиационной техники и, в частности, ГТД, должна обеспечивать повышение достоверности, доступности и наглядности результатов натурных испытаний при одновременном снижении их сроков, стоимости и рисков проведения за счет максимально полного использования возможностей информационных и вычислительных (цифровых) технологий и методов матмоделирования поведения испытываемых объектов, стендов и оборудования.

Современные цифровые технологии в целом рассматриваются как инструмент для сокращения времени на разработку изделия и облегчения управления им на всех стадиях его жизненного цикла. В симпозиуме **«Применение технологии «цифровых двойников» (ЦД) и многодисциплинарной оптимизации для создания перспективных двигателей»**, участвовали представители ЦИАМ, ПАО «ОДК-Салют», ПАО «ОДК-Сатурн», Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева, Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого, АО «Датадванс» и др. Участники поделились результатами создания проектов «умных» ЦД и обсудили используемые в ходе создания методы и средства автоматизации и оптимизации.

В симпозиуме **«Авиационная химмотология. Топлива и масла»** приняло участие 50 специалистов из ЦИАМ, 25 ГосНИИ химмотологии МО РФ, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ФИЦ ПХФ и МХ РАН, ООО «Интеравиагаз», АО «НПЦ Спецнефтьпродукт», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, РГАТУ имени П.А. Соловьева, НИУ «Томский политехнический университет», Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева, НИУ «МЭИ», МГУ им. М.В. Ломоносова, «S7 космические транспортные системы».

Был заслушан 21 доклад, каждый активно обсуждался. Работы были посвящены методологии исследования физико-химических и эксплуатационных свойств авиатоплив и смазочных материалов, перспективам использования



информационных технологий в процессе создания и оценки качества авиаГСМ, тенденциям развития авиатоплив и смазочных материалов.

Особый отклик вызвали работы, посвященные развитию программы «ОБЛИК» для системного анализа предварительных обликов ЛА, совместному применению технологий машинного зрения и нейронных сетей для визуальных измерений при проведении экспериментальных исследований. В тематическом блоке топлив и ГСМ – вопросам, связанным с их применением в различных условиях, включая арктические; проблемам создания новых добавок, в т.ч. для твердых неметаллизированных газогенераторных топлив, и жидких биодобавок к топливам для интенсификации вторичного измельчения в КС; повышению термической стойкости абляционных теплозащитных покрытий и др.

Представитель ООО «Газпром-ВНИИГАЗ» Сергей Поляков поделился на симпозиуме результатами оптимизации деятельности химико-аналитических лабораторий по контролю качества масел в процессе эксплуатации газоперекачивающих агрегатов.

Энергетическую тематику продолжили доклады, связанные с исследованиями физико-химических процессов в камерах сгорания и агрегатах тепловых двигателей. Также были рассмотрены вопросы, связанные с перспективами исследования процесса пиролиза медицинских и эпидемиологически опасных отходов.

Специалисты ЦИАМ также приняли участие в симпозиумах: **«Технологии производства двигателей. Цифровые методы разработки и совершенствования технологий»** и **«Новые материалы, перспективные технологии металлургии и технологическое перевооружение металлургических предприятий на базе инновационных технологий»**.