Двигатель

Научно-технический журнал

№4 (100) 2015

Основан в 1907 г.

В ЮБИЛЕЙНОМ НОМЕРЕ ЖУРНАЛА:

Зачем эксперимент для создания нового СТР. 3

Междисциплинарные знания о будущем СТР. 10

Юбилей центра авиадвигателестроения СТР. 23

Химия гиперзвука СТР. 36

Перспективные двигатели: куда дальше СТР. 40

Агрегатчики России объединились СТР. 48

Беспламенные горелки из новых материалов СТР. 56

И МНОГОЕ, МНОГОЕ ДРУГОЕ...

1930 – 2015 85 ЛЕТ ЦИАМ

Москва 24.11.15 - 27.11.15

Редакционный совет

Агульник А.Б., д.т.н.,
декан факультета авиационных двигателей МАИ
Бабкин В.И., к.т.н.,
ген. директор ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,
профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Богуслаев В.А., д.т.н.,
Президент АО "МОТОР СИЧ"
Воронков Ю.С., к.т.н.,
зав. кафедрой История науки РГГУ
Григорян Г.Г., д.т.н.,
вице-президент Общества "Знание" России
Губертов А.М., д.т.н.,
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша"
Дическул М.Д.,
зам. управляющего директора ОАО "ОДК"
Дмитриев В.Г., д.т.н.,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
Зрелов В.А., д.т.н.,
профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
Каторгин Б.И., академик РАН
Кравченко И.Ф, д.т.н.,
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
Крымов В.В., д.т.н.
Кутенев В.Ф., д.т.н.,
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
Кухаренок Г.М., к.т.н.,
зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ
Лобач Н.И.,
ген. директор ПО "Минский моторный завод"
Ланшин А.И., д.т.н.,
научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Новиков А.С., д.т.н.
зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Пустовгаров Ю.Л.,
президент Торгово-промышленной палаты Республики Башкортостан
Рачук В.С., д.т.н.,
ген. конструктор, ген. директор ФГУП "КБ Химавтоматики"
Ружьев В.Ю.,
первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
Рыжов В.А., д.т.н.,
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
Ситнов А.П.,
президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
Скибин В.А., д.т.н.,
советник генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова" по науке
Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
Соколов В.Н., д.т.н.,
Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса авиакосмической промышленности
Троицкий Н.И., к.т.н.,
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
Фаворский О.Н., академик РАН,
член президиума РАН
Чуйко В.М., д.т.н.,
президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Александр Иванович Бажанов
член-корреспондент Российской и Международной инженерных академий
Заместитель главного редактора
Дмитрий Александрович Боев
Ответственный секретарь
Александр Николаевич Медведь, к.т.н.
Финансовый директор
Юлия Валерьевна Дамбис
Редакторы:
Александр Аркадьевич Гомберг,
Ирина Михайловна Иванова,
Андрей Иванович Касьян, к.т.н.
Юрий Романович Сергей, к.т.н.
Литературный редактор
Эрнст Галсанович Намсараев
Художественные редакторы:
Александр Николаевич Медведь
Владимир Николаевич Романов
Техническая поддержка
Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.
В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:
А.В. Артамонова, А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2.
Тел./Факс: (495) 362-3925.
dvigatell@yandex.ru
boeff@yandex.ru
aib50@yandex.ru
www.dvigately.ru
Электронная версия журнала (2006-2014 гг.) размещается также на сайте Научной электронной библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©
генеральный директор Д.А. Боев
зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.
Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, по истории, экономике, философии, социологии и культурологии в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 747 в общероссийском каталоге 2012 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©
зарегистрирован в ГК РФ по печати.
Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.
16-й (108-й) год издания.
Отпечатано
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.
Тираж 5 000 экз.
Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная.

№ 4 (100) июль - август 2015

СОДЕРЖАНИЕ

2 ***Роль и место экспериментальных исследований при создании перспективных авиационных двигателей***
В.И. Бабкин, В.И. Солонин

10 ***Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований***
А.А. Сперанский, А.А. Михеев, Г.Н. Михайлов

23 ***Юбилейная Всероссийская научно-техническая конференция "Авиадвигатели XXI века"***

24 ***Двигатель ПД-14 - будущее Российского авиапрома***
А.А. Иноземцев

26 ***АО "Мотор Сич" и журнал "Двигатель": сто номеров вместе***
В.А. Богуслаев

30 ***Новый генератор PULSAR, превосходящий все существующие системы управления процессом электроэрозионной обработки***

33 ***Применение высокоэнергетических промышленных томографов "проминтро" в двигателестроении***

34 ***За час - из Лондона в Нью-Йорк (о патенте на сверхзвуковой пассажирский самолёт)***
В.П. Кокорев

36 ***Новые энергосиловые устройства, химические энергоносители и их применение в гиперзвуковых летательных аппаратах***
А.Г. Прудников, А.М. Подвальный, В.В. Северинова

40 ***Заметки к вопросу о перспективных движителях***
Д.А. Боев, А.В. Ефимов

46 ***В Москве завершился корпоративный чемпионат ОДК по стандартам WorldSkills***

47 ***Новая книга "Столичной энциклопедии"***

48 ***Некоммерческое объединение АВИСА - Ассоциация производителей авиационных систем и агрегатов***
Д.А. Боев

50 ***Научно-технологические инструменты устойчивого развития общества***
Б.В. Гусев, А.А. Сперанский, В.М. Жучков

56 ***Новое применение МР-материалам - беспламенные инфракрасные горелки***
И.С. Пятов, А.М. Шевкун, А.П. Бевз

58 ***Оптимизация параметров оксидирования алюминиевой фольги, применяемой для высоковольтных электролитических конденсаторов***
В.В. Осипова, С.П. Шавкунов

60 ***Взгляд на историю с точки зрения Третьего ГУ Минавиапрома СССР***
В.М. Толоконников

64 ***Турбулентность. Современная парадигма или "Картина Репина "Приплыли""***
Ю.М. Кочетков

67 ***К юбилею В.А. Скибина***

68 ***Тридцать три года в ракетной технике: успехи, разногласия, конфликты***
В.Ф. Рахманин

78 ***Танки от и до***
О.Н. Брилёв

82 ***Колесные пароходы. На заре века пара и электричества***
В.С. Шитарёв

УДК 621.45.018.2

РОЛЬ И МЕСТО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Владимир Иванович Бабкин, к.т.н., генеральный директор ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Валентин Иванович Солонин, к.т.н., советник генерального директора ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Авиационные двигатели достигли наивысшего в сравнении с продукцией общего машиностроения уровня показателей. Опережающая отработка новых технологий и технических решений является основой современной методологии создания авиационных двигателей. Создание авиационного двигателя невозможно без сложнейшей высотной экспериментальной базы, обеспечивающей исследования, доводку и сертификацию силовых установок в условиях, максимально приближенных к полетным во всей области эксплуатации. Развитие исследовательской базы ЦИАМ в рамках разрабатываемого сейчас "Национального плана развития авиационной науки и технологий" есть непременное условие инновационного развития авиационного двигателестроения.

Aircraft engines reached the highest in comparison with the products of general engineering levels. Advanced researchare of new technologies and technical solutions is the basis of modern methodology of creation of aircraft engines. The creation of an aviation engine is impossible without high-rise complex experimental base for research, debugging and certification of power plants in the conditions close to the flight in the whole area of operation. The development of the research framework of CIAM in the framework of the development of the "National Plan for the Development of Aviation Science and Technology" is an indispensable condition of innovative development of the aeronautical engineering.

Ключевые слова: авиадвигателестроение, расчёт, испытания, эксперимент, национальная исследовательская база
Keywords: aviation engines, designe, test, experiment, national investigate base

Авиадвигателестроение является одним из самых инновационных наукоемких и высокотехнологичных секторов промышленности, интегрирующим результаты деятельности различных направлений науки и техники и стимулирующим научно-техническое развитие целого ряда других отраслей. Уникальные свойства авиационного двигателя позволяют удовлетворить высочайшим требованиям по экономичности, компактности, габаритно-весовым и экологическим показателям. Эти его особенности превратили авиацию в массовый вид транспорта и важнейший вид вооруженных сил.

За более чем 70-летний срок научно-технический прогресс в развитии авиационных газотурбинных двигателей обеспечил для гражданской авиации: снижение удельного расхода топлива примерно в 2 раза, многократное повышение ресурса двигателя - до 40 000 циклов перемещения РУД (что эквивалентно примерно 10...12 годам интенсивной эксплуатации), высокую надежность (до 300...500 тысяч часов наработки на выключение в полете). Последнее соответствует одному - двум выключениям в год при парке 100 самолетов. При этом и экологические характеристики (шум и эмиссия) авиационного двигателя также кардинально улучшены[1].

Газотурбинный двигатель для военной авиации за тот же срок обеспечил снижение удельного веса примерно в 2 раза, увеличение лобовой тяги и значительное уменьшение удельного расхода топлива: как на дозвуковых, так и на сверхзвуковых режимах полета. Всё это позволило существенно улучшить тактико-технические характеристики летательных аппаратов.

Так, например: применение двигателей пятого поколения в составе силовой установки маневренного самолета-истребителя при прочих равных условиях позволяет уменьшить взлетный вес самолета на 40...60 % по сравнению с аналогом, снабжённым двигателем 4-го поколения. Стало возможным осуществить крейсерский полет со сверхзвуковой скоростью без включения форсажа и обеспечить низкий уровень заметности. Надежность двигателей нового поколения повышается на 60...80 %, трудоемкость технического обслуживания снижается в 2...3 раза, стоимость жизненного цикла уменьшается примерно в 1,3 раза, а ресурс двигателя составляет 50...100 % ресурса планера - то есть во многих случаях эти величины сравнялись.

В своем развитии авиационные двигатели достигли наивысшего в сравнении с продукцией общего машиностроения уровня показателей:

- термодинамического совершенства;
- аэродинамической нагруженности лопаточных машин (компрессоров, турбин);
- максимальной температуры газа в турбине;
- теплонапряженности и экологического совершенства камер сгорания;
- эффективности охлаждения и теплозащиты горячей части;
- удельного веса;
- многорежимности работы;
- применения высокоэффективных конструктивно-технологических решений;
- применения новых металлических и неметаллических конструкционных материалов.

Для иллюстрации уровня рабочих нагрузок и требований к прочности основных элементов конструкции авиационных ГТД можно привести следующее качественное сравнение. В маневренном самолете уровень перегрузки (отношение действующей на тело силы к его весу) конструкции и экипажа может достигать величины порядка 10^1, тогда как в среднем по параметрам и размерности авиационного ГТД уровень перегрузки ответственных деталей ротора высокого давления (рабочие лопатки) на рабочем режиме составляет величину порядка 10^5, то есть в десять тысяч раз больше. При этом температура поверхности охлаждаемой рабочей лопатки из жаропрочного сплава чуть выше 1300 К, но при этом лопатка должна надежно работать в среде с температурой газа около 2000 К [2].

Эти достижения в авиационных ГТД базируются на фундаментальных и прикладных исследованиях в области газовой динамики, горения и теплообмена, конструкционной прочности, теории управления и технической диагностики. Широко применяется компьютерное многодисциплинарное моделирование высоких уровней, физический модельный эксперимент, натурные исследования экспериментальных узлов и систем двигателей на уникальных, имитирующих реальные условия эксплуатации стендах. Это обеспечивается наличием мощной научно-технической инфраст-

Рис 1. Уровни технологической готовности

руктуры. Помимо отечественного авиадвигателестроения, только США (фирмы Пратт-Уитни, Дженерал Электрик, Хонеувелл), Англия (Роллс-Ройс) и Франция (СНЕКМА) владеют полным циклом создания и выпуска авиационных ГТД. Поэтому атрибутом великой державы считается способность создавать и производить авиационные газотурбинные двигатели.

В свою очередь, авиационное двигателестроение стимулирует развитие всех тех отраслей промышленности, где требуются компактные, мобильные и хорошо управляемые источники энергии. Это транспорт, теплоэнергетика, газоперекачка, технологии сушки, очистки, пожаротушения и т. п. Всё возрастающие требования к авиационным двигателем стимулируют развитие конструкционных материалов, технологического оборудования, электронной и электрической техники и др.

Такое уникальное развитие авиационного двигателестроения было бы невозможно без организации управления этим процессом со стороны государственных органов. В высокоразвитых странах авиадвигателестроение относится к одной из стратегически важных отраслей, обеспечивающих высокий уровень технологического развития государства. Для достижения максимально возможного уровня технического совершенства, снижения сроков и стоимости разработки двигателей в рамках специальных программ постоянно ведется опережающая отработка новых технологий и технических решений. Во многом благодаря этим программам, проводимым при активном регулировании со стороны государства, обеспечивается конкурентоспособность авиадвигателестроительных компаний на мировом рынке.

Государственное финансирование конкретных целевых программ, отработка новых технологий и технических решений, опережающих разработку базовых двигателей, вошло в мировую практику. С помощью этих механизмов государство эффективно управляет технологическим развитием авиационного двигателестроения и обеспечивает конкурентоспособность своих компаний.

При создании новых и модернизации находящихся в эксплуатации двигателей как военного, так и гражданского применения используются до 70...80 % общих технологий. Это методы расчета и проектирования, конструкторские решения, конструкционные материалы, технологические процессы и так далее. По этим причинам программы по двигателям различного назначения взаимно дополняют друг друга.

В США, которые являются лидером в разработке новых технологий для силовых установок летательных аппаратов, все НИОКР, проводимые за счет бюджетных средств, определяются нормативными документами, подготовленными Национальным советом по науке и технологии при Администрации Президента США, в частности "Национальным планом по научным исследованиям и разработкам в области авиации и развития соответствующей инфраструктуры" [3] . В США большое значение придаётся развитию экспериментальной базы. Там организовано целевое государственное финансирование поддержания и развития испытательных комплексов. Среди них НИЦ имени Арнольда (ВВС США), НИЦ имени Гленна (NASA) - до 80 %; НИЦ имени Эймса и имени Ленгли (NASA). Объём господдержки доходит до 60 - 70 % от потребного финансирования. Это гарантирует их готовность, высокий уровень проведения испытаний и стабильные цены для заказчиков [4].

При организации и проведении исследований по программам разработки технологий большое внимание уделяется завершенности работ, для чего широко используется система уровней готовности технологий (см. Рис. 1).

Особое внимание уделяется экспериментальной отработке критических технологий в узлах и системах в условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. В качестве объекта демонстрации эффективности разрабатываемых технологий и конструкторских решений используются модели, детали, узлы, а также газогенератор - наиболее напряженная часть двигателя, которая в основном определяет его характеристики и облик двигателя-прототипа.

На стадии разработки технологий отработка газогенератора и демонстрационного двигателя-прототипа обычно проводится в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Это позволяет получить данные по рабочим характеристикам двигателя - газодинамическим, прочностным, вибрационным и прочим, и работоспособности как отдельных узлов, так и всего двигателя в целом. Тем самым значительно сокращаются сроки и стоимость создания конкретного двигателя нового поколения.

В основе современной методологии создания авиационных двигателей заложена опережающая отработка новых технологий и технических решений. Важным фактором в создании авиационных двигателей с заданными характеристиками служит строгое соблюдение методологии, предусматривающей порядок выполнения работ на стадии разработки двигателя. Она оформлена в виде нормативно-технической документации (НТД), действующей в том числе и в России [5...11] и др.

В соответствии с этой НТД предусматриваются не только согласование планов работ и проведение экспертизы на всех этапах создания двигателей с головным институтом отечественного авиадвигателестроения - ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", но и проведение обязательных видов испытаний узлов, газогенератора и двигателя по типовым методикам, включая испытания на высотных стендах с имитацией полетных условий на отраслевой экспериментально-исследовательской базе (НИЦ ЦИАМ).

Нормативная база предусматривает обязательные виды испытаний на высотных стендах по определению основных данных дви-

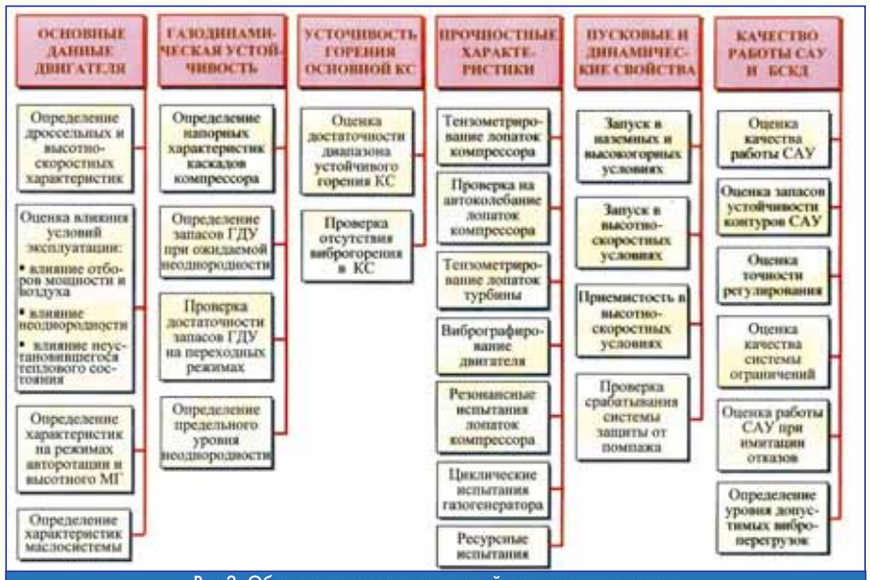


Рис 2. Обязательные виды испытаний на высотных стендах

гателя, газодинамической устойчивости, устойчивости горения в камере сгорания, прочностным характеристикам, пусковым и динамическим свойствам, качеству работы САУ и БСКД (см. Рис. 2).

К сожалению, в 90-е годы прошлого столетия и в начале 2000-х годов в отечественной практике стали достаточно частыми случаи невыполнения требований нормативно-технической документации при создании перспективных двигателей.

Особое место при создании двигателя должно отводиться экспериментальным исследованиям газогенератора. Испытания газогенератора (ГГ) - важнейший этап в создании авиационного двигателя, на котором отрабатываются новые технические решения самой напряженной части двигателя в условиях максимально приближенных к эксплуатационным.

Главной целью испытаний является исследование теплового состояния, прочности, надежности, работоспособности, эффективности самых напряженных узлов двигателя во всем диапазоне рабочих режимов, вплоть до экстремальных.

Преимущества отработки в системе газогенератора по сравнению с исследованием готового двигателя в сборе следующие:

• возможность существенно большего препарирования;

• широкий диапазон возможных режимов испытаний (за счет изменения положения рабочих линий);

• более простое внесение изменений в конструкцию.

При испытаниях газогенератора проводятся исследования по определению:

• теплового состояния, с тензометрированием и вибрографированием элементов ротора и статора турбины, а также эффективности ее системы охлаждения (обдува) в условиях работы корпусов, близких к натурным во всём диапазоне рабочих режимов;

• характеристик прочности с тензометрированием и вибрографированием деталей компрессора во всём диапазоне рабочих режимов в условиях, близких к натурным, со съемом информации через токосъемник;

• запасов газодинамической устойчивости (ГДУ) компрессора на режимах запуска и уточнение программы регулирования направляющих аппаратов компрессора для обеспечения нормированных величин запаса ГДУ при запуске;

• осевых усилий, действующих на опору КВД, в полном диапазоне имитируемых значений высоты и скорости полета в составе двигателя;

• эмиссионных характеристик (CO_2, CO, NO_x, CH,...) на выходе из турбины газогенератора в условиях, близких к натурным во всем диапазоне рабочих режимов;

• работоспособности конструкции с превышением температуры газов перед турбиной T^*_{ca} на +100...150 °С и частоты вращения ротора генератора по сравнению с максимально допустимыми в эксплуатации;

Рис 3 Виды испытаний газогенератора на высотном стенде согласно РТМ300-01-2007

• влияния теплового состояния элементов конструкции на характер протекания переходных процессов в газогенераторе и величины радиальных зазоров в турбине и компрессоре при изменении режима работы газогенератора в диапазоне рабочих режимов по частоте вращения и условиям на входе;

• пусковых характеристик, в частности - высотности процесса воспламенения топливо-воздушной смеси в камере сгорания и необходимых для этого характеристик системы зажигания и законов подачи топлива, а также запуска с режима авторотации и встречного запуска (с режима выбега) на высотах 5...11 км в условиях полета при минимальной и максимальной скоростях и температуре атмосферного воздуха $t_{вх}$= - 40°С;

• работоспособности элементов, узлов и систем газогенератора (в том числе наддува опор, суфлирования, эффективности работы воздушных и масляных уплотнений и др.) в условиях, близких к натурным во всём диапазоне рабочих режимов;

• влияния неравномерности, создаваемой интерцепторами-имитаторами на входе в компрессор, на параметры газогенератора;

• экспериментальных характеристик компрессора, камеры сгорания и турбины в широком диапазоне изменения $\pi_к$, $G_в$, $\pi_т$, n с измерением расхода воздуха на входе в компрессор и уточнение математической модели газогенератора с учетом работы его реальной конструкции в условиях близких к натурным для дальнейшего использования в мат. модели двигателя.

Испытания газогенератора (большинство которых может быть проведено только на высотном стенде) должны проводиться с имитацией давления и температуры воздуха на входе в газогенератор и давления перед турбиной вентилятора (см. Рис. 3).

Таким образом, авиационный двигатель, будучи уникальным

изделием по уровню аэродинамической и тепловой нагрузок, многорежимности работы, работающий в условиях большого изменения параметров по тракту, при высочайших требованиях к надежности, ресурсу, экономичности и экологическим характеристикам, **не может быть создан без проведения широких экспериментальных исследований как на стадии разработки новых технологий и конструкторских решений, так и на стадии создания конкретного двигателя.** И, как уже отмечалось, эти экспериментальные исследования должны проводиться в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

Современный авиационный двигатель эксплуатируется в широкой области высот и скоростей полета. Он подвергается воздействию большого числа разнообразных факторов как связанных с внешними параметрами, характеризующими состояние атмосферы (давление, температура, влажность, водность, турбулентность), так и обусловленных особенностями использования двигателя в системе силовой установки самолета. Среди них неравномерность и нестационарность полей давления и температуры, высокие динамические характеристики, а также отборы воздуха и мощности и т.п.

Все эти факторы оказывают существенное влияние на рабочий процесс в двигателе, его надежность и ресурс. По мере совершенствования двигателей, несмотря на бурное развитие вычислительных методов в мировом двигателестроении, происходит и значительное увеличение объема экспериментальных исследований двигателей. Это увеличивает и объём их испытаний в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

В освоенной области эксплуатации самолетов различного назначения диапазон изменения давления на входе в двигатель относительно стандартного атмосферного давления изменяется в 20 раз в сторону понижения и до 2,5 раз в сторону повышения температуры воздуха на входе в двигатель. То же самое происходит и при наличии инверсии от стандартной атмосферы. На рабочий процесс в двигателе оказывает влияние влажность и водность воздуха, что в силу изменения свойств рабочего тела за счет испарения и конденсации в тракте двигателя приводит к рассогласованию работ ступеней, изменению их эффективности. Это может быть причиной обледенения входной части двигателя, что опасно катастрофическими последствиями. [12]

В обоснование необходимости проведения испытаний авиационных двигателей и их узлов в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным, проведено экспериментальное исследование влияния изменения давления на входе на характеристики двигателей 3 и 4 поколения и их узлов, которое показало существенное изменение их характеристик [13].

Так, при понижении $P^*_{вх}$ до 20 кПа (H = 12...15 км) на режимах работы $n_{пр}$=idem, $M_{полета}$ = idem, удельный расход топлива возрастает примерно на 11 %, температура газа перед турбиной повышается на 7 % по сравнению с H = 0. Основными причинами такого ухудшения параметров являются нарушение режимов работы турбокомпрессоров и снижение КПД его элементов вследствие изменения условий обтекания лопаточных профилей, а также, значительный рост потерь в элементах проточной части двигателя. К этому же ведёт и ухудшение полноты сгорания топлива в камере сгорания.

Изменение в широких пределах давления в тракте двигателя оказывает существенное влияние на характеристики узлов. Так, понижение давления примерно в 6 раз на входе в двигатель, и связанное с этим уменьшение числа Рейнольдса при $T^*_{вх}$= idem, $n_{пр}$= idem приводит к ухудшению КПД компрессора на 2...4%. При этом наблюдается сдвиг напорных ветвей в сторону уменьшения приведенного расхода воздуха (Рис. 4). Влияние уменьшения числа Рейнольдса возрастает по мере уменьшения величины $n_{пр}$, то есть по мере удаления от расчетного режима согласования ступеней компрессора.

В результате изменения числа Рейнольдса изменяется пропускная способность турбины (снижается на 4...5%) (Рис. 5 а) и ее КПД (Рис. 5 б), что вызывает повышение температуры газа перед турбиной для обеспечения $n_{пр}$= idem. При снижении давления и температуры в камере сгорания также уменьшается полнота сгорания (Рис. 6). Меняются характеристики и область устойчивой работы в камере сгорания. Так, при $n_{пр}$= idem расход топлива в камере сгорания изменяется в 4...5 раз, что сопровождается изменением полноты сгорания топлива и значительной деформацией полей температур на входе в турбину. Это ведёт к ухудшению

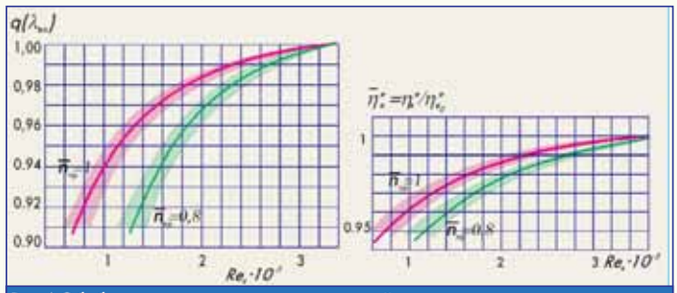


Рис 4 Обобщение зависимости относительной величины приведенного расхода воздуха и относительного КПД компрессора от Re [12]

экологических характеристик, надежности и ресурса двигателя.

Изменение температуры и давления воздуха на входе в двигатель также оказывает значительное влияние на геометрические характеристики элементов двигателя и, прежде всего, на радиальные и осевые зазоры между ротором и статором, которые зависят от температурной деформации ротора и статора и упругой деформации ротора под действием центробежных сил.

Изменение радиальных зазоров в компрессоре и турбине существенно влияет на их эффективность, а также на изменение расхода воздуха, обеспечивающего охлаждение и приемлемые

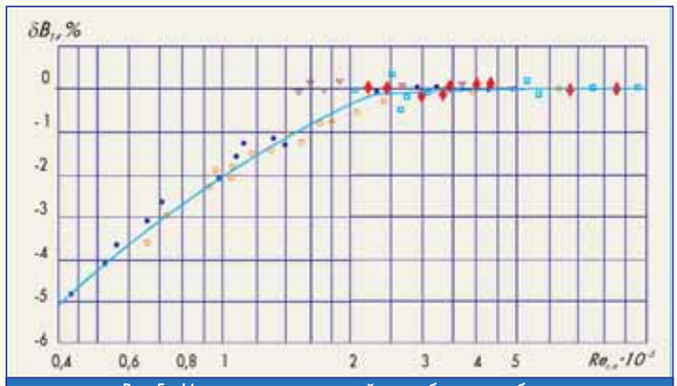


Рис 5а Изменение пропускной способности турбины

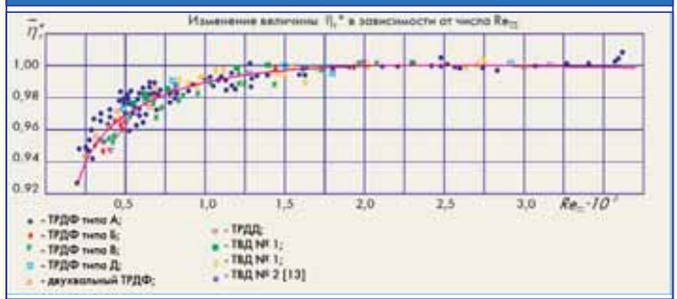


Рис 5б Изменение КПД турбины

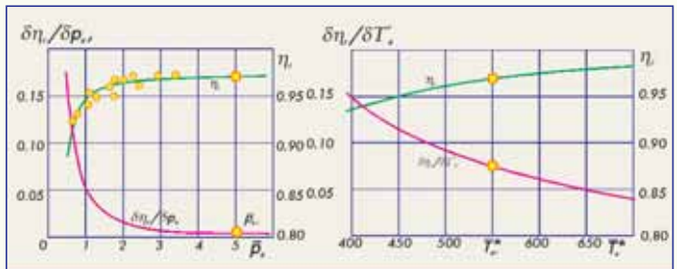


Рис 6 Зависимость величины полноты сгорания от величин $\bar{T}_к$ и $\bar{P}_к$

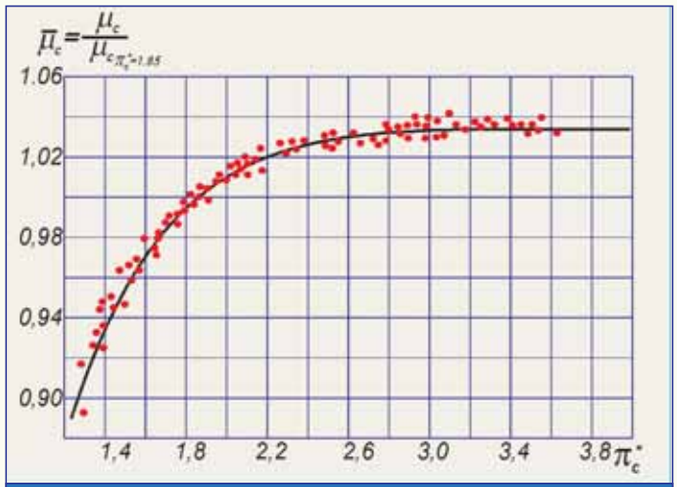


Рис 7 Изменение относительной величины коэффициента расхода сужающихся сопел

осевые усилия роторов двигателя. Это может оказывать существенное влияние и на эффективность и прочностные свойства узлов. Кроме того, при высоких частотах вращения роторов компрессоров и турбин, профилированная часть закрученных рабочих лопаток стремится выпрямиться, вследствие чего изменяются углы установки ее профилей, что также влияет на эффективность, устойчивость и расходные характеристики этих узлов.

Рабочий процесс и характеристики авиационного газотурбинного двигателя зависят также и от условий истечения газов из сопел. Экспериментально установлено, что стабилизация параметров газа в выходном сечении сопла происходит при значениях перепада в сопле существенно больше $\pi^*_{скр}$. Для сужающих сопел стабилизация величины коэффициента расхода газа μ_c происходит при $\pi^*_c \cong 3$ (Рис. 7) [12]. Заметное влияние на характеристики сужающихся сопел может оказать неравномерность параметров газа и закрутка потока на входе в сопло. Для регулируемого сопла створчатой конструкции весьма существенна деформация элементов сопла и деталей кинематической схемы управления диаметром сопла при изменении температуры газа и перепада давлений на створках, приводящих к изменению пропускной способности сопла.

Особенно сильное влияние на рабочий процесс и характеристики двигателя оказывают характеристики сопел в двухконтурном двигателе большой степени двухконтурности без смешения потоков вследствие докритического истечения из сопел на взлётном режиме.

Величины коэффициента расхода μ_c и коэффициента скорости φ_c существенно зависят от пространственной картины течения за вентилятором. Она определяется не только величиной $\pi^*_{с\,вент}$, но также числом $M_п$ и величиной $n_{пр\,вент.}$ Заметим, что эти кривые существенно расслаиваются при изменении числа $M_п$ (Рис. 8). [14]

Таким образом, изменение высоты и скорости полета значительно влияет на характеристики узлов и, следовательно, существенно изменяет рабочий процесс и характеристики двигателя в целом. Причем эти изменения зависят от схемы двигателя, его параметров, способов регулирования двигателя. При этом изменяется положение рабочих линий, что может привести к уменьшению запасов устойчивости каскадов высокого и низкого давления. Также повышается температура газа перед турбиной и уменьшается расход воздуха при сохранении $n_{пр}$ [12].

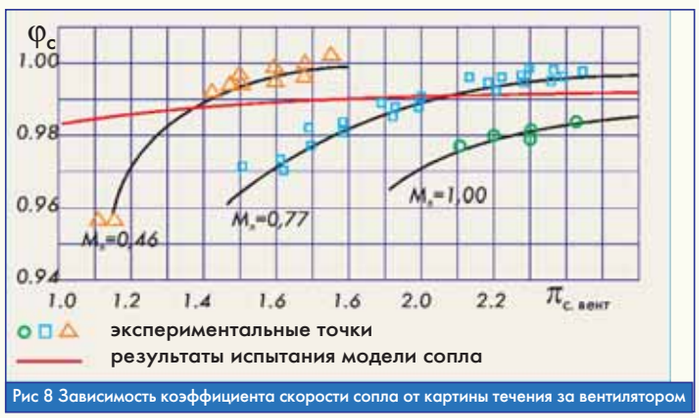


Рис 8 Зависимость коэффициента скорости сопла от картины течения за вентилятором

Одно из важных требований, предъявляемых к авиационным двигателям - обеспечение надежного запуска в широкой области эксплуатационных режимов, как в земных, так и полетных условиях. Режим запуска двигателя, более чем какой-либо другой, зависит от изменения внешних условий, особенно температуры окружающего воздуха: известно, что при низких температурах надежность запуска резко падает. Режим запуска сильно влияет на надежность и ресурс двигателя, так как тепловые удары, неравномерные тепловые нагрузки (обусловленные нестационарными тепловыми потоками), связанные с быстрым повышением температуры газа, могут оказывать решающее влияние на долговечность элементов "горячей" части двигателя.

Переходные процессы на режимах приемистости двигателя в значительной степени определяют его повреждаемость. Это происходит из-за того, что обеспечение все возрастающих требований к динамическим характеристикам и связанное с этим быстрое повышение температуры газа с одной стороны, а с другой стороны - замедленный нагрев конструкции, вызванный существенной разницей в тепловой инерции корпусов и дисков ротора, ведет к значительному изменению рабочих зазоров на переходных режимах. На Рис. 9 представлены данные об изменении величин зазоров и расхода воздуха в системе охлаждения первой ступени ТВД на взлетном режиме. Термонапряженное состояние диска и стопорных оболочек выявило недостаточное охлаждение лопатки (расход охлаждающего воздуха в течение 100 сек. на ≅10...13 % меньше расчетного и только примерно на 600 секунде выходит на расчетную величину). Этот эффект вызывает перераспределение расходов в системе охлаждения при изменении зазоров в каналах и лабиринтах. Нарушение теплового и термонапряженного состояния лопатки на переходных режимах может вызвать значительное накопление повреждений в лопатке и сокращение ее ресурса.

Достижение высоких показателей надежности, безопасности эксплуатации, ресурса, в условиях постоянного повышения температур и нагрузок, действующих на детали и узлы двигателя, требует разработки и внедрения новых материалов и технологий, а также прочностного анализа, ресурсного проектирования и прочностных испытаний.

Обеспечение прочности требует точного определения напряженного состояния: нагрузок и температур деталей двигателя. Современные численные методы расчета напряженно-деформированного состояния деталей не позволяют в полной мере получить детальный пространственно-временной анализ нагрузок, особенно динамических. Это требует тщательного исследования взаимодействия газодинамических и тепловых процессов. Кроме того, для оценки по имеющимся напряжениям надежности и ресурса, необходимо обладать достаточным объёмом информации о поведении материалов, процессов разрушения при реальных условиях нагружения и эксплуатации. Единственным путем решения этих проблем является проведение обстоятельных экспериментальных исследований.

Методология обеспечения прочностной надежности и обоснование ресурса двигателей включает в себя как большой объем экспериментальных исследований на натурном полноразмерном двигателе и газогенераторе в условиях стендовых и летных испытаний, так и изучение поведения отдельных узлов и деталей на специальных установках. Особое место занимает проведение длительных эквивалентно-циклических испытаний.

Перевод двигателей на эксплуатацию по техническому состоянию (а не по выработке назначенного ресурса), когда решение о продлении ресурса принимается на основании периодического контроля состояния основных деталей, требует решения ряда научных задач, что становится доступным только при их тщательных

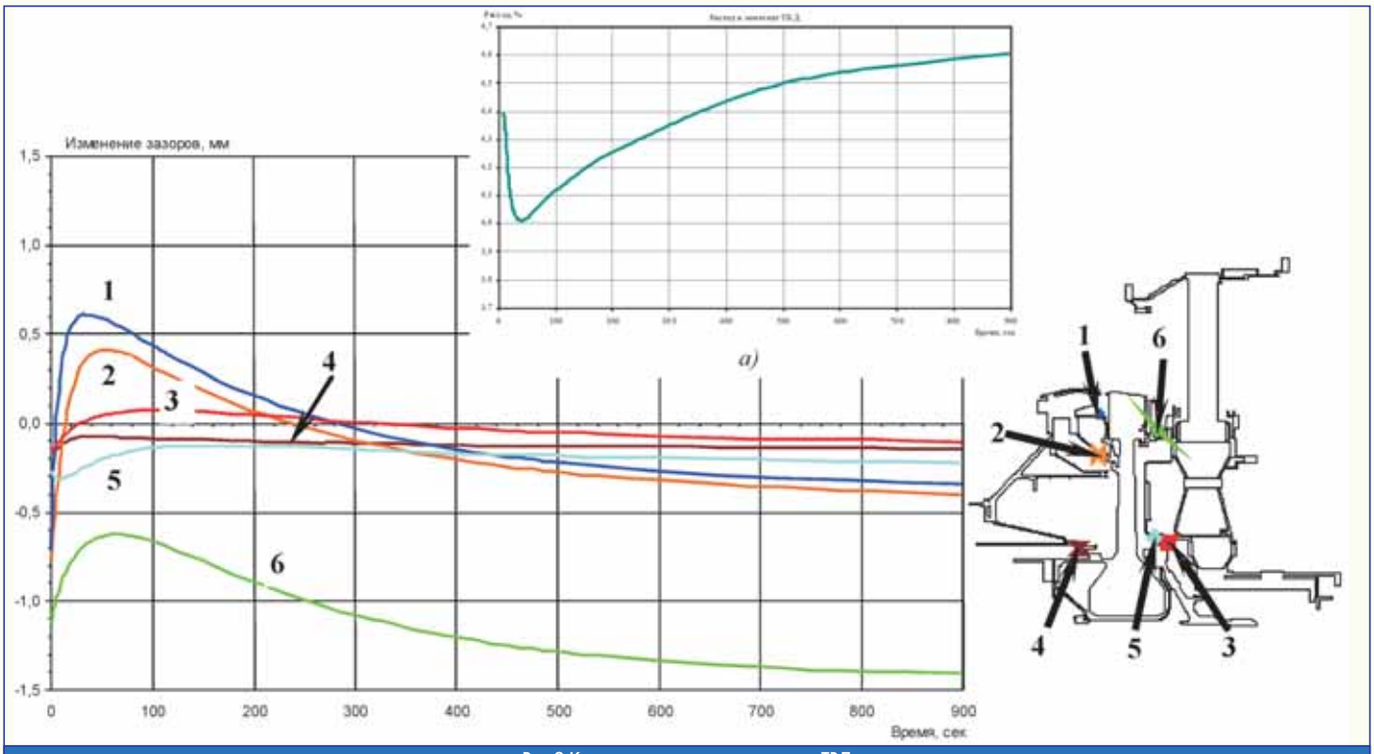


Рис 9 Кинетика измерения зазоров в ТВД

экспериментальных исследованиях. Этими исследованиями обеспечивается принципиальное повышение достоверности и точности информации о реальных условиях работы деталей и узлов, разработка и верификация математических моделей высокого уровня, используемых для анализа теплового и напряженного состояния, накопления повреждений и разрушений.

На прочность и надежность двигателя значительное влияние оказывают динамические нагрузки, вызывающие колебания элементов конструкции двигателя: частоты вращения роторов, переменные газовые нагрузки на лопатки, окружные и осевые неравномерности, жесткостные характеристики опор корпусов и.т.п. Всё это вызывает повышенные напряжения конструкции, которые в значительной степени меняются в зависимости от режимов работы двигателей, высоты и скорости полета.

Таким образом, для обеспечения требуемых характеристик по экономичности, работоспособности, надежности, ресурсу, запуску, устойчивости работы двигателя и его узлов требуется проводить экспериментальные исследования и доводку двигателя во всей области эксплуатации.

Следует отметить, что, несмотря на бурное развитие вычислительных методов расчета и компьютерного проектирования, необходимость проведения полномасштабных экспериментальных исследований с развитием двигателей усиливается. Это обусловлено ростом параметров цикла, увеличением степени двухконтурности и связанным с этим уменьшением размеров проточной части внутреннего контура, что особенно сильно сказывается на выходе из компрессора газогенератора и на входе в турбину. Следствием уменьшения высот лопаток в этих сечениях является усиление отрицательного влияния на КПД радиального зазора, относительных толщин кромок лопаток, отклонений формы профилей от номинальных и т.п.. Особенно сильно это проявляется при изменении скорости и высоты полета.

Повышение параметров цикла ($\pi_к \cong 40...50$, $T^*_{г\,max}$=1700...1900 K), степени двухконтурности до 8...12 в двигателях 5 поколения для гражданской авиации по сравнению с двигателями 4 поколения ($\pi_к \cong 30...40$, $T_{г\,max}$=1600...1700 K, m=4...6) уменьшило размерность газогенератора, определяемую по выходу из КВД в 2,5 - 3 раза [2]. Дальнейшее развитие авиационных двигателей приведет к еще большему снижению размерности газогенератора и обострению проблем, описанных выше.

Необходимость расширения экспериментальных исследований во всей области эксплуатации диктуется также тенденцией сокращения числа ступеней в турбокомпрессорной группе (повышения напорности в ступенях). Это связано с увеличением нестационарности течения в тракте двигателя, увеличением динамических напряжений, которые также зависят от высоты и скорости полета.

В связи с этим создание авиационного двигателя невозможно без наличия сложнейшей высотной экспериментальной базы, обеспечивающей исследования, доводку и сертификацию силовых установок в условиях, максимально приближенных к полетным во всей области эксплуатации. Такой базой в России являются стенды НИЦ ЦИАМ с имитацией полетных условий (термобарокамеры) для испытания натурных двигателей, узлов и газогенераторов в условиях воспроизведения заданных высот (H) и скоростей полета (или чисел Маха полета - M). В настоящее время экспериментальная база НИЦ ЦИАМ с энергетической мощностью установок более 650 МВт имеет 8 стендов для испытаний двигателей тягой до 25 тонн и максимальным расходом воздуха до 1200 кг/с в условиях до M_{max}=4, H=27 км. Кроме того, база имеет 50 стендов и установок для испытаний узлов и систем двигателей, а также более 100 стендов и установок для испытаний деталей и узлов на прочность (Рис. 10).

Мощная компрессорно-эксгаустерная станция обеспечивает термобарокамеру необходимым количеством воздуха с требуемыми величинами давления и температуры, соответствующими заданным значениями числа $M_п$ и $H_п$. Для обеспечения необходимой температуры торможения $T^*_{вх}$ применяются воздухоподогреватели и холодильно-осушительные станции.

База оснащена автоматизированной информационно-измерительной системой, обеспечивающей сбор и обработку данных на стационарных и переходных режимах, проверки готовности систем к проведению испытаний, виброконтроль, анализ газов, регистрацию быстропеременных процессов, видеонаблюдение за ходом проведения испытаний, управление стендовым оборудованием и т.п.

Важной методической задачей высотных стендовых доводочных испытаний авиационных ГТД является воспроизведение на стенде наиболее полной имитации полетных условий, при которых будет осуществляться эксплуатация двигателя на самолете. Это особенно важно в условиях современных тенденций интеграции двигателя с летательным аппаратом. Тем самым обеспечивается наиболее эффективная и быстрая доводка опытного двигате-

Рис. 10 Тураевский центр исследования авиационных двигателей

ля и силовой установки.

Рассчитывать на инновационное развитие авиадвигателестроения невозможно без коренного обновления экспериментальной базы головного НИИ авиадвигателестроения ЦИАМ им. П.И. Баранова. Она должна обеспечить не только расширение диапазона параметров в целях моделирования реальных условий эксплуатации (в том числе работы при обледенении, попадании ливня, града, посторонних предметов в тракт двигателя и др.) и повышения информативности эксперимента за счет применения современных автоматизированных информационно-измерительных систем для испытаний узлов, газогенератора и двигателя, но также исследование образцов, моделей и деталей на стадии отработки новых прорывных технологий и перспективного научного задела.

Испытания узлов, газогенератора и двигателя должны сопровождаться расчетными моделями и физическими исследованиями. Это требует совершенствования аппаратуры и методов измерения, автоматизации экспериментальных исследований, обработки результатов испытаний в темпе эксперимента. Это значительно повышает информативность эксперимента и обеспечивает интеграцию расчетных и экспериментальных исследований, позволяет минимизировать объемы, сроки и себестоимость испытаний двигателя.

Интеграция эксперимента и расчетных методов позволяет получать объективные экспериментальные данные о работе двигателя в условиях проведения испытаний, когда невозможно полностью имитировать полетные условия. Так, на двигателях большой степени двухконтурности (m > 7...8) с раздельными контурами - докритические перепады на соплах контуров. В двигателе типа ПД-14 с m = 8...9, например, при работе на H = 11 км с M = 0,8 происходит раскрутка каскада низкого давления на 10 % и существенный сдвиг рабочей линии по характеристике вентилятора (относительно рабочей линии при H = 0, M = 0). Это приводит к ухудшению КПД вентилятора и изменению прочностных и других эксплуатационных характеристик. И только испытания в термобарокамере в широком диапазоне эксплуатационных режимов позволяют оценить величины коэффициентов расхода по контурам, а следовательно - верно установить режимы работы двигателя. Необходимо учитывать также, что на режим работы двигателя влияет и внешнее обтекание сопел, зависящее от формы кормовой части мотогондолы, расположения силовой установки под крылом, угла атаки самолета и.т.п.

В этих условиях испытания двигателя большой степени двухконтурности с имитацией полетных условий возможно только на высотных стендах ЦИАМ и летающей лаборатории. Причём, испытания на летающей лаборатории существенно менее информативны из-за невозможности фиксирования большого количества параметров, и самое главное, невозможности определения с требуемой точностью важнейших эксплуатационных характеристик. Среди них - удельный расход топлива и тяга двигателя в крейсерских условиях полета. Это связано с тем, что невозможно точно измерить расход воздуха через двигатель, а малая степень сжатия в вентиляторе не позволяет с требуемой точностью определить КПД вентилятора по повышению температуры за ним. Но ведь именно он является основным источником тяги. Так, при $\pi_в$=1,5 измерение осредненного значения температуры за вентилятором даже с точностью в 1 % (что довольно трудно обеспечить при неравномерном поле) дает точность определения КПД ... 3 %.

При испытании двигателя на высотном стенде, удельный расход топлива с требуемой точностью можно определить"весовым" методом и тягу двигателя - измеряя усилия на динамоплатформе. Точно измеряются и расходы воздуха и топлива в двигателе при имитации полного давления и температуры на входе в двигатель и статического давления на выходе, соответствующих крейсерско-

Рис. 11 Различные специфические методы испытаний в НИЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

му режиму. Однако, трудности обеспечения внешнего обтекания сопел, соответствующего полетным условиям, вносят некоторые погрешности в режим работы двигателя, которые могут быть устранены поправкой по влиянию изменения пропускной способности в соплах за счет внешнего обтекания, полученных по математической модели двигателя с таким обтеканием. Естественно, что математическая модель двигателя должна быть верифицирована по испытаниям узлов, газогенератора и двигателя в широком диапазоне изменения параметров. Именно эксперимент, воспроизводящий условия работы конструкции в процессе эксплуатации, является единственным способом верификации расчетных моделей высокого уровня.

Модернизация экспериментальной базы, оснащение её современным научным оборудованием и привлечение к работе молодых талантливых людей, что так необходимы для инновационного развитие авиадвигателестроения, требуют существенного увеличения финансирования исследовательских экспериментальных работ. С целью развития уникальной экспериментальной базы ЦИАМ им. П.И. Баранова в рамках государственного контракта был проведён анализ состава, состояния и соответствия испытательной базы ЦИАМ требованиям по обеспечению экспериментальной отработки авиационных двигателей нового поколения. На основе этого анализа разработан проект комплексной программы перспективного развития экспериментальной базы ЦИАМ до 2025 года. В этом проекте 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 обработки прорывных технологических решений. Дано обоснование ресурсного обеспечения мероприятий проекта Программы и механизмы ее реализации. Разработанный проект полностью скоординирован с Госпрограммой "Развитие авиационной промышленности России". Для воплощения в жизнь последней необходима и реализация программы перспективного развития экспериментальной базы ЦИАМ.

Развитие исследовательской базы ЦИАМ в рамках разрабатываемого сейчас "Национального плана развития авиационной науки и технологий" - непременное условие инновационного развития отечественного авиационного двигателестроения. Отмечая основополагающую роль экспериментальных исследований при создании перспективных двигателей, необходимо:

- реализовать программу реконструкции и модернизации экспериментальный исследовательской базы отрасли с целью обеспечения возможности проведения испытаний двигателей 5-го и 6-го поколений, в том числе гиперзвуковых;
- провести обновление нормативно-технической документации по созданию авиационных двигателей с учетом современного опыта и ожидаемой перспективы развития силовых установок, в том числе интегрируемых с летательным аппаратом, в которой закрепить обязательность проведения испытаний двигателей и их узлов при демонстрации технологической готовности к созданию опытного двигателя и при зачетных Сертификационных и Государственных испытаниях в наиболее напряженных условиях полета на стендах ЦИАМ с выдачей по ним независимых экспертных заключений, а также экспертизу работ, проведенных ОКБ по Государственным контрактам;
- обеспечить существенное увеличение государственного финансирования уникальной стендовой базы НИЦ ЦИАМ на поддержание ее в исправном и работоспособном состоянии;
- в целях повышения эффективности использования 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 базой и отработать первоочередные мероприятия по обеспечению коллективного пользования экспериментально-исследовательскими базами авиадвигателестроения и агрегатостроения.

Реализация всего перечисленного позволит сохранить уровень испытательной базы НИЦ ЦИАМ вровень с наилучшими мировыми исследовательскими центрами. Модернизированная испытательная база позволит, как это было и ранее, использовать её для работы с объектами других областей промышленности.

Внедрение в практику этих предложений позволит обеспечить опережающее развитие российского авиационного двигателестроения и, как следствие, утвердит базу для сохранения за Россией статуса мировой авиационной державы.

Литература:

1. Работа ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей. Под ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. ЦИАМ М. 2004 г.
2. Развитие авиационных ГТД и создание уникальных технологий. В.И. Бабкин, М.М. Цховребов, В.И. Солонин, А.И. Ланшин. Научно-технический журнал "Двигатель"№ 2 2013 г.
3. National Plan for Aeronautics Research and Development and Related Infrastructure. Aeronautics Science and Technology Subcommittee, Committeeon Technology, National Science and Technology Council, February 2010.
4. Работа ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор). Под ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. ЦИАМ М.2010
5. ОСТ 102501-84."Газотурбинные двигатели для летательных аппаратов. Порядок выполнения работ на стадии разработки".
6. Положение по методологии создания авиационных газотурбинных двигателей гражданского назначения ЦИАМ. 2010 г. (083): 001.
7. РДК "Обязательные виды и объемы испытаний узловавиационных ГТД на стадии их разработки". ЦИАМ, 1987 г.
8. Положение по методологии создания АД ВН. ЦИАМ, 2007 г.
9. Руководство по порядку создания и типовым методикам испытаний узлов перспективных двигателей. ЦИАМ, 2009 г.
10. Положение по проведению испытаний опытных авиационных двигателей на высотных и климатических стендах ЦИАМ. (Виды и объемы испытаний) ЦИАМ, 1991 г.
11. РТМ 300-01-2001. "Двигатели газотурбинные авиационные. Типовая номенклатура специальных стендовых испытаний экспериментальных газогенераторов и демонстрационных двигателей-прототипов". ЦИАМ, 2007 г.
12. Характеристики и эксплуатационные свойства авиационных турбореактивных двигателей. Ю.А. Литвинов, В.О. Боровик, Москва, 1980 г.
13. Влияние изменения давления при входе в двигатель на характеристики ГТД и их элементов. В.О. Боровик, Б.Ш. Ланда. Труды ЦИАМ № 1122, 1985 г.
14. Bartlett C.R., Turner E.E. Performance evaluation methods for the high-bypass ratio turbofan. AIAA Paper 1973. #75-1206, p.8
15. Численное моделирование процессов изменения теплового и термонапряженного состояния и кинетики зазоров в турбине ГТД на нестационарных режимах. Х.Х. Азметов, Я.С. Булчинский, Ю.М. Темис, С.В. Харьковский. Вопр. авиац. науки и техники. Сер.: Авиац. Двигателестроение. Вып.1 (1320), ЦИАМ, 2001. С. 51 61.

Рис. 12 Исследуемый двигатель на стенде в Тураево

ИНТЕГРАЦИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗНАНИЙ В КАЧЕСТВЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анатолий Алексеевич Сперанский, вице-президент Российской инженерной академии, директор Института наукоемких инженерных технологий, руководитель рабочей группы председателя Коллегии ВПК
Александр Александрович Михеев, генеральный директор АО "Вертолеты России", член коллегии Госкорпорации "Ростех"
Геннадий Геннадьевич Михайлов, председатель Попечительского совета Научно-производственного технологического консорциума "Интро-ВИТ"

"...на протяжении всей истории человечества нашу судьбу определяло владение инструментами наблюдения ", японский физик Мичио Каку, "ФИЗИКА БУДУЩЕГО"

Интеграция фундаментальных междисциплинарных знаний на примере опережающих технологических решений Волновой информационной технологии позволила научно обосновать и методически обеспечить системный подход и технологическое превосходство в перспективных межвидовых исследованиях при создании креативного универсального инструментария достоверного наблюдения, адекватного анализа и эффективного управления созданием и эксплуатацией надежной и боеспособной техники. Подход обеспечивает импортонезависимость, конкурентоспособность и устойчивое лидерство на рынке IT техногенно-технологической безопасности во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает высокой социальной, экономической и экологической значимостью для устойчивого развития Общества.

Ключевые слова: ***междисциплинарные знания, перспективные межвидовые исследования, инструменты наблюдения, технологическое лидерство, импортонезависимость, конкурентоспособность, устойчивое развитие общества.***

НОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЙ

Оборонные исследования ведущих промышленно развитых стран ориентированы на прорывные критические технологии обеспечения безопасности государства. Страны второго и третьего мира довольствуются совершенствованием традиционных платформ вооружений и безопасности. Оба пути решения проблемы безопасности стран предполагают надежную эксплуатацию создаваемых вооружений, обеспечивая их техногенно-технологическую безопасность на всех этапах жизненного цикла в соответствии с Тактико-техническими требованиями и характеристиками (ТТТ/ ТТХ). Поменяв местами задачу (опережающие технологии вооружений) и цель (безопасность государства), приходим к однозначному выводу: решение проблемы безопасности государства достигается прорывным технологическим уровнем вооружений, важнейшими компонентами которого являются технологическая безопасность создания и техногенная безопасность эксплуатации.

В условиях жестких санкций инвестиционно-финансово-технологической блокады Запада и не полностью решенной проблемы импортонезависимости, для Российской Федерации чрезвычайно большое значение имеет научно-технологическое превосходство в системных областях знаний. Как отмечено в аналитических материалах российского Фонда перспективных исследований (ФПИ), *"...если Россия упустит время, последствия могут оказаться тяжелыми: отставание в оборонных отраслях придется наверстывать десятилетиями, а качественные изменения могут обеспечить противнику подавляющее превосходство в боеспособности и, как следствие, подорвать возможности Вооруженных сил России по защите суверенитета и целостности страны, жизни и свободы ее граждан".*

Применительно к гражданским объектам новой техники ***инструментом обеспечения надежности и безопасности эксплуатации являются мониторинг и диагностика состояний*** в реальном времени, а применительно к вооружениям ***инструментом обеспечения боеготовности и боеспособности является непрерывная экспертиза соответствия ТТХ***. Надежная исправная эксплуатация вооружений является ключевым фактором решения проблемы боеготовности, обеспечивая непрерывное соответствие ТТХ и подавляющее превосходство в боеспособности. На рис. 1 представлено тождественное соответствие инструментов наблюдения состояний в инженерной тактике и оборонной стратегии. Важно отметить функциональное соответствие на верхнем уровне и полное тождественное целевое соответствие нижнего уровня. Из структурного соответствия следует, что боеготовность и боеспособность вооружений в своей первооснове инструментально обеспечиваются методами мониторинга и диагностики состояний.

Экспертиза соответствия (ЭС) ТТХ как научно обоснованный модельный метод и информационная технология высокого уровня может быть эффективно реализована только в полном жизненном цикле, начиная с постановки научно-технической задачи путем

Рис. 1 Инженерная тактика и оборонная стратегия наблюдений

формирования ***обоснования*** Технических требований и согласованного Технического задания на разработку образца новой техники. ***Выполнению ТТХ*** посвящены этапы создания проектной модели, конструирования и технологической подготовки производства экспериментального образца. ***Соответствие ТТХ*** обеспечивается на этапах изготовления, испытаний, доводки и сертификации образца в соответствии с действующими регламентами. Центральную роль метод ***Экспертизы соответствия ТТХ*** (ЭС ТТХ) играет на этапе научного сопровождения эксплуатации серийных изделий созданного и сданного на вооружения вида (рис. 2).

Рис. 2 Замкнутый цикл экспертизы соответствия ТТХ

Экспертиза соответствия ТТХ реализуется в виде универсального комплекса междисциплинарных задач ***достоверного наблюдения и контроля*** текущих эксплуатационных состояний силовых агрегатов и конструкций полного спектра видов вооружений, адекватной природному синтезу виртуальной ***реконструкции гомеостаза*** процессов, режимов и состояний, системной ***диагностической экспертизы*** трендов их отклонений от заданных ТТХ и кибернетической ***оптимизации управления рисками*** принятия решений в процессе выполнения боевых задач. Первый кластер комплекса ЭС ТТХ успешно реализуется в приложениях путем интеграции опережающих технологических решений Волновой информационной технологий (ВИТ). Второй кластер комплекса ЭС ТТХ разработан структурно с опорой на методы ***проектного моделирования,*** динамического ***прогноза гомеостаза***, интеллектуальных регламентов ***принятия решений*** и предназначен для управления соответствием ТТХ путем интеграции опережающих технологических решений Гомеостатического анализа состояний (ГАС). Реализация второго кластера комплекса ЭС ТТХ является началом перехода ***от экспертизы соответствия ТТХ к поддержанию соответствия ТТХ***, что равноценно задаче адаптивного управления ТТХ вооружения (рис. 3).Предложен принципиально новый системный взгляд на обеспечение боеспособности всех видов вооружений через ***формирование*** при создании и поддержание в процессе эксплуатации тактико-технических характеристик механических объектов и систем. Задача амбициозная, но в случае её реализации возможен существенный технологический прорыв.

Универсальной и системной основой наблюдения штатных и критических эксплуатационных состояний перспективных межвидовых разработок являются интегрированные междисциплинарные решения Волновой информационной технологии. Научная идея ВИТ состоит в ***исследовании перспективных опережающих технологических решений оценки текущего эксплуатационного и прогнозного состояний ресурса конструкционной прочности силовых агрегатов и конструкций для разработки межвидовых приложений ВИТ в авиационно-космических, морских, сухопутных и других системах вооружений и оборонной инфраструктуре Вооруженных сил (ВС). Цель научной идеи состоит в исследовании фундаментальных основ квантово-волновых процессов напряженно-деформированных состояний конструкционных материалов и объектов механических систем для разработки прикладных методов достоверной экспертизы текущих эксплуатационных состояний и импортонезависимых технологических решений опережающего научно-технического уровня, обеспечивающих высокую боеготовность, конкурентоспособность и соответствие систем вооружений перспективным ТТХ***.

АКТУАЛЬНОСТЬ РЕШАЕМОЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ

Знаковые катастрофы более тридцати лет убедительно демонстрируют, что технологическая революция XX века настолько интенсифицировала масштабы конкуренции, что жертвами промышленного развития общества стали сам человек и среда его обитания. Нарушение технологических регламентов на Чернобыльской АЭС, атомной подлодке "Курск", Каширской ГРЭС, пожар на Останкинской телебашне, саморазрушение аквапарков и складов боеприпасов, серия неудачных запусков ракет и космических аппаратов - звенья одной цепи. Существенно участились аварии с массовым тяжелым исходом в авиации, наземном и морском транспорте. Апофеозом стало несоблюдение технологической дисциплины на Саяно-Шушенской ГЭС, нефтеплатформе British Petroleum и АЭС "Фукусима". Приведённая на рис. 4 информация свидетельствует о деградации системы технологического надзора за критически важными для жизнедеятельности человека гражданскими и военными инженерными объектами.

Объективно сложившееся в форме жесткой конкуренции активное противостояние вооружений постоянно ускоряет воспроизводство уникальных инновационных достижений в виде сложных инженерно-технических объектов и систем, которые вследствие дефицита временных, финансовых, материальных и технологических ресурсов несут потенциальные технопатогенные угрозы, связанные с их непредсказуемым функционированием. В обществе ***не решена проблема научного изучения факторов и причин опасных эксплуатационных режимов и состояний, оперативной диагностики, формирования прогноза, предупреждения и предотвращения потерь***. Проблемы техногенных и экотехнологических опасностей имеют глобальный системный характер, а их последствия

Рис. 3 Переход от экспертизы к поддержанию соответствия ТТХ

Рис. 4 Мировая статистика потерь от чрезвычайных ситуаций

наносят неисчислимые бедствия, материальные, финансовые, экологические и людские потери. ***В сфере обороны*** указанные проблемы ведут к ***несоответствию ТТХ, снижению и потере боеспособности вооружений и инфраструктуры выполнения боевых задач. Оборонные технологии индустриальных стран отражают достигнутый уровень фундаментальных научных исследований***, которые имеют своей целью реализацию их прикладных возможностей в опережающих инновационно-технологических решениях.

Предлагаемое решение проблемы опирается на фундаментальные научные знания классической механики упругих систем, системный комплекс опережающих технологических решений Волнового мониторинга состояний и траекторный спектральный анализ текущих напряженно-деформированных состояний (НДС), комплексно образующих ВИТ. Подход основан на ***достоверном понимании физических процессов природного синтеза, адекватном ему научном анализе текущих состояний и эффективном управлении потенциально опасными объектами***, обеспечивающими национальную безопасность.

Наблюдение состояний как ***направление исследований основано на повышении мерности измерений, многопараметрическом анализе текущих состояний и прогнозе неисправностей на ранней стадии их зарождения, что соответствует современным трендам развития науки, техники и технологий***. По мнению ведущих ученых РАН, *"...**глобальный экотехнологический мониторинг может стать транснациональной сверхзадачей**. По масштабу и важности она сравнима с разработкой стратегических вооружений и космическими программами, от которых в своё время зависело будущее великих держав..."*.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ВОЛНОВОЙ W-КЛАСТЕР

В рамках инициативных межвидовых оборонных исследований решается тематически связанный комплекс междисциплинарных задач:

I. Создание инструментальных средств 3D-измерения волновых параметров (приемников) линейных механических колебаний (ЛМК) (рис. 5 и 6).

II. Создание инструментального средства (АПК) траекторной 4D-реконструкции диагностических параметров волновых измерений ЛМК (рис. 7 и 8).

III. Создание инструментального средства (АПК) 4D-реконструкции спектральных портретов физических (напряженно-деформированных) состояний механических полей в измерительной точке (ИТ) (рис. 9 и 10).

IV. Создание инструментального средства многопараметрической реконструкции и отображения (визуализации) LT-состояний (рис. 11).

V. Научно-технологическое обеспечение комплекса фундаментальных исследований волновых процессов, режимов и состояний

Рис. 5 3D-приемник ЛМК /РФ

Рис. 6 Приемник (3 x 1D- + 2 x 1D-)/EU

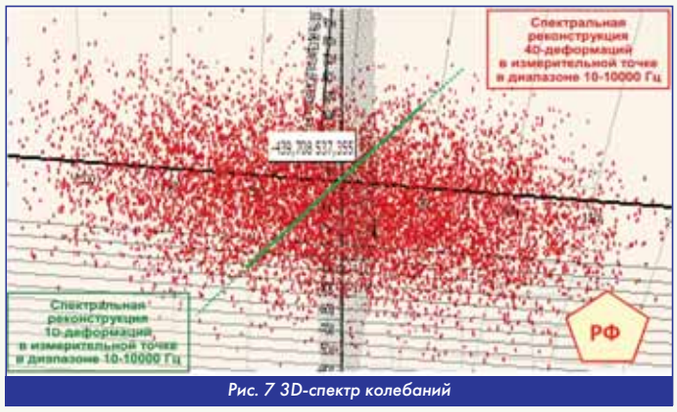


Рис. 7 3D-спектр колебаний

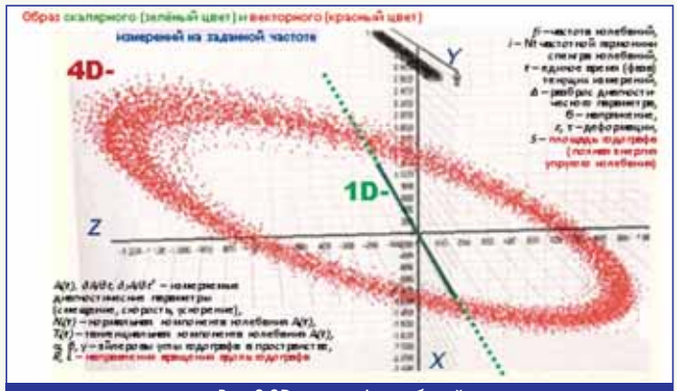


Рис. 8 3D-годограф колебаний

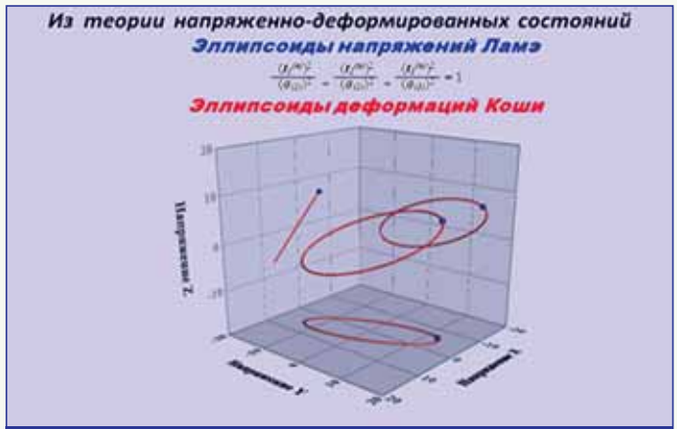


Рис. 9 4D-эллиптический годограф

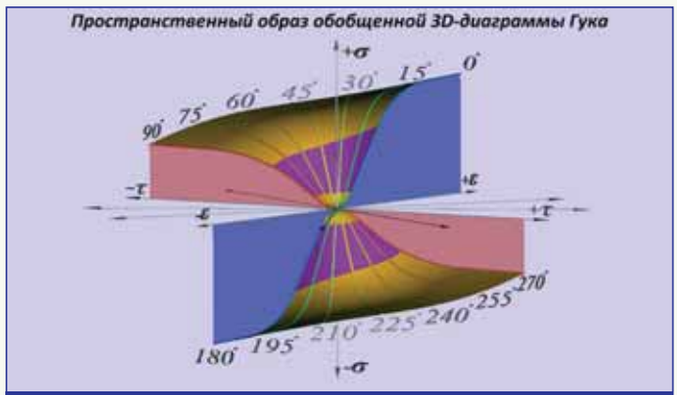


Рис. 10 Диаграмма закона Гука-Пуассона

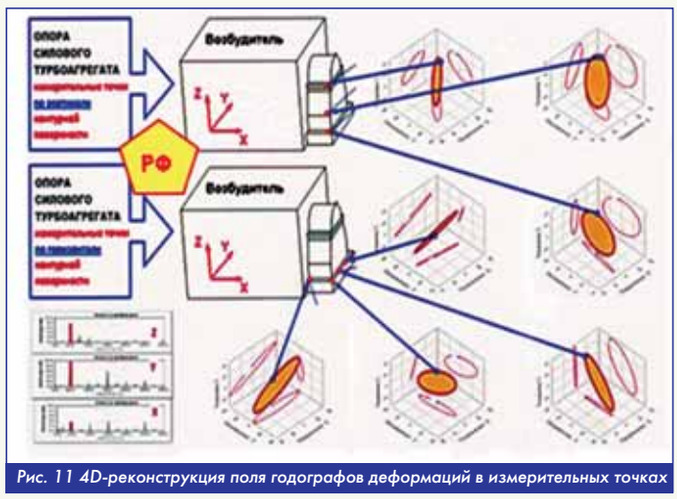


Рис. 11 4D-реконструкция поля годографов деформаций в измерительных точках

конструкционных материалов и изделий из них с применением инновационных инструментальных средств и методов кластера (рис. 12).

VI. Проведение перспективных фундаментальных и прикладных межвидовых исследований процессов, режимов и состояний конструкционных материалов и изделий из них с применением инструментальных средств и методов кластера (рис. 13).

VII. Научно-технологическое обеспечение фундаментальных и прикладных исследований эксплуатационных состояний, текущего ресурса и прогнозного тренда конструкционной прочности с применением инновационных инструментальных средств и методов гомеостатического анализа состояний (ГАС). Усилия сконцентрированы на уникальном с точки зрения безопасности эксплуатации объекте - вертолете, в конструкции которого как нигде собраны все виды механики: теоретическая механика силовых машин и механизмов, строительная механика силовых конструкций и аэромеханика воздушных винтов (рис. 14).

VIII. Технологическая перспектива - Модельная стратегия технологического лидерства.

Междисциплинарные возможности универсальных межвидовых приложений фундаментальной научной идеи Волнового (Wave) кластера "ВИТ на основе ВМС" (далее W-кластер) выходят за пределы поставленной в исследованиях цели и могут стать пилотным информационно-метрологическим проектом системной экспертизы техногенеза интеллектуальных решений VI технологического уклада.

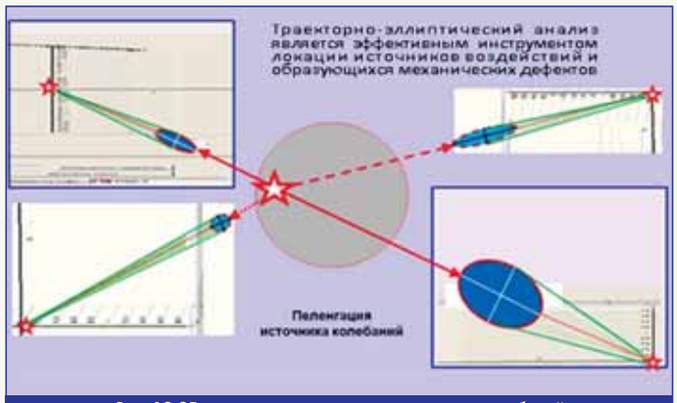


Рис. 12 3D-локация источника механических колебаний

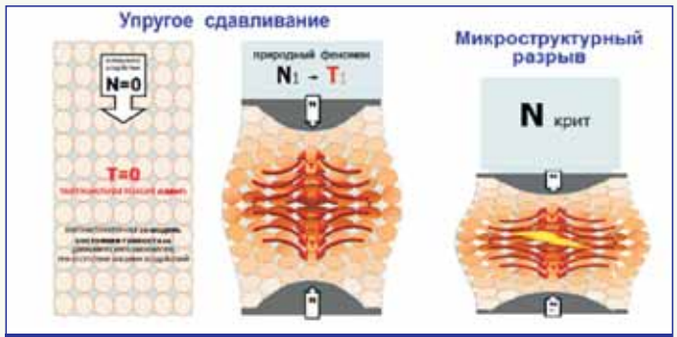


Рис. 13 Тензорное энергетическое преобразование состояния (НДС)

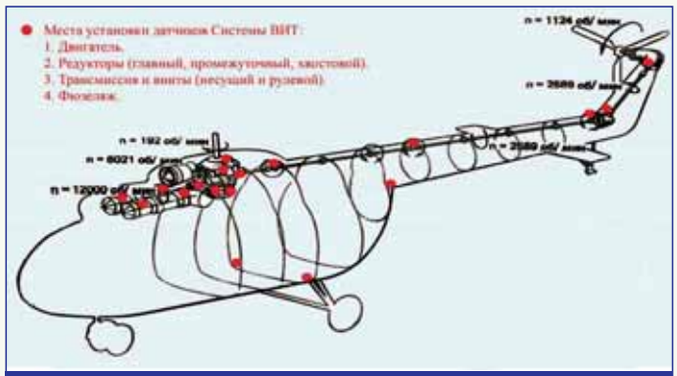


Рис. 14 Мультифизичная полидинамическая система мониторинга вертолета

ВАЖНОСТЬ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ ВОЛНОВЫМ ИНСТРУМЕНТАРИЕМ

Приводятся подтвержденные в многочисленных научно-исследовательских приложениях прорывные информационно-диагностические возможности W-кластера:

1. Системное внедрение опережающих технологических решений W-кластера эффективно снимает фундаментальную научно-технологическую ***проблему достоверности наблюдения текущих ресурсных состояний*** потенциально опасных объектов механических систем (ОМС). W-кластер решает эту глобальную проблему механики упругих систем адекватно её природному синтезу. Волновой мониторинг текущих состояний ОМС является эффективным инструментом надзора за эксплуатационной безопасностью:

а) обнаружения в конструкционных материалах микроструктурных ***дефектов на ранней стадии их зарождения***, независимо от причины;

б) своевременного ***прогнозного предупреждения о техногенной и экотехнологической опасности***;

в) ***предотвращения аварийных состояний, техногенных и технологических катастроф*** во всех сферах жизнедеятельности человека, особенно в оборонно- промышленном комплексе с характерными для него высокотехнологичными опережающими решениями.

2. Приведенные технологические возможности W-кластера существенно повышают прогнозно-диагностические перспективы ***безопасной эксплуатации, надежности и, следовательно, боеготовности*** вооружений и оборонной инфраструктуры ВС в целом. Перевод эксплуатации с регламентов на непрерывный контроль и ***наблюдение текущего состояния является главным технологическим вектором и дает существенный экономический эффект в оборонной и индустриальных сферах жизнедеятельности***.

3. Задачи W-кластера решают проблему ***эффективности Федеральной системы мониторинга инфраструктуры*** (ФСМ КВО и ОГ), которая до настоящего времени обеспечивает "Глонасс" усеченной субъективной информацией о состоянии опасных объектов, начиная с уровня дежурных диспетчеров районных служб МЧС. W-кластер реализует эффективный и достоверный автоматизированный мониторинг фактического ресурсного эксплуатационного состояния всех опасных объектов в реальном времени.

4. Отсутствие эффективных автоматизированных систем мониторинга на опасных объектах наносит ***значительный материальный и социальный ущерб экономике и безопасности страны***. Например, технологическая халатность и безответственность на Саяно-Шушенской ГЭС, без учета потенциальной экологической угрозы случившегося, оценивается прессой в размере около 80 млрд рублей. А стоимость современной АС эффективного мониторинга агрегатов ГЭС оценивается в 0,03 % от понесенного ущерба.

5. Мобильная диагностика текущих эксплуатационных состояний опасных ОМС является ***главным мировым научно-технологическим трендом в области техногенной и экотехнологической безопасности***. Актуальным решением международного сообщества является введенный в действие 19-й протокол ИКАО, обязывающий правительства всех стран обеспечить гарантированный контроль безопасного текущего эксплуатационного состояния воздушных судов в полете. Протокол ***запрещает эксплуатацию судов, не оснащенных системой текущего мониторинга***, и является основанием ограничения экспорта и импорта таких ВС. Россия в явном виде попадает под указанные ограничения в области авиационной, прежде всего, вертолетной техники. Интересно, что к 1 июля 2015 года завершена госпрограмма оснащения системой HUMS всех боевых вертолетов США.

6. Лидерами мирового рынка систем мониторинга безопасности являются компания Honeywell (технология HUMS в авиации) и компания Hewlett-Packard (технология MEMS в строительстве). Отечественный комплекс технологий W-кластера ***в сравнении с лидерами обладает системным набором опережающих технологических решений*** и получил высокую оценку индустриальных исследовательских приложений в авиации, энергетике и строительстве в виде положительных отзывов руководителей ряда федеральных научных

центров и проблемных научных советов - академиков РАН.

Принципиальным достоинством W-кластера является практически реализованная разработчиками ***адекватность мерности пространственно-временных измерений и траекторного анализа текущих состояний*** природного синтеза объектов наблюдений.

7. W-кластер реализует ***принципиально новую доктрину объективных (достоверных) знаний*** о природных закономерностях, процессах и состояниях, основанную на соответствии (адекватности) метрологической информативности анализа и физической информативности (или мерности) наблюдаемого природного синтеза. Реализация новой доктрины, теоретически обоснованная еще в XVII-XX веках основоположниками классической механики (И. Ньютон, Л. Эйлер и др.), пространственной акустики (А.Н. Крылов) и теории систем (А.М. Ляпунов и др.), объективно стала возможной только с изобретением в России в XXI веке векторных 3D-приемников связанных механических колебаний и созданием гиперскоростных сетецентрических вычислительных технологий.

8. Опережающие технологические решения W-кластера, вследствие своей фундаментальности научных подходов и технологической универсальности приложений, наиболее эффективно решают проблемы безопасной эксплуатации и, следовательно, ***надежного соответствия ТТХ*** (функциональному предназначению) объектов механических систем, как военного, так и гражданского применения.

9. Перспектива развития волновых методов наблюдения пока ограничена направлениями:

- ***повышение мерности*** и ***применение новых физических принципов*** наблюдения состояний;
- совершенствование ***сетецентрических моделей наблюдения и управления*** объектами;
- углубление понимания ***физических моделей*** наблюдаемых процессов, явлений, состояний;
- исследование ***бифуркационных и квантово-волновых процессов*** в материалах;
- новые методы текущего диагностического анализа, ***экспертизы и прогноза состояний***;
- киберметоды ***модельного проектного управления*** созданием и эксплуатацией;
- самоорганизующиеся ***интеллектуальные системы поддержания соответствия ТТХ***.

10. Чрезвычайно высокая чувствительность траекторного анализа измерений текущих напряженно-деформированных состояний является ***природным феноменом*** и уникальным своей перспективностью диагностическим признаком квантово-волновых ***бифуркационных процессов*** в конструкционных материалах на микроструктурном уровне, что ***соответствует высокому научному уровню VI технологического уклада*** и подлежит глубокому фундаментально-прикладному исследованию.

11. Результаты W-кластера, частично реализованные в исследовательских испытаниях теплоэнергетической и авиационной техники, имеют системный междисциплинарный и межотраслевой характер. Достоинством оборонных приложений W-кластера является высокий научно-технический уровень опережающих технологических решений, ***межвидовость применений и аппаратно-программная универсальность***, соответствующая перспективным требованиям военных регламентов к комплексам бортового оборудования (КБО) интегрированной модульной авионики (ИМА).

12. W-кластер эффективно обеспечивает безопасность и функциональную надежность в приоритетных инженерных направлениях жизнедеятельности общества: общее и тяжелое ***машиностроение***, ракетная и авиационно-космическая ***техника***, БПЛА; морской, железнодорожный и автобронетанковый ***транспорт***, тепловая, атомная и гидро***энергетика***; добыча и транспортировка топлива, промышленное, гражданское и военное ***строительство***, ***техническое регулирование*** и метрология, ***материаловедение***, мехобработка и ***дефектоскопия***, фундаментальные и прикладные ***научные исследования*** в области механики сплошных сред, ***акустика и гидроакустика***, механическая локация и ***сейсмогеодинамика.*** Экономический эффект и ***значимость приложений W-кластера состоит в существенном повышении достоверности и информативности*** многопараметрических диагностических показателей наблюдений.

Эффективные инструменты мониторинга текущих состояний инженерных объектов выполняют чрезвычайно важную приоритетную функцию обеспечения ***безопасности государства, боеготовности ВС***, высокого НТУ создания ***новых классов конкурентоспособных импортонезависимых вооружений и средств обеспечения боевых действий***, продукции специального и двойного назначения.

МИРОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЙ

Научный интерес к решению проблем безопасной эксплуатации технических систем сложился в 70-е годы XX века. Ведущие мировые университеты (The University of Michigan Laboratory for Intelligent Structural Technology; Los Alamos National Laboratory, Engineering Institute; Department of Civil and Environmental Engineering, Vanderbilt University Nashville / USA; Lulea University / Sweden; Campbell Scientific, Digitexx / USA, Structural Vibration Solutions A/S / DM, Oxford University, HGL-Dinamycs / GB и другие лидеры IT-кластера) объединились для решения указанной проблемы в форме интеллектуального клуба ***Structural Health Monitoring*** (SHM). Произошел поворот ***от "измерения вибрации" к "мониторингу состояний"***. Под мониторингом состояния ("здоровья") понимается процесс идентификации деформаций аэрокосмических, гражданских и промышленных инженерных сооружений. Техническое развитие методов SHM в основном связывают с ***миниатюризацией сенсорных систем*** и применением MEMS-технологий, использованием ***современных технологий беспроводной связи*** и снижением стоимости цифровых вычислительных аппаратных средств; все это способствует ***снижению стоимости систем мониторинга состояния*** инженерных сооружений в целом. В зарубежной авиационной промышленности похожие разработки нашли решающее диагностическое применение в исследованиях и стендовых испытаниях по основным объектам: - авиадвигатели, узлы, агрегаты и элементы конструкций.

Одним из эффективных приложений SHM стали современные системы контроля и оценки технического состояния конструкций, узлов и агрегатов вертолетов. Авиационные приложения SHM под названием HUMS (***Health & Usage Monitoring Systems***) создавались в Великобритании более 30 лет в качестве "...***систем контроля за уровнем вибраций для наглядной индикации приближения опасности отказа и предоставления информации о состоянии узлов и агрегатов с возможностью раннего обнаружения дефекта***". Сухопутные войска США приступили к оценке HUMS на своих вертолетах Black Hawk в 2001 году вслед за вертолетами ВМС США SH-60 и КМП CH-53E Super Stallion.

Впервые вертолёты с HUMS приняли участие в боевых действиях в 2003 году в ходе иракской кампании, когда интегрированные системы фирмы Goodrich Corp. были установлены на 20 вертолетах UH-60 Black Hawk. "... ***за 12 месяцев подразделение, в котором эксплуатировались вертолеты UH-60, оснащенные HUMS, установило рекорд по налету. Статистика впечатляет: установка системы позволила сэкономить до $45 млн на техническое обслуживание (материально-технические средства и трудозатраты) и летную эксплуатацию***". На конференции Heli-Power & Police Aviation в 2008 году были обнародованы следующие цифры: "...***установка систем позволила сэкономить 130 тыс. человекочасов, выполнить на 27 % больше задач при уровне исправности техники около 89 %***". По публикациям, в настоящее время около 300 вертолетов UH-60 и AH-64 оснащены системами HUMS. В конечном итоге все вертолеты - от Kiowa Warrior до Chinook - будут оборудованы HUMS. Этот план лишь часть большой программы Сухопутных войск США по переходу к эксплуатации по техническому состоянию (ЭТС) "... ***с целью повышения боевой готовности и сокращения расходов на эксплуатацию за счет улучшения качества диагностирования, повышения точности прогнозирования ос-***

татка срока службы узла или агрегата, формирования поставок по реальной необходимости с постепенным переходом "... ***с промышленного этапа на этап информационный***".

Ключевым элементом современной HUMS является программное обеспечение (ПО), которое занимается поиском функциональных отклонений для раннего обнаружения и предупреждения отказа. С другой стороны, они могут выдавать и ложную информацию (ложное срабатывание), что может привести к техобслуживанию и ремонту (ТОиР), в которых нет необходимости, и соответственно к увеличению расходов. "***Сегодня ПО HUMS достигло такого уровня, когда производители заявляют об уровне надежности (достоверности) около 70 %, а с учетом анализа данных - до 85 %***". Эксплуатанты большого парка вертолетов могут получить преимущества "библиотеки отказов" в качестве руководства к их предупреждению. "... *США выпустили технические требования к будущей системе для установки на весь парк Kiowa Warrior. Система массой около 8 кг должна быть взаимосвязана с интерфейсом и взаимодействовать с существующей и будущей системой ТОиР Сухопутных войск. Предполагается, что HUMS будет контролировать 29 агрегатов, в том числе 11 подшипников. Система* ***позволит снизить количество невыполнения (срыва) заданий и повысит качество диагностирования и прогнозирования состояния*** *парка с учетом возраста вертолетов*". В 2015 году армия США завершила оснащение системой контроля текущего технического состояния весь парк в количестве 3300 вертолетов.

Системное применение технологии SHM при мониторинге агрегатов и конструкций самолетов позволяет обнаруживать 24 вида характерных дефектов с вероятностью ~50 % в двадцати наиболее вероятных местах проявления дефектов. Эффект поразительный, но имеет ***45-летнюю историю вхождения в наукоемкую информационную отрасль***. Чтобы понимать серьезность отношения наших технологических оппонентов к проблеме безопасной эксплуатации, интересен один опубликованный в Интернете факт: на исследования, разработку и промышленное освоение технологической линейки MEMS-сенсоров Пентагон выделил компании Hewlett-Packard $53 млрд. Технологический успех был анонсирован журналом Forbes в 2010 г. При этом, интерес лидеров мирового рынка IT (например, Hewlett Packard, Siemens, Alstom, ABB, BP, Goodrich Corp., Mitsubishi, Honeywell, National Instruments и др.), успешно работающих в области экотехнологической безопасности строительства, машиностроения, энергетики, транспорта, а также международного научного сообщества к области деятельности SHM ***заметно увеличивается с каждым годом*** (рис. 15).

Научные подходы к реализации идей SHM опираются на следующие принципы:

а) принято повышать мерность измерений путем использования значительного количества скалярных 1D-сенсоров, от 1 до 6 в области каждой ИТ объекта мониторинга;

б) используются в качестве базовых скалярные 1D-сенсоры, как правило, измеряющие усредненные за период амплитуды колебаний, не являющихся компонентами вектора;

в) усредненные измерения (СКЗ) не имеет смысла привязывать к текущему времени, поэтому они анализируются в сравнении с усредненной статистической величиной (уставкой);

г) система SHM принципиально ориентирована на статистический или персональный анализ каждой измеряемой компоненты без реконструкции траекторий годографа V(t);

д) базовые скалярные 1D-сенсоры размещаются в направлении координатных осей объекта, при этом, как правило, не имеют общей ИТ пересечения осей 1D-сенсоров; но даже при её наличии, она принципиально не может находиться на контурной поверхности объекта;

е) как следует из патентного обзора, ни в одном из запатентованных датчиков не ставятся задачи:

- связанности временем (синхронности компонентов измеряемых колебаний),

- совмещения ИТ датчика с ИТ объекта мониторинга,

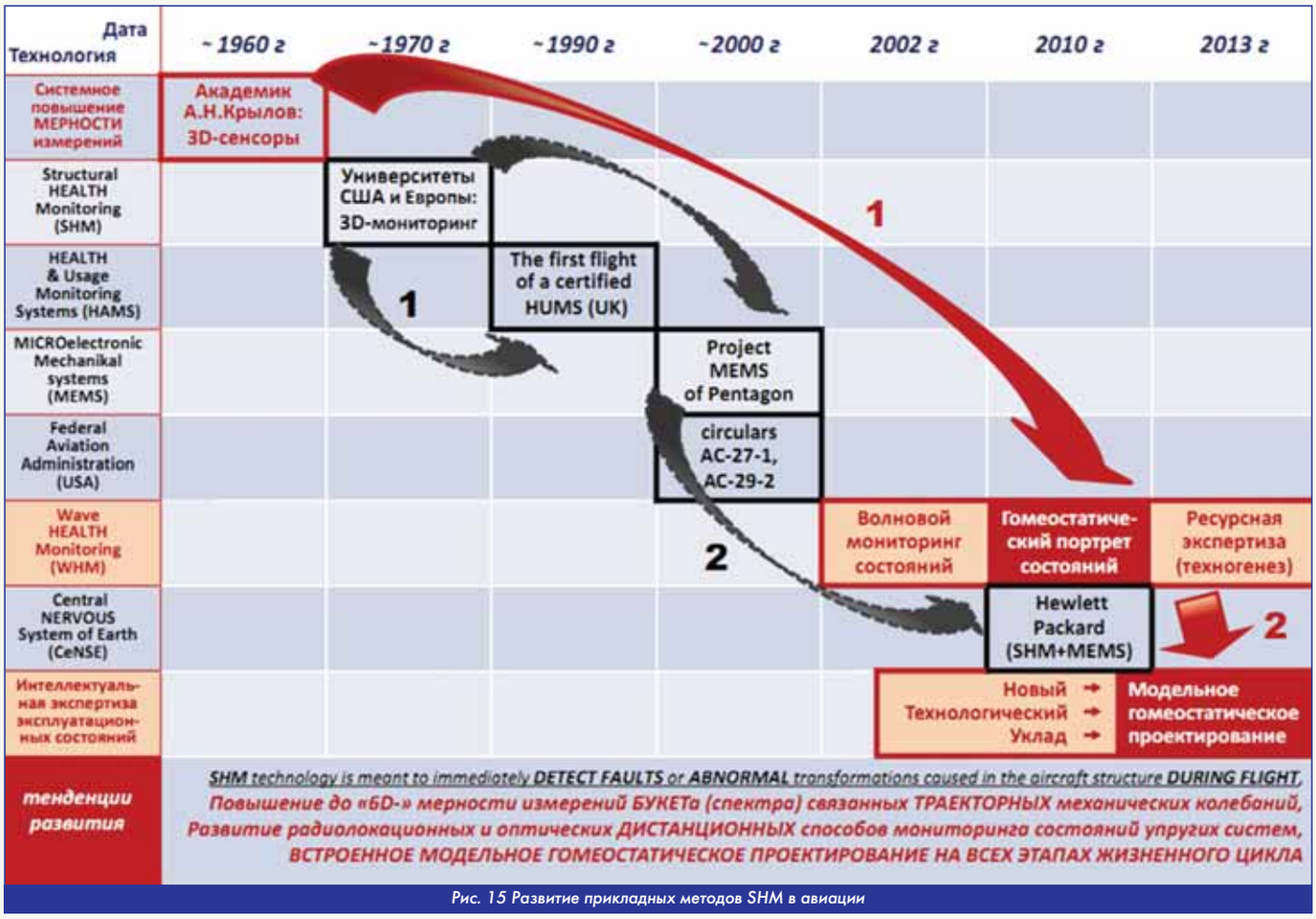


Рис. 15 Развитие прикладных методов SHM в авиации

- синхронной передачи волны из ИТ объекта к чувствительным элементам датчика,

- однотипности преобразования колебаний всеми датчиками,

- пересечения измерительных осей датчиков в общей ИТ объекта,

- пространственно-временной реконструкции мгновенного вектора ЛМК;

ж) математически доказано, что по трем ортогональным компонентам усредненных измерений принципиально невозможно построить текущий пространственный вектор наблюдаемого гармонического процесса, что лишает СКЗ-измерения достоверности;

з) при измерении мгновенных амплитудных значений 1D-сенсорами, независимо от их количества (Hewlett Packard), анализ колебательного процесса анализируется персонально экспертом по каждому каналу (компоненте) отдельно;

и) в случае применения адаптеров, предназначенных для крепления множества скалярных сенсоров (от 3-х до 6-и), их общая ИТ, находящаяся в теле адаптера (Snecma), принципиально не совпадает с ИТ объекта мониторинга, что лишает измерения достоверности.

НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ОБЛАСТИ ЗНАНИЙ W-КЛАСТЕРА

Выявлены фундаментальные принципы метода многомерной реконструкции волновых деформационных полей для создания и совершенствования эффективных исследовательских и прикладных систем анализа текущих состояний, прогноза и предупреждения техногенных патологий:

- информационный подход в задачах обеспечения техногенной безопасности реализуется в интеллектуальном мониторинге и научном сопровождении на всех ЭЖЦ путем повышения достоверности метрологических технологий, эффективного методического и программно-аппаратного метрологического инструментария, гомеостатических методов неразрушающего контроля текущих эксплуатационных состояний на основе теории векторно-фазовой реконструкции волновых колебаний;

- ***системный подход*** при наблюдении состояний динамического взаимодействия элементов структур, единстве и связанности массово-энергетических свойств волновых полей на основе теории системного анализа и оптимального управления состояниями;

- ***фундаментальной научной основой*** векторной виброакустической метрологии является механика сплошных сред, основными постулатами которой являются концепция сплошности (непрерывности) и принцип суперпозиции, примененные к теории траекторного анализа волновых физических состояний;

- ***математическим аппаратом*** анализа НДС являются тензорное преобразование причинно-следственных состояний (прямое и обратное), теория комплексного переменного и вариационный метод.

Указанные подходы, в отличие от господствующей в мировой инженерной практики скалярной метрологической парадигмы, основанной на измерениях спектра усредненных амплитуд вибрации одноканальными (моноскопическими) датчиками, позволяют реализовать ***полевую парадигму*** на основе LT-реконструкции векторно-фазовых (волновых) параметров деформационных полей.

Ниже представлены области теоретических и практических знаний, принципы и фундаментальные закономерности, которые лежат в основе реализуемого W-кластера:

- ***теоретическая механика*** И. Ньютона и Л. Эйлера с их коллегами и последователями;

- ***механика упругих систем*** (МУС) и сплошных сред (МСС);

- ***теория машин и механизмов, сопротивление материалов***;

- ***концепция сплошности*** (непрерывности) и ***принцип суперпозиции*** МСС;

- ***тензорное преобразование*** причинно-следственных состояний МУС;

- ***теория комплексных переменных*** и ***методы статистического анализа***;

- ***вариационный метод*** анализа внутриструктурных энергетических преобразований.

Фундаментальные области технологических знаний, которые лежат в основе проекта:

- ***теория системного анализа и оптимального управления*** академика А.М. Ляпунова;

- ***теория векторно-фазовой реконструкции упругих состояний*** академика А.Н. Крылова;

- ***теория прочности, устойчивости и динамики упругих систем*** проф. А.П. Лещенко;

- ***фундаментальная научная школа стендового моделирования*** академика Е.А. Федосова;

- прикладная ***научная школа энергетического машиностроения*** академика О.Н. Фаворского;

- ***теория информации*** (теория информационных технологий/IT);

- ***теория траекторного анализа волновых физических состояний*** научного руководителя W-кластера проф. А.А. Сперанского.

Представленные области фундаментальных научных знаний совместно с прикладными междисциплинарными принципами, новейшими метрологическими и вычислительными технологиями позволяют считать W-кластер ***интеллектуальной информационной технологией***.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ В ОСНОВЕ W-КЛАСТЕРА

По концептуальной методологии авторов, исходная интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной основы W-кластера, опирается на шесть признанных в научном мире фундаментальных теорий и системных научно-технологических школ:

I. Научный интерес к решению проблем безопасной эксплуатации технических систем сложился в России в первой половине XX века. Принципиально важным научным аспектом в рассматриваемом сегменте знаний является ***ТЕОРИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ*** выдающегося русского ученого академика А.М. Ляпунова, который с учетом работ У.Р. Эшби обосновал научный подход к объективной исходной классификации явлений, ***пониманию физической сути природного синтеза и адекватного ему анализа гомеостаза*** наблюдаемых объектов. По его прозорливому предвидению, "...***LT-экспертиза гомеостатических состояний является универсальным методом адекватного наблюдения и рационального управления объектами жизнедеятельности*** *в техносфере и биосфере, а системным диагностическим отображением текущего состояния сложных кибернетических систем является многопараметрический гомеостатический портрет (Homeostasis)*". Гомеостаз, будучи исходно биомедицинским термином, впервые применен А.М. Ляпуновым к наблюдению антропогенных объектов техносферы для ***решения проблем оптимизации принятия решений, прогнозирования аварийных и чрезвычайных состояний, предупреждения и предотвращения катастроф***, в том числе, непрерывного наблюдения ***соответствия ТТХ и боеготовности вооружений***.

Традиционно укоренившийся в мировой практике несистемный анализ механических измерений, характерный стремлением к повышению их мерности, как правило, опирается на ***статистические знания предшествующих технико-технологических укладов*** и не предполагает перехода к принципиально новому уровню знаний на основе их простого количественного превосходства. Наоборот, ***системный гомеостатический анализ измерений высокой мерности позволяет существенно приблизиться к адекватности антропогенных наблюдений через виртуальную многопараметрическую реконструкцию процессов, режимов и состояний природного синтеза*** объектов наблюдения.

Теория системного анализа и оптимального управления А.М. Ляпунова является первым краеугольным камнем Волновой информационной технологии (ВИТ) для объективной оценки текущего и экспертизы прогнозного состояний эксплуатационного ресурса конструкционной прочности. Более ста лет прикладные применения теории в рассматриваемом контексте в России и за рубежом не востребованы.

II. Одним из первых механиков, обративших внимание миро-

вой метрологической общественности на недостоверность скалярных измерений, был выдающийся русский ученый-гидроакустик академик А.Н. Крылов, обосновавший в ***ТЕОРИИ ВЕКТОРНО-ФАЗОВОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ КОЛЕБАНИЙ*** ***идею повышения мерности и временно́й связанности измерений компонентов механических колебаний.*** Он утверждал, что поскольку ***энергетические колебательные процессы природного синтеза состояний в механических системах*** имеют пространственно-временной характер, то для их ***объективного наблюдения и последующего адекватного анализа*** необходимо стремиться к мерности измерений, соответствующей мерности собственно наблюдаемых физических колебательных процессов (пространственно-временна́я LT-мерность земной цивилизации).

Лидеры мировой метрологической индустрии подхватили идею русского ученого и более 40 лет производят серийно трехкомпонентные вибропреобразователи, монополизировав международный рынок прецизионных инструментов механических измерений. В первую очередь это компании APC, Endevco, Beantly Nevada, Digital в США и Bruel & Kjaer, Kistler, LMC, Alstom и Snecma в Евросоюзе. Все они и их технологические последователи демонстрируют ***неоспоримое стремление к повышению мерности измерений*** путем ортогонального размещения в общем корпусе трех и более скалярных 1D-датчиков вибрации. Возникающие при таком подходе принципиальные метрологические недостатки устраняются также по "рецепту" А.Н. Крылова путем применения ортонормализаторов, или фазовых корректоров. Безусловно, увеличение мерности существенно повышает достоверность измерений, но вместе с тем, современные инструменты усредненного вибромониторинга не обеспечивают ожидаемого обществом уровня эффективности вибродиагностики. Подтверждением этого являются достоверные свидетельства дальнейшего стремления мирового метрологического сообщества к повышению мерности измерений.

Теория векторно-фазовой реконструкции пространственно-временных механических колебаний А.Н. Крылова является вторым краеугольным камнем Волновой информационной технологии (ВИТ) для объективных наблюдений текущих параметров волновых механических полей упругих тел и сплошных физических сред. Около ста лет прикладные применения теории в рассматриваемом контексте наблюдения гомеостатических состояний в России и за рубежом отсутствуют.

III. Опубликованная в виде двух европейских открытий ***ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ, УСТОЙЧИВОСТИ И ДИНАМИКИ УПРУГИХ СИСТЕМ*** профессора А.П. Лещенко позволяет на основе ***вариационных методов расчета через выражение полной энергии упругой системы*** создавать ***адекватные модели напряженно-деформированных состояний*** конструкций, позволяющие прогнозировать момент её разрушения путем отыскания экстремальных функций, обеспечивающих минимум энергии в ресурсных задачах конструкционной прочности в машиностроении и строительстве. Более тридцати лет со времени опубликования зарегистрированных открытий прикладные применения теории в России и за рубежом не востребованы.

IV. Реализованная в России во второй половине XX века ***ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО (ПОЛУНАТУРНОГО) МОДЕЛИРОВАНИЯ*** академика РАН Е.А. Федосова сформировала эффективные подходы в области разработки, исследования и испытаний сложных кибернетических систем, а также методов математического и физического (полунатурного в зачет летных натурных испытаний) ***моделирования штатных режимов, предельных состояний и соответствия ТТХ*** интеллектуальных объектов новой техники. Более четверти века российская фундаментальная школа научного стендового сопровождения высокотехнологичных разработок в области авиационных систем специального применения не востребована.

V. Реализованная в России во второй половине XX века ***ПРИКЛАДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ*** академика РАН О.Н. Фаворского развивает новейшие методы создания перспективных авиадвигателей, наземных и летных исследований и испытаний силовых агрегатов, механизмов и машин на основе ***трендовой экспертизы систем техногенеза*** реального времени для объективной оценки рисков и своевременного эффективного предотвращения транспортных аварий и энерготехнологических катастроф. Более четверти века российская прикладная школа научного сопровождения высокотехнологичных разработок к стендовым исследованиям и сопровождению эксплуатации не привлекается.

Невостребованность указанных фундаментальных теорий и прикладных научных школ является объективным фактором и, вместе с трудностями финансирования, объясняется отсутствием вплоть до настоящего времени эффективных инструментальных средств достоверного мониторинга и адекватной реконструкции текущих эксплуатационных состояний реального времени.

VI. Появление на рубеже веков новой отрасли как знаний, так и производства - ***Информационных технологий*** (IT), позволяющих, с одной стороны, обеспечить быструю прикладную технико-технологическую адаптацию результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, с другой - повысить качество и оперативность контроля и управления эксплуатационными режимами, процессами и производством в сфере обороны, машиностроения, энергетики, транспорта и строительства. В области механических взаимодействий учеными Российской инженерной академии (РИА) предложены, ***научно обоснованы и практически реализованы прорывные опережающие технологические решения для создания универсальной Волновой информационной технологии безопасной эксплуатации на базе векторной виброакустической метрологии***.

Впервые в мировой метрологической практике научно обоснованы, разработаны и эффективно внедрены в прикладные исследования инструментальные средства, объединенные в технологию BMC, и современные методы векторно-фазового траекторного анализа состояний, системно интегрированные в W-кластер. Высокая информативность наблюдения траекторных процессов и состояний объектов механических систем позволяет обосновано использовать новые информационно-метрологические ресурсы в исследовательских, испытательных, сертификационных, мониторинговых, диагностических и экспертных задачах и отраслевых приложениях.

Для стратегического ви́дения целей, задач и прорывных приложений инновационного W-кластера разработана ***модельная интеллектуальная (гомеостатическая) стратегия***, позволяющая интегрировать корни междисциплинарных научных знаний и новизну предлагаемых системных подходов. Разработка инструментальной концепции и методологии построения кибермоделей становится действенным направлением инженерной науки ближайшего будущего. Фундаментальные знания инженерных наук подготовили реальную перспективу создания ***адекватных экспертных систем реального времени для эффективного прогноза гомеостаза*** (техногенеза) антропогенных систем на основе встроенного высокопроизводительного моделирующего инструментария полного жизненного цикла.

Новые междисциплинарные знания образуют ***ТЕОРИЮ ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ВОЛНОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ***, объединяющую ***методы и инструментальные средства наблюдения пространственно-временных волновых процессов и траекторного векторно-фазового тензорного анализа состояний***, являются скелетной основой и третьим краеугольным камнем Волновой информационной технологии (ВИТ). Авторами выявлены фундаментальные возможности и созданы инструментальные средства многопараметрической реконструкции диагностических параметров волновых деформационных полей для создания эффективных исследовательских и прикладных систем анализа и управления текущими эксплуатационными процессами, режимами и состояниями новых видов вооружений, средств обеспечения боевых действий, предупреждения аварий и техногенных катастроф оборонной и гражданской инфраструктур, обеспечения безопас-

ности государства, в том числе, боеготовности Вооруженных сил. Системные аналоги W-кластера в фундаментальных исследованиях и приложениях в России и за рубежом не известны.

В настоящее время, по отзывам ведущих ученых Российской академии наук (академики РАН Е. Фортов, О. Фаворский, Г. Голицын, К. Демирчян, М. Залиханов, А. Кулаков, Б. Гусев и др.), ***ВИТ на основе ВМС является самым информативным из практически реализованных методов диагностического мониторинга*** и визуализации эксплуатационно-прочностных свойств статических конструкций и динамических систем. Важнейшим его достоинством является ***инструментальная возможность*** путем ***прямых*** и ***достоверных векторно-фазовых измерений*** параметров напряженно-деформированных состояний ***оценивать текущий и прогнозировать эксплуатационный ресурс конструкционной прочности***. Метод является универсальным для нагруженных конструкций (корпуса летательных аппаратов, реакторы, мосты, плотины, трубопроводы и т.п.) и для сложных динамических систем (авиакосмические двигатели, энергетические турбоустановки, транспортные силовые установки и т.п.).

Заявленные результаты и характеристики W-кластера подтверждены теорией, фундаментальными научными исследованиями и значительными отраслевыми исследовательскими приложениями, результаты которых опубликованы головными институтами и предприятиями Авиапрома, Газпрома, Минэнерго и Ростехрегулирования. Научная новизна представленного взгляда на проблему техногенной безопасности состоит в ***теоретическом и методологическом обосновании гомеостатического подхода*** не только как объективной составляющей жизненного цикла, но и как повода и основания для формирования креативного ***опережающего информационно-метрологического сегмента наблюдений VI технологического уклада***.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для таких отраслей промышленности, как авиация, энергетика, строительство, транспорт наиболее эффективными методами обеспечения вибрационной безопасности сегодня являются ***вибромониторинг и вибродиагностика.*** Однако, в области виброизмерительной техники в нашей стране, как и во всем мире, ***имеются существенные проблемы***.

До настоящего времени не сформировались признаваемые большинством специалистов определения, что такое система мониторинга и система диагностирования (СМиД) объекта. Одни компании говорят о СМиД с использованием переносных приборов, при этом подразумевается использование накопленных (статистических) баз данных и почти автоматическое заключение о состоянии объекта в общем виде: проблемы центровок, подшипников, остаточного дисбаланса, усталостного трещинообразования и т.д. Другие понимают под СМиД крупные системы виброконтроля, вибромониторинга и диагностики, работающие на сложных динамических объектах (в т.ч. турбоагрегатах) и информирующие о возникновении тех или иных потенциально опасных событий. ***Систем, которые дают точную информацию о тех или иных дефектах, сегодня практически нет***. Комплектация систем опирается на требования заказчика, и чем они выше, тем сложнее разработчикам реализовать соответствующую требованиям систему.

"Работая" с функционально ориентированными механическими объектами (ФОМО), большинство исследовательских лабораторий ***не предлагает системного опережающего подхода, использующего фундаментальные научные знания*** по́левой механики сплошных сред. В основном компании занимаются либо разработкой отдельных средств измерений, либо разработкой ПО, либо поставкой готовых аппаратных решений с базовым ПО. При этом самая современная MEMS-технология производства сенсоров не может быть использована для организации ВМС, например, двигателей летательных аппаратов, в силу множества существенных для диагностики метрологических ограничений (температурных, частотных и иных технических характеристик).

Проводимые в России многочисленные прикладные Волновые исследования приближают создание универсальной IT достоверного наблюдения и адекватной экспертизы текущих эксплуатационных состояний ФОМО. Прототипы АПК ВМС для диагностики механических объектов разработаны с использованием новейших достижений в вычислительной технике, нанотехнологий, инновационных контактных и бесконтактных методов волновой реконструкции эксплуатационных состояний статических и динамических объектов. Прогнозная оценка существенно повышает достоверность и информативность трендов основных диагностических показателей текущего эксплуатационного ресурса конструкционной прочности в составе создаваемых приложений для объектов разной физической природы с использованием информационно-технологических возможностей инновационного W-кластера.

Для достижения научно-технологических целей W-кластера успешно решены и подтверждены в отраслевых исследовательских приложениях следующие системно связанные задачи:

I. ***Разработаны способ и конструкции 3D-приемников пространственных колебаний*** ЛМК для достоверного измерения связанных компонентов диагностических параметров на основе известных контактных физических преобразований деформационно-энергетических параметров волновых полей.

II. ***Реализованы системные способы*** сбора, преобразования, передачи и ввода связанных измерений динамических параметров текущих состояний в высокопроизводительном измерительно-анализаторе; ***разработаны эффективные способы траекторной 4D-реконструкции*** и хранения измерений диагностических параметров текущих динамических состояний.

III. ***Реализованы способы многопараметрической 4D-реконструкции*** и хранения векторно-фазовых массивов текущих диагностических параметров физических параметров НДС.

IV. ***Разработаны способы представления*** (визуализации) виртуального Н-портрета текущего гомеостатического состояния ФОМО.

V. ***Разработаны методы создания моделей*** расчетных, трендовых текущих и предельно-критических состояний ФОМО.

VI. ***Сформированы тактико-технические требования к синтез-модели*** метода Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС) мобильной энергетической оценки текущих гомеостатических (R-ресурсных) состояний ФОМО.

VII. ***Сформированы требования к разработке прогнозных способов*** достоверной оценки эксплуатационных рисков.

Таким образом, впервые в мировой метрологической практике, в России реализован ***комплекс опережающих технологических решений***, открывших практические возможности 3D-измерений траекторных колебаний и спектральной 4D-реконструкции текущих динамических состояний упругих сплошных физических сред. Многочисленные исследовательские приложения в областях классической и строительной механик, гидроакустики, аэроупругих процессов и геодинамики подтвердили чрезвычайно высокую информативность ***LT***-наблюдения полидинамических состояний потенциально опасных ФОМО. Основные полученные научно-технические результаты опубликованы в журнале "Двигатель" (издание ВАК).

В качестве дальнейшего научно-технического развития приложений W-кластера и действенного направления инженерной науки ближайшего будущего, разработаны концепция и методология построения кибернетических моделей. Складывается реальная перспектива создания адекватных экспертных систем текущего времени для эффективного прогноза гомеостаза (техногенеза) на основе высокопроизводительного интеллектуального моделирующего инструментария полного жизненного цикла в составе ФОМО. Обоснована и сформулирована для исследовательских приложений ***Модельная гомеостатическая стратегия*** новых инструментальных возможностей и перспективных приложений опережающих технологических решений:

VIII. ***Модельное гомеостатическое проектирование*** этапов жизненного цикла ОНТ.

IX. ***Системный трендовый прогноз гомеостаза*** ФОМО антропогенных систем.

X. ***Экспертные системы техногенеза*** реального времени.

XI. ***Микромоделирующие системы научного сопровождения*** создания и эксплуатации ОНТ, в т.ч. оценки и прогноза текущих ресурсных состояний.

XII. ***Непрерывное интеллектуальное подтверждение соответствия ТТХ (техзаданию)***.

XIII. ***Модельная оценка рисков принятия решений*** для оптимизации управления ФОМО.

XIV. Интеллектуальные инструментальные ***средства приемки Заказчика***.

XV. Адаптивные ***кибернетические системы управления вооружением***.

По информации аналитиков, грантовая государственная система поддержки США, например, для Air Force Office of Scientific Research (AFOSR), Modern research Complex Dynamics and Systems of Army US, Track Structure Failure Research FRA, Structures Research (Civil Works GSL-19) for Army US, и грантовая университетская система поддержки Евросоюза 2020, например, для Oxford and Cranfield Universities (GB) и др., ***проявляет существенный тематический интерес*** к ***"...решению проблем в конкретных областях прикладных научных исследований и решениям инженерных технологических задач системного мониторинга реального времени, мобильной диагностики и экспертизы ресурсных состояний объектов высокой техногенной опасности, достижения конкурентного превосходства в тактико-технических, технологических и эксплуатационных аспектах современных и перспективных видов новых вооружений***". Требованием западных грантов является "...***создание новых методов измерений с повышением мерности информации о наблюдаемых процессах, успешно прошедших этап проведения поисковых фундаментальных научных исследований***".

Предложенный в рамках Модельной интеллектуальной гомеостатической стратегии системный взгляд на научно обоснованную интеграцию инновационных подходов в виде Волновой информационной технологии (ВИТ) на основе LT-методологии Волнового мониторинга состояний (ВМС), синтез-модели Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС), новых вычислительных возможностей экзафлопных сетецентрических решений реализуют ***НОВЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ VI технологического уклада*** опережающего стратегического лидерства на глобальном рынке интеллектуальных кибернетических систем для ***всех видов вооружений высокой боеспособности и сфер безопасной жизнедеятельности человека***.

Новизна идей и технологических решений W-кластера - в системном решении проблемы с учетом, с одной стороны, креативных выводов из простых и ***очевидных наблюдений*** в области фундаментальных знаний классической механики упругих систем, с другой стороны, системной реализации ***прорывно-опережающих метрологических и вычислительных технологических решений***. Научно-технический задел разработчика обеспечивает конкурентоспособность перспективных решений общепризнанной проблемы безопасного и надежного кибернетического управления сложными системами на уровне VI технологическом укладе.

АРГУМЕНТЫ ПРОТИВ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ ИННОВАЦИИ

Аргументов против актуальности создания эффективного инструментария для решения проблем техногенной и технологической безопасности нет.

Против решения проблемы методами W-кластера главными аргументами являются три:

1) ***потребительская стратегия*** (ПС) ***общества*** не допускает отвлечения финансовых ресурсов на исследовательские работы, не приносящие ощутимой сиюминутной прибыли; ущербность ПС состоит в том, что она не предполагает ответственности бизнеса перед обществом за последствия технологических аварий и природно-техногенных катастроф; ПС в промышленности привела к тому, что разработчики не заинтересованы в использовании прибыли на инновационное развитие и разными способами принуждают Заказчика довольствоваться старыми, неконкурентоспособными, но освоенными в производстве технологиями;

2) ***консерватизм отраслевых технических регламентов*** (КР) в сфере техногенной и экотехнологической безопасности, ориентированных на статистические скалярные недостоверные методики измерения усредненной вибрации (а не мониторинг текущих состояний) практически исключает внедрение опережающих технологических решений и новых укладов;

технические регламенты и коммерческие методы их модернизации усиливают монополизм неконкурентоспособных технологических решений и выгодную чиновникам и менеджерам импортозависимость;

узаконенное государством препятствие на пути решения проблемы техногенной безопасности предложенным Волновым способом носит юридический характер;

3) ***консерватизм специалистов по прочности***, воспитанных на старых метрологических традициях и не мотивированных на инновационные, более сложные на практике, измерительно-аналитические технологии.

Междисциплинарно-интегрированный системный способ разрешения глобальной проблемы эксплуатационной техногенно-технологической безопасности ***не отвергает известные и возможные альтернативные варианты*** ее решений, но все они должны удовлетворять фундаментальным основам и соответствовать опережающим технологическим решениям в трех функционально самостоятельных областях практически реализованного W-кластера:

а) Метрологические инструментальные средства ВМС на сегодня обеспечивают ***наиболее достоверные измерения*** диагностических параметров, что не отменяет постоянный прогресс знаний и освоение новых физических методов измерений.

б) Волновые методы траекторной реконструкции состояний ВИТ на сегодня являются единственным универсальным способом, обеспечивающим ***адекватность анализа достоверных измерений физическим закономерностям наблюдаемого природного синтеза***. Научно обоснованная альтернатива предложенному волновому подходу на сегодня отсутствует.

в) ***Интеллектуальные системы прогнозной экспертизы*** (техногенеза) и эффективного управления принятием решений в области предупреждения и предотвращения техногенных аварий и экотехнологических катастроф ***теоретически возможны, но не известны***.

Препятствием организационного плана на пути решения проблемы предлагаемым способом являются, ***как известно всем разработчикам***, непреодолимые ведомственные барьеры в сфере технологической безопасности в РЖД, Росатоме, Газпроме, Русгидро и у других монополистов, ***оберегающих свою импортозависимость и технологическое, выгодное отраслевому менеджменту отставание*** (например, "Сименс" в РЖД, "Капстоун" в Газпроме, "Снекма" и "Бомбардье" в Авиапроме и ещё много чего).

Сведения о выполнении или поддержке Волновых исследований или аналогичных по научно-технологическому уровню работ в рамках федеральных или иных государственных программ, а также так называемых "институтов развития", ***отсутствуют***. К трудностям, сдерживающим решение глобальной проблемы техногенно-технологической безопасности, а также аналогичных системных задач в смежных областях знаний, следует отнести две главные:

1) Разработчики продвигают глобальный социально значимый W-кластер в проблемной области техногенной и экотехнологической безопасности антропогенных и Природно-технических систем. В основе Проекта реализация универсальной идеи ***системной синтетической интеграции фундаментальных междисциплинарных знаний и креативных опережающих технологических решений*** (ОТР) по всему технологическому циклу создания и эксплуатации ОНТ. Некоторые результаты приложений ОТР, например, диагностика флаттера в полете, оцениваются ***на уровне открытий в области отраслевых исследований*** в авиации, конструкционном материаловедении, энергетике, геогидродинамике и других наукоемких областях знаний.

Исследования являются инициативными и продвигаются уси-

лиями ученых, инженеров-исследователей, конструкторов, испытателей и технологов, продолжающих традиции лидирующего технологического превосходства на основе творческого опыта и фундаментальных знаний советского ОПК.

Проект импортонезависим, обладает высоким инновационным потенциалом, существенно опережая зарубежных технологических конкурентов, является национальным интеллектуальным приоритетом и может стать мировым брендом в области экотехнологической безопасности. Подобные ***глобальные социально значимые Проекты***, позволяющие эффективно предотвращать одну из главных угроз жизнедеятельности человека - техногенно-экотехнологическую, не должны выполняться энтузиастами на общественных началах и ***нуждаются в адекватной поддержке государства***. Причина видится в ***отсутствии доступных механизмов господдержки*** прорывных системных опережающих технологических решений и перспективных междисциплинарных и межвидовых исследований, кроме, быть может, ФПИ и РНФ.

Кстати, ещё в 2013 году, Проект в ФПИ был отклонен ***"по причине его междисциплинарности и межвидовости*** (!!!), *что в то время являлось ограничительным признаком по регламенту ФПИ..."* со слов И.И. Денисова, а в 2014 году в Минобороны Заказывающее управление переименовали в Управлением перспективных межвидовых исследований и спецпроектов!!! В этом, возможно, и состоит парадоксальность пробуксовки ***"проблем" эксплуатационной безопасности и импортонезависимости***.

Родственная Проекту тематика присутствует среди приоритетов РНФ в задаче П7-2 (проблемы 1 и 2), но установленный ценз цитирования противоречит обоснованной скрытности системы междисциплинарных опережающих технологических решений W-кластера.

2) Существующие в области техногенной и технологической безопасности ***консервативные регламенты*** порождают технологическое отставание и импортозависимость, являются эффективным тормозом для любых инновационных решений, даже успешно коммерциализированных на Западе в военных целях. Решением может быть ***особый режим приоритета в модернизации существующих регламентов*** для новых опережающих технологических решений оборонного значения.

По отзывам независимых экспертов, ***опережающие технологические решения W-кластера,*** имеющие целевым научным трендом интеллектуальные экспертно-управляющие встроенные киберсистемы, ***конкурентоспособны с большим стратегическим отрывом***.

СИСТЕМНАЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КООПЕРАЦИЯ

Для фундаментального решения проблемы в части формирования новых научных идей необходимо ***развивать сложившуюся научно-исследовательскую кооперацию*** научного коллектива Российской инженерной академии (РИА) с ведущими институтами РАН в области механики, материало- и машиноведения, новых физических инструментов и методов наблюдения и исследования явлений, процессов и состояний (ИМАШ им. А.А. Благонравова, ИПМ им. А.Ю. Ишлинского, Уральский институт металлов, УИФМ, ИОФАН, ИПМ им. М.В. Келдыша, ИВТ), а также Государственными научными центрами в ведущих отраслях ОПК (ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", ФГУП "ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, ФГУП "ГосНИИАС", ФГУП "ВИАМ", ОАО "ВТИ" и др.).

Для эффективного решения проблемы в части опережающих прикладных технологических решений необходимо ***развивать сложившуюся производственно-испытательную кооперацию*** ИНИТ РИА с ведущими производственными предприятиями ОПК в сфере машиностроения, транспорта, энергетики и строительства с целью создания новых конкурентоспособных ОНТ для вооружений и критически важных объектов инфраструктуры РФ (ОАО "МВЗ им. М.Л. Миля", ОАО "НПОАвтоматики им. акад. Н.А. Семихатова", ОАО "ЦАГИ - системы моделирования", РНИИКП, ОАО "КТРВ", ОАО "ВНИИЭМ" и др.).

Для перспективного решения проблемы в части развития научно-инженерного кадрового потенциала необходимо ***поддерживать и развивать сложившуюся научно-образовательную кооперацию*** с ведущими Государственными техническими университетами, формирующими интеллектуальный потенциал ОПК в инженерно-технологической сфере (ГИЦ "Южно-Уральский госуниверситет", МГУ им. М.В. Ломоносова, ГИЦ "МГТУ им. Н.Э. Баумана", ГИЦ "Московский институт электронной техники", Уральский федеральный университет, ГИЦ "МАИ им. С. Орджоникидзе", ГИЦ "МЭИ" и др.).

В области мониторинга состояний технических систем активно развиваются международные научно-кооперационные связи. Методы волновой диагностики в энергетике и на транспорте совместно с Институтом транспорта и связи (TSI, бывший Институт гражданской авиации), компаниями EVOPRO, SIA IB Poundal, Centre Composite, AviaTest, RRC Int., HGL-Dinamyc и рижским "Центром сертификации вертолетов" продвигает компания Advanced Vector Analytics SIA (AVA).

Получены предложения Шотландского агенства по университетским контактам о тематическом научно-исследовательском сотрудничестве с Университетами Великобритании: Oxford University, Cranfield Univesity, The University of Edinburgh, University of Aberdeen, Glasgow Caledonian University, Robert Gordon University Aberdeen, University of Strathclyde Glasgow, Surrey Space Centre, Centre for Sensor and Imaging Systems (CENSIS).

Интерес к сотрудничеству в области механики прочности проявили Fraunhofer, Europe's largest application-oriented research organization (Germany), University of Wisconsin Oshkosh, SANDIA National Labs, Houston Technology Center South, ENSCO (USA), The Institute of Materials and Structures RTU (Latvia), Kaunas University of technology, The Institute of Mechatronics (Lithuania).

В 2015 году разработчики W-кластера приглашены на престижные саммиты:

1) Компания AVA вошла в ***топ-5*** участников ***AeroInnovate business accelerator program of the University of Wisconsin Oshkosh*** (USA) и американской Ассоциации экспериментального авиастроения (EAA), приняла участие в качестве экспонента в крупнейшем американском авиашоу ***AirVenture Oshkosh 2015*** с участием Jonathan Hartman, Global Technology Partnerships Lead at Sikorsky (Йельский университет).

2) Компания AVA вошла в ***топ-100*** участников ***Hello Tomorrow Global Conference 2015 Paris***, в числе лучших технологических стартапов Европейского салона лидеров индустриального рынка (2,78 % от 3600 участников из 90 стран) с участием NASA & Airbus CTOs; Intel; AngelList founder; X-Prize; Space Frontier Foundation & Deep Space Industries cofounders; VINCI energies; INRA; Michelin; Total; IBM; Google под девизом *"Расширение прав и возможностей тех, кто осмеливается решать сегодня самые сложные проблемы с помощью научных и технологических прорывов"*.

3) Компания AVA вошла в ***топ-10*** (3,6 % от 280 претендентов из 7 стран) инновационного ***Евроконсорциума Siemens-Bosch-BMW-Festo*** для участия в очной трёхмесячной программе по развитию отношений и продвижению технологии в Центре инноваций и бизнеса при ***Мюнхенском техническом университете*** (рис. 16).

Международная научно-технологическая кооперация в фундаментальных и прикладных исследованиях, испытаниях и сертификации, аттестации и экспертизе, прежде всего, представляет интерес для российской сферы низкой компетенции: современные инструменты наблюдений и электронные компоненты; оптические системы; турбовинтовые двигатели для авиации легкого класса; композитные материалы; тяжелые и ударные БПЛА.

По мнению ФПИ, "***Необходимо по отдельным направлениям привлекать к выполнениям работ зарубежных исполнителей - университеты и малые инновационные фирмы.***

Политика технологических заимствований возможна и необходима с ориентиром на полноценный трансферт технологии через ее освоение. *Трансферт технологии предполагает возможность* ***во взаимодействии с зарубежными технологическими центрами осуществить ее усовершенствование на основе собственных инжиниринговых решений***. *Если такое решение было разработано и осуществлено во взаимодействии представителей* ***фун-***

даментальной науки, инжиниринговых групп, вузовских центров, то можно считать, что трансферт технологии произведен, и она включена в российскую технологическую базу.

Подходом к полноценному трансферту технологий является ***вхождение в капитал малых и средних инновационных фирм за рубежом, выполняющих НИОКР*** *для крупного бизнеса".*

Рис. 16 3D-сенсор для волнового мониторинга состояний силовой турбины

СРАВНЕНИЕ С ЛУЧШИМИ МИРОВЫМИ АНАЛОГАМИ

Авторами разработан аппаратно-программный комплекс Волновой реконструкции состояний объектов механических систем (АПК ВРС) на базе серийного измеритель-анализатора компании "МЕРА" (рис. 17). Аналогов в России нет, зарубежные аналоги не известны. Альтернативные решения проблемы за ру-

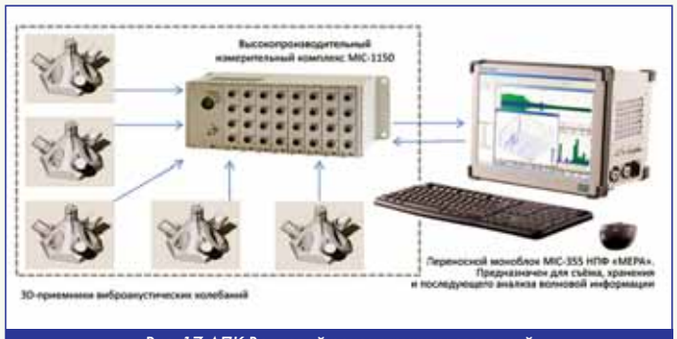


Рис. 17 АПК Волновой реконструкции состояний

Сравнение АПК ВРС с альтернативными зарубежными решениями

Параметр сравнения	АПК Волновой реконструкции состояний (РФ)	АПК Structural Health Monitoring SHM (USA-EU)	АПК Health & Usage Monitoring Systems HUMS (GB-EU-USA)	АПК Central Nervous System for the Earth (USA)
	РЭМ-вибро, ЦАГИ-системы	Universities of USA & EU	Goodrich Corp., Honeywell	Hewlett-Packard (MEMS)
I. Инструментальные средства 3D-измерения связанных компонентов вектора ЛМК				
Совмещение ИТо с ИТс *)	Да	Нет	Нет	Нет
Технические характеристики	До 10^4 g, 0 Гц ...100 МГц	Диапазон измерений - до 5000 g, частотный диапазон - 10 Гц ...15 кГц		До 500 g, 0,1 Гц ...1 кГц
Синхронность компонентов	Да	Нет	Нет	Да
Мерность измерений	3D- (вектор)	1D-, или 2 x 1D-, или 3 x 1D-	1D-	6 x 1D-
Измеряемые параметры	Компоненты вектора	Несвязанные компоненты	Скаляр	Несвязанные компоненты
Метод измерения	Обратное тензорное преобр.	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и конструкция	Нет	Нет	Нет
II. Инструмент (АПК) траекторной 4D-реконструкции векторных измерений ЛМК				
Связанность компонентов	Временна́я (фазовая)	Нет	Нет	Нет
Метод реконструкции	4D-траекторный	Нет	Нет	Нет
Реконструкция годографа	Векторно-фазовая	Нет	Нет	Нет
Мерность годографа	4D- (LT-пространство-время)	Нет	Нет	Нет
Частота опроса компьютера	>100 кГц (10 точек на период)	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	Не ограничен (букет годографов)	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Аналитические параметры	Параметры годографа	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	8 (4 полуоси + 3 ориентация + 1)	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и система	Нет	Нет	Нет
III. 4D-реконструкция портрета физического состояния (НДС) в измерительной точке				
Связанность компонентов	Тензорная (матрица 3 x 3)	Нет	Нет	Нет
Метод реконструкции	Обратное тензорное преобр.	Нет	Нет	Нет
Реконструкция годографа	Нормально-сдвиговая	Нет	Нет	Нет
Мерность годографа	4D- (деформации-время)	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	Не ограничен (букет годографов)	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Аналитический параметр	3D-модель закона Гука-Пуассона	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	4 (граничные условия)	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и система	Нет	Нет	Нет
IV. Дисплейная и виртуальная реконструкция (визуализация) LT-состояний				
Дисплейное отображение	Нормированное 4D-сеточное	Нет	Нет	Нет
Виртуальная реконструкция	Многопараметрическая	Не известно	Не известно	Не известно
Отображаемая информация	3D-количественная	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	0 Гц...100 МГц	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Отображаемые параметры	Программно-формируемые	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	Полистно не ограничены	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Know-how, метод и система	Нет	Нет	Нет

бежом соответствуют уровню IV технологического уклада, при котором измерения СКЗ-усредненные, а анализ состояний основан на сравнении СКЗ-измерений со статистическими нормативами - "уставками".

Впервые приводится сравнение создаваемого АПК ВРС с альтернативными решениями мировых лидеров индустриальных стран на IT-рынке.

Новые физические методы контактных и бесконтактных измерений параметров волновых полей (прежде всего, оптические и локационные) ***существенно превосходят возможности серийно выпускаемых контактных сенсоров диагностических параметров механических состояний***. К примеру, разработчиками созданы экспериментальные образцы гиперчувствительных Квантово-волновых оптических вибропреобразователей (КВОВ) для измерения акустических колебаний механического диапазона частот от 0 до 10^8 Гц с возможностью передачи информации со скоростью порядка 200 тыс. км в секунду на расстояния до 100 миль (185 км), а, возможно, и более.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОЖИДАЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Назначение W-кластера в существенном повышении надежности и безопасности (и, следовательно, конкурентоспособности) антропогенных объектов во всех инженерно-технических областях жизнедеятельности человека: общее и тяжелое ***машиностроение***, авиационно-космическая техника и ***вооружения***; морской, железнодорожный, автомобильный ***транспорт и бронетехника***; тепловая, атомная и гидро***энергетика***, добыча и транспортировка топлива; промышленное, гражданское и военное ***строительство***; геосейсмо***гидродинамика***, ***акустика*** аэроупругих и иных физических сред, ***информационные технологии безопасности*** и оптимального управления; техническое регулирование, ***метрология*** и ***сертификация***; конструкционное ***материаловедение заданных и управляемых свойств***, обработка материалов, техническая ***диагностика и дефектоскопия***, механическая локация, ***квантово-волновой мониторинг***, инструменты фундаментальных и прикладных ***междисциплинарных научных исследований и межвидовых испытаний***, гомеостатическая ***реконструкция состояний***, интеллектуальная экспертиза ***техногенеза***, модельное проектирование, оценка и ***адаптивное кибернетическое управление*** научно-техническим уровнем ОНТ и соответствием ТТХ.

Методы Волновой реконструкции состояний (ВРС) опираются на чрезвычайно высокую чувствительность траекторных измерений текущих гомеостатических состояний и обладают ***уникальным прогнозно-диагностическим признаком бифуркационных квантованных процессов в конструкционных материалах на микроструктурном уровне***. Это ***соответствует научному уровню VI технологического уклада***, ориентированного на управляемый синтез свойств неживых (конструкционных) и живых (биотканей) материалов. ***Синтезирование конструкционных материалов будущего невозможно без тонкого инструментария наблюдения динамики свойств состояний на микроструктурных атомно-молекулярных уровнях, обладающего беспрецедентной гиперчувствительностью в диапазоне частот от нуля до сотен МГц***.

Прообразом такого инструментария сегодня является универсальная информационная технология "ВИТ на основе ВМС", которая с привлечением уникальных метрологических средств на новых физических принципах и нейросетевых экзафлопных вычислений позволит познать и преодолеть проблемы антропогенной безопасности. Образно говоря, пришла пора создания ***интеллектуальных томографических систем непрерывного наблюдения и прогноза ресурсных состояний*** объектов механических систем, своего рода "динамических моделирующих интроскопов".

Ожидаемый ближайший ***научно-технический результат*** (НТР) проекта состоит в комплексе системных фундаментальных и прикладных исследований для обоснования, разработки, изготовления, испытаний и доведения до опытной эксплуатации ***базового универсального аппаратно-программного комплекса векторно-фазовой (волновой) реконструкции текущих состояний*** объектов новой техники на основе прорывных опережающих технологических решений W-кластера.

Следующим тактическим уровнем НТР ожидается ***создание интеллектуальных (модельных) экспертных систем*** реального времени встроенного наблюдения режимов, процессов и состояний для ***объективной оценки текущего соответствия*** ТТХ и непрерывного техногенеза (прогноза гомеостаза) вооружений и инфраструктуры боевых действий.

Целевым стратегическим уровнем НТР проекта планируется ***разработка технологии распределенного сетецентрического интеллекта*** системного наблюдения и управления с помощью ***встроенных микромоделирующих комплексов*** (ВММК) поддержки заданного НТУ механических систем на основе квантово-волновых методов и моделей ***адаптивного кибернетического управления*** НТУ ОНТ.

Понимаемым горизонтом НТР проекта являются наукоемкие возможности создания сложных систем вооружений по технологии ***модельного проектирования этапов жизненного цикла*** (ЭЖЦ) на основе системных подходов, методов и ***кибернетических моделей наблюдения***, а также интеллектуального ***управления соответствием*** ТТХ.

Дальней технологической перспективой видится ***распространение волновых технологии сетецентрического интеллекта за пределы механических систем***, в смежные области электромагнитных и энергоинформационных полей.

Волновая информационная технология демонстрирует достоверное понимание физических процессов природного синтеза, адекватного ему научного анализа текущих состояний и эффективного управления наукоемкими ОНТ ОПК и потенциально опасными технологическими объектами, обеспечивающими национальную безопасность. Волновые исследования, основанные на повышении мерности измерений, многопараметрической модельной экспертизе текущих состояний и прогнозе неисправностей на ранней стадии их зарождения, внедрении ***адаптивного кибернетического интеллектуального управления по информации квантово-волнового диагностического уровня***, соответствуют современным трендам развития науки, техники и технологий.

Практические приложения опережающих технологических решений W-кластера успешно преодолели укоренившийся в мировой метрологии научно-технологический консерватизм в области техногенно-технологической безопасности, ***не имеют аналогов в России и за рубежом***, обеспечивают существенные преимущества перед альтернативными решениями лидеров мирового рынка IT. Находящиеся в стадии фундаментально-прикладных исследований и разработок идеи последующих этапов обеспечивают ***надежное технологическое лидерство*** интеллектуальных решений опережающего научно-технологического уровня в сфере технологий надежной и безопасной эксплуатации.

Разработчики W-кластера более зарубежных лидирующих конкурентов ***приблизились к созданию интеллектуальных экспертных систем*** механических объектов и систем, ***обеспечивающих перевод вооружений на эксплуатацию по текущему техническому состоянию, выявление неисправностей на ранней стадии их зарождения*** с целью предупреждения и предотвращения аварий, а также эффективной оценки рисков принятия решений ***для гарантированного выполнения боевых задач***. Убедительно подтвержденная в отраслевых исследовательских приложениях успешная реализация четырех первых этапов проекта из пятнадцати, проведенная за счет внутренних ресурсов разработчиков, подтвердила фундаментальность, универсальность и междисциплинарность реализуемых подходов.

Прорывный характер реализованных приложений свидетельствует о перспективности предложенного универсального межвидового подхода к решению проблемы надежного и безопасного управления созданием, испытаниями и эксплуатацией вооружений, инфраструктуры обеспечения боевых действий и

особо важных гражданских объектов. Первые испытательные и предсерийные приложения могут быть реализованы в течение 30 месяцев относительно начала финансирования работ. В наиболее продвинутом направлении текущей диагностики и прогноза безопасной эксплуатации вертолетов планируется в указанный срок создание АПК волновой реконструкции состояний трех уровней: а) наблюдение и прогноз ресурса конструкционной прочности силовых элементов конструкции (хвостовая балка, грузовые подвесы и обшивка); б) текущая диагностики и прогноз исправной эксплуатации двигателей, редуктора и трансмиссии; в) текущая диагностика и предупреждение аварийной эксплуатации органов управления движением вертолета (несущий и хвостовой винты). Для мониторинга текущего состояния фюзеляжа (обшивки) разрабатывается экспериментальная система квантово-волновой оптический вибропреобразователь (КВОВ) с уникальным рабочим диапазоном частот от 0 до 100 МГц и практически мгновенной передачей информации в вычислитель.

По информации зарубежных источников, применение аналогичных по задачам, но более отстающим по информативности скалярных (усредненных) 1D-систем на боевых вертолетах сухопутных войск США приводит к существенной экономии материальных, финансовых и трудовых ресурсов, повышает уровень исправности техники до 89 %, вероятность выполнения боевых задач при эксплуатации вооружений с уровнем надежности (достоверности) с учетом текущего анализа одномерных измерений - до 85 %.

Ожидаемые характеристики создаваемых 3D-инструментов наблюдения эксплуатационных состояний принципиально меняют эксплуатационные свойства и функциональные возможности ОНТ как качественно, так и количественно. Новые виды ФОМО, наделенные эффективными интеллектуальными возможностями, будут более конкурентоспособными в военно-технической, технологической и социально-экономической сферах жизнедеятельности.

МНЕНИЕ НАУЧНОГО АНАЛИТИКА

В области научно-технологических исследований наблюдается быстрый рост масштабов сетевых взаимосвязей, приобретающий все более междисциплинарный гиперсвязанный характер, при этом, стирание граней между различными дисциплинами требует использования качественно новых идей и системных инструментов научно-технической и инновационной политики.

Заметно трансформируется природа требований и запросов со стороны экономики и общества к развитию науки и технологий, чему способствует объективная интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной и системной основы перспективных межвидовых исследований.

На этом фоне все заметнее проявляются признаки движения общества к экономике знаний через формирование информационного общества. Идет постоянный поиск креативных областей массовых внедрений новых технологических решений через усложнение и повышение уровня мультидисциплинарности научных исследований для диффузии инновационных разработок с межвидовой перспективой. Современных философов знаний все более привлекает идея тройственного симбиоза фундаментальной практико-ориентированной науки, инновационной научно-мотивированной промышленности, развивающегося наукой и промышленностью образования.

Создаются принципиально новые прорывные научно-технологические решения, обеспечивающие укрепление позиций на сложившихся рынках и возможности прорыва на новые формирующиеся рынки. Волновая информационная технология на основе Волнового мониторинга состояний в полной мере реализует системно-междисциплинарный кластерный подход философии и экономики знаний, демонстрирует успешное сведение результатов разнородных инструментальных средств мониторинга и наблюдения, техногенеза и моделирования в борьбе за лидерство в технологиях нового уклада.

Литература и публикации

1. Лещенко А.П. Фундаментальная строительная механика упругих систем. Изд. "Сфинкс", Таганрог, 2003, - 975 с.

2. Сперанский А.А. и др. Фундаментальный подход к реконструкции механических полей для оценки эксплуатационных свойств изделий Оборонпрома, Двигатель, 2009, №1-3.

3. Гусев Б.В., Сперанский А.А. Волновой мониторинг безопасности механических систем, РИА, альманах ДСР, 2011, №3.

4. Цернант А.А., Сперанский и др. Системотехника вибромониторинга строительных конструкций, БСТ, 2009, №11, с. 49-61.

5. Сперанский А.А., Иванюк И.И. Стратегия научного мониторинга критически важных для национальной безопасности и потенциально опасных объектов. Изд. АНБ, 2010, №3.

6. Сперанский А.А. Гомеостатическое модельное проектирование как способ обеспечения техногенной безопасности при создании и эксплуатации объектов новой техники // Двигатель, 2013, №3.

ЮБИЛЕЙНАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "АВИАДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА"

24-27 ноября 2015 года

в Центральном институте авиационного моторостроения им. П. И. Баранова состоится научно-техническая конференция "Авиадвигатели XXI века" - крупнейший в России научный форум в области авиадвигателестроения. В мероприятии рассчитывают принять участие представители ведущих институтов, предприятий и конструкторских бюро, работающих на стратегически важном направлении научно-технического развития страны - разработке и производстве авиационных двигателей.

Направления работы конференции:

- силовые и энергетические установки;
- лопаточные машины;
- теоретическая и прикладная газовая динамика, горение;
- прочность, надежность, новые конструкционные материалы и технологические процессы;
- методы и средства испытаний и их метрологическое обеспечение;
- системы автоматического управления, диагностики и контроля;
- авиационная химмотология;
- неравновесные физико-химические процессы в газовых потоках и горение.

"*В рамках пленарного заседания и на секциях предполагается обсудить научные проблемы и приоритетные направления развития авиационного и энергетического двигателестроения,* - прокомментировал тематику конференции генеральный директор Центрального института авиационного моторостроения Владимир Иванович Бабкин. - *На конференции будут обсуждаться новые технологии и материалы, пути совершенствования уникальной экспериментальной и испытательной инфраструктуры для создания перспективных конкурентоспособных авиационных двигателей*".

По итогам конференции будет подготовлен сборник тезисов докладов конференции в электронном виде.

Получить более подробную информацию можно на сайте конференции http://www.aeroconf.ciam.ru/.
Телефон для справок:(495)362-49-72

ДВИГАТЕЛЬ ПД-14 - БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОГО АВИАПРОМА

Александр Александрович Иноземцев,
Управляющий директор, генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель",
профессор, доктор технических наук

Будущее гражданской авиации России неразрывно связано с семейством ближне-среднемагистральных самолетов МС-21, разрабатываемых ОАК. Объединенная двигателестроительная корпорация создает для новых лайнеров семейство отечественных двигателей пятого поколения. Благодаря государственной поддержке разработан базовый двигатель семейства ПД-14. Головным исполнителем работ по проекту "Двигатель ПД-14 для самолета МС-21" является АО "ОДК", головным разработчиком – пермское конструкторское бюро "Авиадвигатель", головным изготовителем – "Пермский моторный завод". В изготовлении семейства двигателей задействованы ведущие двигателестроительные предприятия России: ОАО "НПО "Сатурн", ОАО "УМПО", ОАО "Металлист-Самара", ОАО "Стар", АО «НПЦГ "Салют"», ОАО "ПЗ "Машиностроитель", ОАО "ВАСО", ОАО "ОНПП Технология".

Бизнес-идея проекта - создание семейства двигателей различных мощностей, для разных видов летательных аппаратов и наземных установок - газоперекачивающих агрегатов и электростанций - на базе унифицированного газогенератора высокой степени технического совершенства. Газогенератор - самый сложный, высоконапряженный и дорогой узел двигателя, определяющий его конкурентоспособность и стоимость. Унификация данного узла позволит обеспечить его массовое производство для двигателей разного применения, что значительно сократит себестоимость изготовления каждой из будущих модификаций двигателя. Материалы, технологии проектирования, испытаний, доводки и производства газогенератора не могут быть импортированы из-за рубежа, ибо всегда являются охраняемым ноу-хау страны, "тайной за семью печатями", т.к. существенным образом определяют место страны в мировом "табеле о рангах".

Проект создания ПД-14 имеет политическую поддержку. Несмотря на сегодняшние трудности, Правительство РФ продолжает оказывать содействие в реализации проекта, так как для России это шанс вернуть отечественные самолёты на рынок гражданских авиаперевозок, самый большой сегмент которого - средне-ближнемагистральные самолёты типа МС-21. Кроме того, авиастроение - это престиж и независимость страны, это высочайшая квалификация сотен тысяч специалистов и рабочих, современные рабочие места и высокотехнологичные производства. В мире всего пять стран владеют полным циклом разработки и производства газотурбинных двигателей, среди них есть Россия. Утраченные компетенций в области гражданского двигателестроения восстановлению не подлежат.

Сложно переоценить значение, которое имеет проект создания ПД-14 для развития отечественного двигателестроения и преодоления технологического отставания России от ведущих производителей газотурбинной техники. По масштабам и сложности технических, технологических, экономических, маркетинговых проблем создание двигателя ПД-14 можно назвать самым грандиозным проектом нашей страны за последние 30 лет в области авиационного двигателестроения.

В задачи проекта изначально входило не только разработка современного отечественного двигателя, конкурентоспособного на мировом рынке, но и техническое переоснащение производства, освоение и внедрение высокопроизводительных технологических процессов, так называемых - ключевых технологий.

Многие решения, реализованные в проекте создания ПД-14, были воплощены в жизнь впервые в отечественной практике.

Впервые российский двигатель ПД-14 напрямую конкурирует с двигателем американской компании Pratt&Whitney - одного из крупнейших мировых производителей газотурбинной техники. В соответствии с общепринятой мировой практикой самолёт МС-21 будет поставляться авиакомпаниям с российским или американским двигателем - по выбору заказчика.

Впервые в российском двигателестроении по условиям проекта двигатель будет поставляться вместе с мотогондолой, то есть конструкторское бюро "Авиадвигатель" впервые за свою историю спроектировало не только двигатель, но и всю мотогондолу.

Еще десять лет назад на начальных этапах проектирования ПД-14 ОАО "Авиадвигатель" сделал ставку на отечественные материалы - было понятно, что российским компаниям ни при каких условиях не получить доступ к новым материалам зарубежной разработки, обеспечивающим конкурентоспособность двигателя, особенно это относится к материалам горячей части двигателя. ВИАМ взял на себя обязательства в кратчайшие сроки создать материалы, ни в чем не уступающие тем, которые применяют американские и европейские компании. В результате сегодня в двигателе ПД-14 используется порядка двадцати наименований новых материалов, разработанных ВИАМ. Для подтверждения летной годности ПД-14 осуществляется специальная квалификация этих материалов, формируется банк данных характеристик материалов, подтверждающих то, что эти материалы имеют необходимый уровень конструкционной прочности. Для сокращения сроков в "Авиадвигателе" построен не имеющих аналогов роботизированный комплекс изготовления образцов; испытания новых материалов ведутся в современных аккредитованных АР МАК лабораториях ОАО "Авиадвигатель", ЦИАМ и ВИАМ.

Впервые за всю историю отечественного двигателестроения для разработки и производства двигателя создана широкая кооперация ведущих двигателестроительных предприятий РФ, что позволяет использовать в проекте наилучший опыт российских компаний, консолидировав их сильные стороны.

Впервые в соответствии с общемировой практикой выполнения дорогостоящих и долгосрочных проектов реализация проекта создания двигателя ПД-14 осуществляется с использованием Gate-технологий. После каждого этапа разработки ОАО "Авиадвигатель" организует оценку достигнутых результатов проекта профессиональным сообществом - так называемые контрольные рубежи. В качестве экспертов привлекаются высококвалифицированные специалисты двигателестроительных

предприятий, отраслевых ведомств, НИИ, ОАК, ОДК и др. Это дает возможность учесть мнения всех заинтересованных сторон, избежать ошибок, своевременно внести коррективы в облик двигателя и организацию процесса разработки, минимизировав тем самым финансовые и технические риски. Решение задач проекта осуществляется в комплексе Business & Technical (бизнес и техническая часть).

Впервые благодаря использованию цифровых технологий и внедрению нового оборудования уже седьмой экземпляр двигателя собран на "Пермском моторном заводе" в условиях серийного производства, что значительно удешевляет стоимость разработки и сроки освоения серийного производства. В предыдущей практике вся опытная партия (порядка 25 двигателей) собиралась в условиях опытного производства и только потом двигатель передавался серийному производителю.

ПД-14 - совершенно новая разработка "Авиадвигателя", без заимствования узлов и систем из конструкции предыдущих сертифицированных двигателей, но далеко не единственная в истории пермской конструкторской школы. В свое время в Перми были созданы совершенно новые двигатели: Д-30, Д-30Ф6, ПС-90А, каждый из которых имеет несколько модификаций. Все эти двигатели в разное время массово производились серийными заводами в Рыбинске и Перми. Успешный опыт разработки, внедрения в серийное производство и эксплуатацию новых двигателей, накопленный пермской конструкторской школой за несколько десятилетий, дает уверенность в том, что проект ПД-14 будет успешно реализован.

К настоящему времени конструкция и параметры двигательной установки ПД-14 определены, конфигурация утверждена. В мае 2015 год проект успешно прошел пятый контрольный рубеж по системе Gate-технологий. Сейчас ведется подготовка к летным испытаниям двигателя на летающей лаборатории Ил-76 в ЛИИ им. Громова. В России давно не реализовывались крупные двигательные проекты, летные испытания на летающей лаборатории не проводились, поэтому требуется время для продления срока службы самолета, оснащения его необходимым оборудованием, подготовки основных двигателей и пилона. В процессе испытаний двигатель должен подтвердить заявленные характеристики, работоспособность и надежность во всех ожидаемых условиях эксплуатации. По результатам летных испытаний будет выдано разрешение на первый полет самолета МС-21 с двигателем ПД-14 - для дальнейшего проведения необходимых сертификационных испытаний.

ПД-14 - это новый полностью отечественный двигатель мирового класса. По сравнению с лучшими современными зарубежными и российскими аналогами (CFM56-5B/-7, V2500-A5, ПС-90А) при разработке ПД 14 сделан значительный шаг в повышении основных параметров. ПД-14 конкурирует с разрабатываемыми двигателями аналогичного назначения и класса тяги: PW1100G-JM, PW1400G компании P&W для самолетов A320NEO и МС 21; Leap-1A, Leap-1B, Leap-1C консорциума CFMI (GE/Snecma) для самолётов A320NEO, B737MAX и C919 соответственно.

Конкурентные преимущества двигателя ПД-14 по показателям экономической эффективности эксплуатации обеспечиваются за счет оптимального сочетания умеренно высоких параметров цикла и проверенной схемы двигателя с прямым приводом вентилятора, что позволяет обеспечить снижение цены двигателя, затрат на обслуживание и ремонт, массы и лобового сопротивления двигательной установки.

ПД-14 является инновационным, перспективным продуктом, открывающим дорогу целому семейству двигателей для летательных аппаратов, газоперекачивающих станций и газотурбинных электростанций, которые будут созданы в ближайшие годы в России и составят конкуренцию импортным аналогам. Один из образцов двигателя ПД-14 был представлен в Москве на международном авиационно-космическом салоне "МАКС-2015" - впервые новый двигатель можно было увидеть с мотогондолой.

ПД-14

Вячеслав Александрович
Богуслаев
Президент
АО "МОТОР СИЧ"

АО "МОТОР СИЧ" И ЖУРНАЛ «ДВИГАТЕЛЬ» СТО НОМЕРОВ ВМЕСТЕ

АО "МОТОР СИЧ" – это компания, специализирующаяся на создании, производстве и послепродажном обслуживании авиационных газотурбинных двигателей, промышленных газотурбинных приводов, а также газотурбинных электростанций с этими приводами. В последнее время мы также проводим активные работы по созданию в Украине вертолетостроительной промышленности. Качество и надежность выпускаемых нами авиадвигателей подтверждена их многолетней эксплуатацией на самолетах и вертолетах более, чем в 100 странах мира.

Одним из признанных критериев успешности предприятия является его участие в международных авиационных выставках. АО "МОТОР СИЧ" постоянно представляет свои новые двигатели и другую продукцию на аэрокосмических салонах в России, Украине, Великобритании, Германии, Франции, Индии, Китае, Объединенных Арабских Эмиратах и других странах.

Сегодня список наших двигателей, находящихся в серийном производстве и на различных этапах создания для пассажирских и транспортных самолетов, охватывает турбовинтовые и турбовинтовентиляторные двигатели мощностью от 400 до 14 000 л.с., а также двухконтурные тягой от 1500 до 23 400 кгс.

Из их числа необходимо выделить двигатель Д-436-148 для пассажирских самолетов семейства Ан-148. Он соответствует современным требованиям ICAO по эмиссии и обеспечивает уровень шума самолета Ан-148 ниже установленных норм.

Для различных модификаций Ан-148 и других пассажирских и транспортных самолетов с маршевыми двигателями семейства Д-436 на АО "МОТОР СИЧ" создан двухвальный вспомогательный газотурбинный двигатель АИ-450-МС. Он обеспечивает запуск маршевых двигателей, а также подачу сжатого воздуха и электроэнергии в бортовые системы самолета при неработающих маршевых двигателях.

Самолет Ан-148-100 в различных модификациях обеспечивает перевозку 68-89 пассажиров на дальность от 2,1 до 4,4 тысяч километров с высоким уровнем комфорта. По соотношению цена/качество он превосходит все аналоги. Из достоинств самолета можно выделить высокие летно-технические характеристики, возможность его использования на далеко не идеальных аэродромах благодаря высокому расположению двигателей над взлетной полосой и небольшая стоимость жизненного цикла.

С середины 2013 г. в Республике Куба успешно эксплуатируется 100 местная модификация Ан-148 - самолет Ан-158.

Сегодня конструкторы ГП "Антонов" выполняют работы по созданию транспортной модификации Ан-178, предназначенной для замены ветерана транспортной авиации Ан-12. Для этого самолета, грузоподъемностью 16...18 тонн, создается двигатель Д-436-148ФМ.

Д-436-148ФМ - модификация двигателя Д-436-148 с увеличенной до 7900 кгс взлетной тягой и тягой на чрезвычайном режиме 8600 кгс за счет применения более эффективных узлов двигателя.

Прежде всего это перспективный широкохордный вентилятор в конструкции которого использованы новые решения по повышению КПД, напорности и снижение шума. В сочетании с повышением характеристик основных узлов двигателя это обеспечит существенное улучшение летно-технических характеристик самолетов. Завершение сертификации двигателя запланировано на 2016 год.

В апреле 2015 года начаты летные испытания самолета Ан-178.

Совместно с ГП "Ивченко-Прогресс" проводились работы по созданию двигателя Д-436ТП-М. Это модификация двигателя Д-436ТП с установленным в наружном контуре реверсом-нейтрализатором тяги, который повышает маневренность самолета на воде при проведении спасательных работ. Предназначен для установки на самолеты-амфибии семейства Бе-200. Двигатель Д-436ТП-М успешно прошел стендовые испытания.

С целью дальнейшего повышения летно-технических характеристик вертолетов и их эффективности при эксплуатации в высокогорных районах стран с жарким климатом на АО "МОТОР СИЧ" создан вертолетный двигатель ТВ3-117ВМА-СБМ1В. По своим характеристикам он соответствует современным техническим требованиям и сертифицирован Авиационным регистром Межгосударственного Авиационного Комитета и Государственной авиационной администрацией Украины.

Использование конструктивных решений, отработанных ранее на двигателях семейства ТВ3-117В и на турбовинтовом двигателе ТВ3-117ВМА-СБМ1, а также богатого опыта разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта вертолетных двигателей, выпускаемых АО "МОТОР СИЧ" более 60 лет, позволили создать двигатель с новыми качествами и назначенным ресурсом 12 000 часов/12 000 циклов при ресурсе до первого капитального ремонта 5000 часов/5000 циклов.

Режимы работы двигателя оптимально адаптированы к условиям эксплуатации на различных типах вертолетов. Его система автоматического управления позволяет, при испытаниях на предприятии, настраивать одно из следующих значений мощности на взлетном режиме - 2500, 2400, 2200 или 2000 л.с., и обеспечивает ее поддержание до более высокой температуры наружного воздуха и высоты полета по сравнению с существующими модификациями двигателей семейства ТВ3-117В, устанавливаемыми на вертолеты марок "Ми" и "Ка".

Для повышения безопасности однодвигательного полета предусмотрены режимы 2,5-минутной и 60-минутной мощности, равной 2800 л.с, а также режим 60-минутной мощности, равной мощности взлетного режима.

С целью повышения эксплуатационных характеристик вертолета введен режим "продолжительной взлетной мощности", предусматривающий, при необходимости, непрерывное использование взлетного режима обоих работающих двигателей более пяти (до тридцати) минут.

Двигатель прошел испытания в ТБК ЦИАМ по определению основных технических данных и высотно-скоростных характеристик, а также по оценке эксплуатационных характеристик и работоспособности систем двигателя. Во время этих испытаний двигатель обеспечил устойчивый запуск до высоты 6000 метров и устойчивую работу на высоте 9000 метров во всем диапазоне возможных в эксплуатации температур наружного воздуха.

В настоящее время двигатель эксплуатируется на нескольких типах вертолетов. Совместно с АО "Вертолеты России" и ОАО "Камов" проводятся работы по его применению на вертолете типа Ка-32.

Для применения в проектах новых вертолетов разрабатывается модификация двигателя - ТВ3-117ВМА-СБМ1В 1 серии с электронно-цифровой САУ и уже создана и сертифицирована модификация

ТВ3-117ВМА-СБМ1В 2 серии с новым электронным регулятором. Использование новых САУ приведет к дальнейшему улучшению характеристик двигателей и вертолетов.

Двигатели ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4 и 4Е серии (с воздушной или электрической системами запуска) являются модификациями двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1В и предназначены для ремоторизации ранее выпущенных вертолетов типа Ми-8Т с целью улучшения их летно-технических характеристик, особенно при эксплуатации в условиях жаркого климата и высокогорных взлетных площадок. Двигатели поддерживают мощность до более высоких значений температур наружного воздуха, высот базирования и полета по сравнению с двигателями ТВ2-117, установленными в настоящее время на вертолеты типа Ми-8Т.

Двигатели унаследовали лучшие конструктивные решения отработанные на базовом двигателе ТВ3-117ВМА-СБМ1В направленные на обеспечение более высоких параметров и ресурсов. Это позволило установить двигателям ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4 и 4Е серии назначенный ресурс 15 000 часов/циклов, ввести чрезвычайные режимы 2,5 и 30-минутной мощности при одном неработающем двигателе, которые отсутствовали на двигателе ТВ2-117.

Первый полет вертолета Ми-8Т с новыми двигателями ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4Е серии состоялся 10 ноября 2010 г. на аэродроме АО "МОТОР СИЧ".

В 2011г. АО "МОТОР СИЧ" Авиационным регистром МАК выдано дополнение к Сертификату типа на маршевые двигатели ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4 и 4Е серий.

Новый проект - двигатель ТВ3-117ВМА-СБМ1В 5 серии. Он создается совместно с ГП "Ивченко-Прогресс". Этот двигатель обладает мощностью 2800 л.с. на взлетном режиме и 3750 л.с. на чрезвычайном режиме. Форсирование его выполнено за счет изменения конструкции. Планируется две модификации этого двигателя: турбовальная для вертолетов взлетной массой 15...16 тонн, типа Ми-38, и турбовинтовая (ТВ3-117ВМА-СБМ2) для транспортных самолетов класса Ан-140Т.

Сегодня в мире повышенным спросом пользуется малая авиация, в связи с этим АО "МОТОР СИЧ" активно участвует в проводимых ГП "Ивченко-Прогресс" работах по созданию малоразмерных турбовальных и турбовинтовых двигателей семейства АИ-450 с мощностью на взлетном режиме 450...600 л.с. По тактико-техническим, экономическим и экологическим характеристикам эти двигатели будут одними из лучших в своем классе. АИ-450 способен поднять в воздух вертолеты грузоподъемностью от 1200 до 2000 кг.

Сейчас усилия двух предприятий сосредоточены на модификации АИ-450М с мощностью на взлетном режиме 400 л.с. и 465 л.с. в зависимости от настройки САУ, предназначенной для ремоторизации ранее выпущенных вертолетов Ми-2, где она заменит снятые с производства ГТД-350. В апреле 2015 г. на двигатель АИ-450М получен Сертификат типа, выданный Авиационным регистром МАК.

Параллельно ведутся работы по турбовинтовым модификациям АИ-450С и АИ-450С-2 с мощностью на взлетном режиме 450 и 630 л.с. соответственно, предназначенным для самолетов авиации общего назначения и учебно-тренировочных. В настоящее время двигатель АИ-450С проходит летные испытания в составе самолета DA50-JP7 широко известной в мире австрийской компании DIAMOND AI.

Двигатель АИ-450С-2 предназначен для установки на модификацию чешского двухмоторного многоцелевого самолета EV-55 и аналогичные самолеты авиации общего назначения.

Учитывая изменение конъюнктуры мирового вертолетного рынка, наше предприятие ведет работы по созданию семейства турбовальных двигателей нового поколения - МС-500В в классе взлетной мощности 600...1100 л.с, предназначенных для установки на вертолеты различного назначения со взлетной массой 3,5...6 тонн.

По прогнозам экспертов, сектор рынка вертолетов этого класса, благодаря их универсальности, будет одним из самых перспективных в ближайшие годы. Базовым двигателем семейства является МС-500В-01 с мощностью на взлетном режиме 810 л.с. На его основе создана модификация со взлетной мощностью 630 л.с. (двигатель МС-500В) и ведутся работы по созданию модификаций со взлетной мощностью 1100 л.с. (двигатели МС-500В-02/03).

Разработка двигателей семейства МС-500В ориентирована на создание перспективных конкурентоспособных с зарубежными аналогами, надежных, легких и экономичных двигателей с малой стоимостью жизненного цикла. Компоновка базового двигателя была выбрана исходя из условия применения высоконапорного одноступенчатого центробежного компрессора со степенью повышения давления 11 при высоком КПД и обеспечении необходимых запасов ГДУ.

Проектно-конструкторские работы по этому компрессору выполнены специалистами АО "МОТОР СИЧ".

Двигатель МС-500В успешно прошел испытания в термобарокамере ЦИАМ и 19 мая 2014 года получил Сертификат типа, выданный Авиационным регистром МАК.

Сейчас начаты совместные работы с АО "Казанский вертолетный завод" по адаптации двигателя к условиям эксплуатации на многоцелевом гражданском вертолете «АНСАТ».

Турбовинтовой двигатель МС-14 предназначен для ремоторизации ветерана отечественной авиации самолета Ан-2, а также может устанавливаться на другие самолеты аналогичного класса.

В августе 2013 г. АО "МОТОР СИЧ" Авиационным регистром МАК выдан Сертификат типа на маршевый двигатель МС-14.

На ГП "Антонов" успешно завершены летно-конструкторские испытания самолета Ан-2-100 с двигателем МС-14. Их результаты наглядно демонстрируют, что новый двигатель обеспечил существенное улучшение летно-технических и эксплуатационных характеристик самолета. Это вселяет надежду, что проект ремоторизации заинтересует многих эксплуатантов Ан-2. Работы по серийной ремоторизации будут выполняться на Винницком авиационном заводе.

В настоящее время АО "МОТОР СИЧ" активно развивает направление по созданию, ремонту, модернизации вертолетов в рамках реализации программы вертолетостроения.

Модернизация вертолетов типа Ми-8Т в профиль Ми-8МСБ

Самолет Ан-148 и двигатель Д-436-148

Вертолет Ми-2МСБ и двигатель АИ-450М

предусматривает установку новых двигателей ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4Е серии. В результате вертолет приобретает следующие преимущества:

- поддержание стабильной мощности двигателей во всем эксплуатационном диапазоне высот и температур;
- больший практический потолок;
- больший межремонтный и назначенный ресурс двигателей, что уменьшает затраты на их эксплуатацию;
- простоту обслуживания, высокую ремонтопригодность и надежность;
- увеличенную дальность полета за счет уменьшения часового расхода топлива;
- увеличенную до 4200 метров высоту базирования, облегченный запуск в условиях высоких температур и высокогорья.

В рамках программы модернизации предприятие выполняет работы по дооснащению вертолетов Ми-8МСБ комплектом навигационного оборудования, полностью удовлетворяющего требованиям EASA и ICAO.

Модернизированный вертолет Ми-8МСБ может быть изготовлен в следующих модификациях: транспортный, пассажирский (в том числе в VIP - исполнении), поисково-спасательный, медицинский, пожарный, военный (Ми-8МСБ-В). В августе 2013 года вертолет Ми-8МСБ с двигателями ТВ3-117ВМА-СБМ1В 4Е серии установил ряд мировых рекордов, среди которых абсолютный рекорд высоты горизонтального полета в классе Е-1 – 9150 м, что на 300 м превышает высоту г. Эверест - высочайшей вершины мира.

Транспортно-боевой вертолет Ми-8МСБ-В оснащен системой управления вооружением и комплектом несущих ферм балочных держателей производства АО "МОТОР СИЧ", что позволяет использовать неуправляемое ракетное вооружение (блоки Б8В20МСБ и блоки Б8В8МСБ, также производства АО "МОТОР СИЧ"), систему минирования местности и осуществлять сброс авиационных бомб массой до 500 кг. Ведутся работы по применению ракетного управляемого вооружения (комплекс "Барьер В") и стрелково-пушечного вооружения соответствующего требованиям стандартов НАТО.

Комплекс защиты вертолета Ми-8МСБ-В состоит из станции оптико-электронного подавления "АДРОС" КТ-01АВ и комбинированного устройства выброса помех "АДРОС" КУВ 26-50. Ведутся работы по комплектации вертолетов современными экранно-выхлопными устройствами "АДРОС" АШ-01В и системой оповещения о лазерном излучении производства НПФ "Адрон".

Ми-2 - еще один вертолет, модернизируемый в настоящее время на АО "МОТОР СИЧ". Модернизация Ми-2 в профиль Ми-2МСБ производится путем установки двигателей нового поколения АИ-450М и выполняется одновременно с капитально-восстановительными работами, обеспечивая запас календарного срока службы, ресурса вертолета и его агрегатов по приемлемым для эксплуатантов ценам.

Преимущества вертолета Ми-2МСБ перед Ми-2: уменьшение часового расхода топлива на 30 %; увеличение практического потолка на 15 %; увеличение максимальной взлетной массы до 10 %. В декабре 2014 г. модернизированный вертолет Ми-2МСБ успешно завершил заводские летные испытания.

Перспективный транспортно-боевой вертолет Ми-2МСБ-В оснащен системой управления вооружением и комплектом несущих ферм производства АО "МОТОР СИЧ", что позволяет использовать неуправляемое ракетное вооружение (блоки Б8В8МСБ, также производства АО "МОТОР СИЧ"). Ведутся работы по применению ракетного управляемого вооружения (комплекс "Барьер-В") и стрелково-пушечного вооружения соответствующего требованиям стандартов НАТО, а также применение гранатомета.

Комплекс защиты вертолета Ми-2МСБ-В состоит из станции оптико-электронного подавления "АДРОС" КТ-01АВ и комбинированного устройства выброса помех "АДРОС" АВ-26В. Ведутся работы по комплектации вертолетов современными экранно-выхлопными устройствами "АДРОС" АШ-02В и системой оповещения о лазерном излучении производства НПФ "Адрон".

Одним из приоритетных направлений в вертолетной тематике является создание вертолета МСБ-2 на базе вертолета Ми-2 с улучшенными летно-техническими и эргономическими характеристиками. Процесс создания включает в себя два этапа.

Первый этап:

- установка современных двигателей АИ-450М улучшенной топливной эффективности и повышенной мощности;
- модернизация трансмиссии вертолета;
- установка новой композитной носовой части;
- установка современного пилотажно-навигационного комплекса.

Второй этап:

- совершенствование конструкции лопастей и втулки несущего винта;
- установка новой топливной системы;
- установка основных топливных баков увеличенной емкости за пределами кабины;
- усиление конструкции фюзеляжа для увеличения полезного объема кабины;
- установка задней грузопассажирской двери;
- установка нового салона.

Сегодня деятельность АО "МОТОР СИЧ" в полной мере отвечает критериям мировой экономики. Стратегия деятельности предприятия направлена на увеличение объёмов производства и реализации продукции, разработку и освоение серийного производства новых перспективных изделий, расширение рынков сбыта продукции, получение от всех видов деятельности максимальной прибыли.

АО "МОТОР СИЧ"
пр. Моторостроителей, 15,
г. Запорожье, 69068, Украина.
Тел.: (+38061) 720-48-14.
Факс: (+38061) 720-50-00.
E-mail: eo.vtf@motorsich.com
http//www.motorsich.com

ОАО «Объединенная
двигателестроительная корпорация»
Россия, 105118, г. Москва, пр-кт Буденного, д. 16
www.uecrus.com info@uecrus.com

Объединенная
двигателестроительная
корпорация

НОВЫЙ ГЕНЕРАТОР PULSAR,

ПРЕВОСХОДЯЩИЙ ВСЕ СУЩЕСТВУЮЩИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Фирма SARIX постоянно совершенствует применяемые технологические решения. Признанная с 1993 года лидером микроэлектроэрозионной обработки, в сентябре – октябре 2015 года представила специалистам всего мира новый генератор PULSAR – генератор уже пятого поколения. Одновременно с разработкой нового генератора SARIX, продолжая непрерывный процесс эволюции в микрообработке и стремясь к наиболее полному удовлетворению потребностей заказчиков, пополнил ряд выпускаемых станков новейшей моделью следующего поколения PULSAR.

Новое поколение станков PULSAR

Поколение PULSAR

SARIX оперативно реагирует на потребности рынка оборудования для микрообработки. Фирма рассчитывает на сохранение лидерства в этой области благодаря широкому внедрению инновационных технологий. Новая платформа системы управления процессом обработки PULSAR пятого поколения является очередным этапом модернизации генератора MPS и объединяет новейшие устройства: SARIXADP (Аналоговое цифровое управление) и DPM (Сквозное управление подачей).

PULSAR ADP™ сочетает в себе производительность современной цифровой электроники с высокой скоростью реакции при формировании аналоговых импульсов, как нано-, так и микродлительности.

PULSAR DPM™ обеспечивает ускоренное перемещение инструмента одновременно с выполнением микрообработки высшего качества.

Непрерывное совершенствование программного обеспечения станка позволило для PULSAR ADP™ и PULSAR DPM™ создать генератор PULSAR, вырабатывающий и контролирующий импульсы в нано-диапазоне.

Система PULSAR выдаёт импульсы микро- и нано- порядка такой мощности, при которой исключается повреждение материала детали: образование трещин, заусенцев и появление изменённого поверхностного слоя. При этом обработанная деталь соответствует заданным геометрическим размерам с микронной точностью.

Обновленный дизайн станка SX100

Обновленный дизайн станков SX100 и SX50 полностью соответствует ожиданиям пользователей и предлагает многочисленные преимущества: простоту использования, компактность, полный оперативный доступ, сенсорный экран, джойстик, выносной пульт - и многое другое.

Все эти преимущества предлагаются в сочетании с высокой производительностью и высоким качеством обработки.

SX100 и SX50 поставляются в собранном компактном виде со всеми необходимыми подсистемами: компактной системой ЧПУ, отдельными пневматическим и гидравлическим блоками. Также в комплект входит гидроагрегат с тремя отдельными насосами и системой высокого давления - до 100 бар.

Конструкция станков полностью соответствует новейшим стандартам безопасности, а эргономика такова, что в. пределах рабочего пространства отсутствуют недоступные зоны. Конфигурация рабочего пространства станка более гибкая, чем когда-либо ранее, что обеспечило доступ к рабочей области с трех сторон.

Новый SX100 hpm с генератором PULSAR

Всегда в курсе новейших тенденций

Специалисты фирмы SARIX постоянно изучают современное состояние IT-технологий, что обеспечивает им нахождение в авангарде развития микроэлектроэрозионного оборудования путём непрерывного обновления программного обеспечения. Причем обновления не ради обновления, а прежде всего для удовлетворения потребности заказчика.

Система PULSAR разработана таким образом, что позволяет непрерывно совершенствовать программное обеспечение для повышения производительности и предоставления новых функций. Причем для покупателей станков обновления предоставляются бесплатно.

Благодаря внедрению современных технологий станки SARIX обеспечивают:

- Высокую точность изготовления электрода;
- Автоматическую компенсацию износа электрода;
- Применение электрода диаметром до 30 микрон;
- Осуществление 3D-микроэлектроэрозионного фрезерования.

В ближайшем будущем планируется предоставление новых функций.

Новый SX100 hpm с устройством для изготовления микроэлектрода - SX-Arianne

Новейшие держатели направляющих электродов

Несмотря на то, что темпы автоматизации оборудования продолжают нарастать, высокоточные системы с ручной установкой все еще весьма актуальны для производств со средними и малыми объемами продукции. Новейшие держатели направляющих электродов предлагают простую установку направляющих на требуемую высоту с соблюдением идеального центрирования. Интегрированный механизм отвода предоставляет оператору быстрый доступ к рабочей зоне и непосредственно к обрабатываемой детали под держателем направляющей.

Новейшие направляющие электродов

Повторяемость в пределах одного микрометра

Новейшая прецизионная цанга SARIX, SP12, обеспечивает безлюфтовый зажим электрода с высокой повторяемостью позиционирования. В процессе обработки отклонение позиционирования электрода меньше 1 микрона и остается в этих пределах даже тогда, когда заменяется цанга или в цангу вставляется новый электрод.

Конструкция держателя цанги обеспечивает легкую установку как положения электрода, так и наклон его оси.

Высокоточная автоматическая цанга, от 30 микрон

Преимущества на рынке микроэлектроэрозионного оборудования

Система SARIX PULSAR обеспечивает высокую частоту импульсов, используя передовые ADP и DPM технологии. Система предлагает существенные преимущества при микроэлектроэрозионной обработке: высокую скорость, меньший износ электрода и лучшее качество обработанной поверхности при микроэлектроэрозионной обработке и 3D-микроэлектроэрозионном фрезеровании.

Высокое качество обработанной поверхности

Массовое производство

Высокая производительность генератора PULSAR и комплексное концептуальное проектирование станков SARIX способствуют прогрессу и инновациям в различных высокотехнологичных отраслях. Например, в автомобильной промышленности при обработке форсунок дизельных топливных систем использование микроэлектроэрозионного генератора SARIX последнего поколения позволило усовершенствовать технологию их производства: при массовом производстве цикл прошивки отверстий сократился по времени на 15 %.

Преимущество использования оборудования SARIX в аэрокосмической отрасли

Наличие в линейке оборудования SARIX станка SX200 позволило расширить спектр применения станков этой фирмы и на аэрокосмическую отрасль. Благодаря появлению генератора PULSAR в новейшей версии SX200 Аэро появились новые уникальные возможности при обработке деталей. Помимо значительного сокращения времени обработки отверстий - на 20...25 % - использование данного оборудования обеспечило уменьшение износа электрода.

Новейшая версия SX200 Аэро

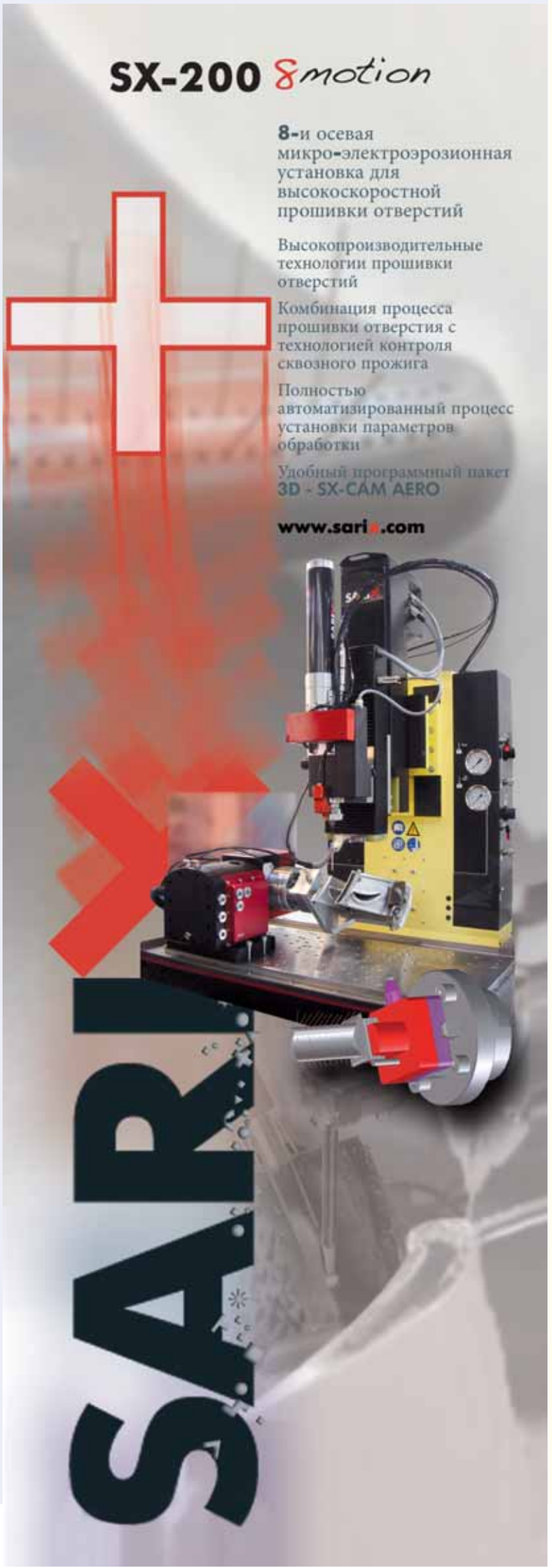
Преимущества микроэлектроэрозионной обработки с системой PULSAR

- Высокая точность сверления.
- Высокая скорость сверления.
- Высокая повторяемость.
- 3D- фрезерование.
- Комбинирование микроэлектроэрозионной обработки с высокоскоростным фрезерованием.
- Комбинирование микроэлектроэрозионной обработки с лазерной микроабляцией.

Возможны и другие комбинации обработки деталей в соответствии с Вашими потребностями!

SARIX SA
Via Serrai 12
6592 Sant'Antonino
Switzerland

Tel.: +41 91 222 80 04
Fax: +41 91 222 80 19
www.sarix.com
sales@sarix.com



ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТОМОГРАФОВ "ПРОМИНТРО" В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

ООО "Промышленная интроскопия":

Ирина Алексеевна Вайнберг, старший научный сотрудник, к.т.н., **Эдуард Ильич Вайнберг,** президент, д.т.н.

В последние три десятилетия мы стали свидетелями и даже участниками безостановочной научно-технической революции в области цифровых технологий. Интернет, спутниковая навигация, фундаментальная компьютеризация проектирования, производства и управления технологическим оборудованием, беспилотные ЛА, автомобили и поезда без водителей, цифровое 3D моделирование, цифровой электропривод, цифровые электронно-оптические приборы, цифровые РЛС, аддитивные материалосберегающие технологии, самонаводящееся высокоточное оружие, цифровые средства измерений и неразрушающего контроля.

В условиях цифровой революции "нон-стоп" двигателестроение остается лидером в освоении новых технологий и материалов с целью повышения мощности и надежности энергоустановок при одновременном снижении веса, расхода топлива, затрат на техническое обслуживание и улучшении экологичности.

Отработка новых технологий, качество серийного производства и надежность эксплуатации ответственных деталей и сборок, внедрение новых эффективных материалов требуют адекватных высокоинформативных средств неразрушающего контроля и количественной технической диагностики. Например, чем измерить толщину стенки охлаждаемой турбинной лопатки сложной формы? Чем оценить величину зазоров и правильность сборки ответственного клапана, датчика или целого двигателя? Как проконтролировать качество пайки внутри сложной форсунки или многослойного неразъемного соединения? Как оценить соответствие пространственного армирования или многослойной композиционной конструкции требованиям чертежа? Как гарантировать качество и надежность сложного литья? Как проконтролировать распределение плотности внутри кумулятивного снаряда или металлического изделия, изготовленного с использованием аддитивных технологий?

Высокоэнергетические промышленные томографы компании "ПРОМИНТРО" успешно решают подобные задачи в передовых научно-производственных центрах России, Китая, Франции, Южной Кореи и Чехии.

Охлаждаемые турбинные лопатки, лопатки вентиляторов, лопасти самолетных и вертолетных винтов, клапаны, форсунки, топливораспределительные агрегаты, уплотнительные кольца, подшипники, головки блока цилиндров, сложное корпусное литье и сварные соединения, всевозможные датчики, теплозащита, многослойные звукопоглощающие панели, электродвигатели, аккумуляторы, обтекатели, тормозные колодки, турбинные колеса из композитов и керамики, камеры сгорания, элементы механизации крыла, радиопоглощающие покрытия, боеприпасы - далеко неполный перечень областей применения томографов "ПРОМИНТРО".

vainbergei@gmail.com

Отличительные особенности универсальных высокоэнергетических томографов ПРОМИНТРО:

- повышенная проникающая способность излучения двух источников излучения: минифокусной рентгеновской трубки на 450 кВ и ускорителя электронов с энергией 4...9 МэВ;

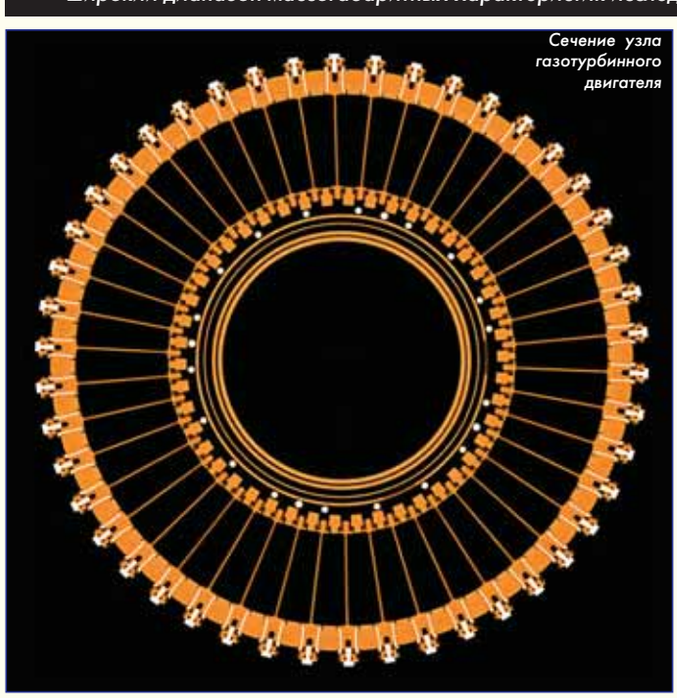
- двумерная коллимация каждого измерительного канала (от фокусного пятна источника излучения до апертуры индивидуального детектора);

- фирменный метод локальной томографии с повышенным пространственным разрешением путем гибкого задания положения и размеров томограмм в диапазоне 1:30, а также шага дискретизации проекций от 0,02 до 0,8 мм;

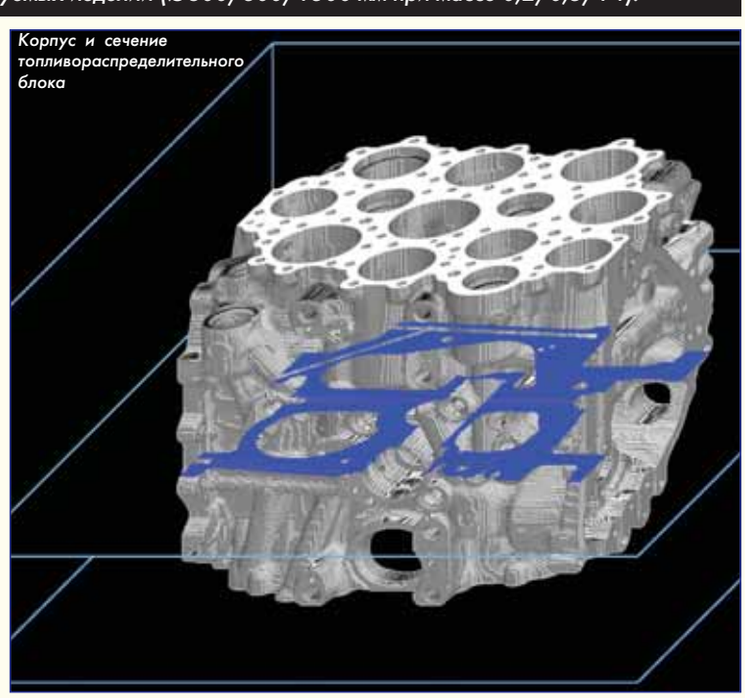
- многолетняя устойчивость к деградации характеристик детекторов и отсутствие "кольцевых" артефактов;

- высокое качество и метрологический уровень томограмм;

- широкий диапазон массогабаритных характеристик исследуемых изделий (∅600/800/1500 мм при массе 0,2/0,5/1 т).



Сечение узла газотурбинного двигателя



Корпус и сечение топливораспределительного блока

УДК 621. 456 "313"

ЗА ЧАС - ИЗ ЛОНДОНА В НЬЮ-ЙОРК

(О ПАТЕНТЕ НА СВЕРХЗВУКОВОЙ ПАССАЖИРСКИЙ САМОЛЁТ)

Владимир Петрович Кокорев, к.в.н., начальник сектора ОНТИ ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Патент относится к сверхскоростному воздушному судну вместе с методом воздушной перевозки с помощью этого летательного аппарата. Самолёт оснащён системой моторов, состоящей из газотурбинных двигателей, прямоточных двигателей и ракетного двигателя. Он обладает пониженным сопротивлением во время полёта на крейсерском участке и отличается треугольным крылом, снабжённым подвижными стабилизаторами на концевых кромках.

The invention concerns an ultra-rapid air vehicle together with a method of aerial locomotion by means of an ultra-rapid air vehicle, where the air vehicle is propelled by a system of motors formed of turbojets, ramjets, and a rocket motor which can be made streamlined to reduce the drag of the base during the cruise phase, and where the vehicle has a gothic delta wing fitted with moving fins at both outer ends of the trailing edge of the delta wing.

Ключевые слова: гиперзвук, пассажирский самолёт, многодвигательность
Keywords: hypersonic, passenger air vehicle, multiengines

Группа инженеров во главе с Marco Prampolini из проекта перспективных систем Airbus Defence and Space получила американский патент на проект "ультраскоростного воздушного судна", который предусматривает транспортировку 20 пассажиров со скоростью до M=4,5 на дальность почти 5 000 nm (около 9 000 км).

Соединённые Штаты выдали французским организациям ASTRIUM SAS и EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND SPACE COMPANY-EADS FRANCE патент "Ultra-Rapid Air Vehicle And Related Method For Aerial Locomotion" на сверхскоростной летательный аппарат (ЛА) и метод осуществления с его помощью авиаперевозок. Отметим, что на рассмотрение европейской заявки, поданной 20 декабря 2010 года, ушло почти пять лет.

Патент является частью НИР, начатой в 2009 году как "предварительное изучение" в рамках научно-исследовательского проекта под названием ZHEST (Zero Emission Hypersonic Transportation - гиперзвуковая транспортировка с нулевой эмиссией). Патентная заявка была подана в 2010 году, и недавняя публикация отражает задержку на обработку патентов, которая началась с Французского, затем европейского EU и, наконец, патента США.

Рис.1. Эскиз сверхскоростного самолёта по патенту США

Самолёт отличается треугольным крылом "формы готической дельты" (называемой так из-за своего сходства со сводом кафедрального собора), стреловидностью по передней кромке от 70 до 75 градусов.

Аппарат оснащается двигателями трёх типов. Для взлёта используются турбореактивный двигатель (ТРД) и ракетный ЖРД (всех их может быть установлено несколько), которые сначала разгоняют машину горизонтально, а затем переводят полет на вертикальную траекторию. ТРД отключают перед достижением M=1, после чего убирают в фюзеляж. Гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ГПВРД) помогает поддерживать высокую крейсерскую скорость на высотах от 98 000 до 115 000 футов (около 30 000...35 000 м). Для торможения и снижения самолёта ГПВРД выключают, развёртывают разрезные закрылки, а после падения скорости ниже M=1 трапецеидальные стабилизаторы на внешних кромках крыла переводятся в перпендикулярное положение относительно треугольных крыльев. Затем развёртываются и включаются ТРД, и посадка переходит в обычном самолётном режиме.

Исследования в области сверхскоростного пассажирского транспорта (в режиме полёта "от точки к точке") в последнее время проводились в Японии и Соединённых Штатах. Следуя этим НИР, EADS и ASTRIUM также предприняли, наряду с программой космического самолёта ASP ("ASTRIUM SPACE PLANE"), изучение концепций сверхскоростного ЛА для "двухточечного" маршрута.

К настоящему времени в мире известны две модели сверхзвуковых пассажирских ЛА. Это англо-французский CONCORDE и советский Ту-144. Предложенный настоящим патентом "сверхскоростной ЛА" должен обладать существенно более высокими техническими и, прежде всего, эксплуатационными характеристиками, чем оба этих самолёта. В частности, на новом ЛА значительно снижен шум, возникающий при преодолении звукового барьера, называемый, как известно, "звуковым ударом". Этот шум был основным, если не единственным препятствием на пути открытия других линий (кроме трансатлантических) для самолёта CONCORDE.

Рис.2. Сверхскоростной ЛА

Кабина (P) для размещения пассажиров находится впереди сборки крыло-фюзеляж, обеспечивая в крейсерском полёте минимальное сопротивление, при этом не создавая подъёмной силы. Посадочные шасси (TRa, TRb, TRc) максимально упрощённой конструкции и схемы управления убираются в фюзеляж. Два подвижных стабилизатора (a1, a2) расположены симметрично продольной оси самолёта на задних кромках треугольного крыла. Два ГПВРД (ST1, ST2) расположены симметрично продольной оси ЛА, каждый отличается фиксированной геометрией, оптимизированной для фазы крейсерского полёта. Два ТРД (TB1, TB2) находятся в переходной зоне между кабиной (P) и фюзеляжем (F) и убираются в фюзеляж в нерабочем состоянии.

В задней части фюзеляжа расположен ракетный двигатель (ЖРД), снабжённый створкой, открывающей доступ во внешнюю среду. Что касается ГПВРД, их воздухозаборник позиционируется впереди зон ЛА, подверженных влиянию вторичных ударных волн, и/или зоны ЛА, на которую воздействует головной удар. тем самым обеспечивая поступление воздуха в невозмущённом состоянии.

Фюзеляж содержит бак с водородом в жидком виде или в шугообразном состоянии и один или более баков с жидким кислородом.

Треугольное крыло имеет плоские верхнюю и нижнюю поверхности, причём корневая часть крыла начинается приблизительно в области, где передняя часть фюзеляжа расширяется.

На внешних концах задней кромки треугольного крыла крепится хвостовое оперение с помощью цилиндрической втулки, параллельной оси фюзеляжа, причём каждый стабилизатор состоит из двух примерно идентичных трапецеидальный элементов. Они могут поворачиваться вокруг своей оси так, что плоскости

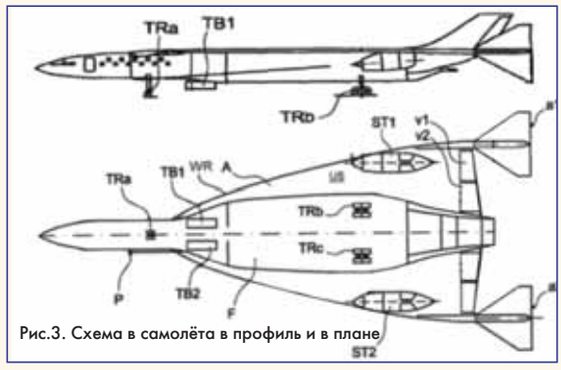
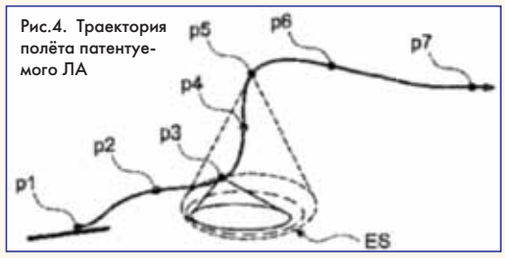


Рис.3. Схема в самолёта в профиль и в плане

обоих трапецеидальных элементов становятся параллельно или перпендикулярно плоскости треугольного крыла.

Силовая система включает, по крайней мере, один ТРД, способный убираться в фюзеляж и устанавливаться впереди фюзеляжа, по крайней мере, один ГПВРД фиксированной геометрии и один ракетный двигатель, размещённый в задней части фюзеляжа. Створки в задней части фюзеляжа могут открываться или закрываться, соответственно - выводя или изолируя ракетный двигатель от внешней среды.

Рис.4. Траектория полёта патентуемого ЛА



Фюзеляж самолёта состоит из переднего сегмента или носовой части с кабиной и заднего сегмента. При этом передний сегмент расширяется до постоянного сечения пассажирского салона от секции кабины, а задняя секция - от постоянного сечения салона постепенно сужается к задней части ЛА. Общая длина самолёта примерно 60 метров, диаметр пассажирского салона около 7 метров.

Стреловидность передней кромки треугольного крыла может составлять от 70° до 75°.

Патентуется также метод авиаперевозки с использованием ЛА, который включает фазу взлёта ЛА, состоящую из следующих этапов:

- рулёжка машины на земле с помощью ТРД для достижения точки выравнивания на взлетной полосе, где оба трапецеидальных элемента оперения установлены в плоскости, параллельной треугольному крылу - в готовности к взлёту;

- открытие или проверка открытия заднего люка машины;

- взлёт, в течение которого ЛА движется одновременно с помощью ТРД и ракетного двигателя. При этом машина постепенно переводится в фазу почти вертикального взлёта за счёт очень большой тяги ЖРД. Самолёт достигает и превышает скорость M=1 на фазе подъёма. После этого ТРД отключают и убирают в фюзеляж (до уменьшения скорости M=1 в конце полёта), а позиции обоих элементов оперения ЛА постепенно приводят в плоскость, перпендикулярную плоскости треугольного крыла, как только машина или превысит сверхзвуковую скорость.

Как видно из прилагаемого рисунка, авторы выделяют ряд узловых точек на траектории полёта ЛА от взлёта (p1) до выхода (p7) на крейсерский режим. При этом особое внимание обращается на след звукового удара (ES)

Патентуется, кроме того, метод авиаперевозки, включающий этап посадки машины из крейсерского полетного коридора, на котором ЛА движется под тягой ГПВРД, а позиции обоих трапецеидальных элементов оперения перпендикулярны треугольному крылу.

Фаза посадки ЛА включает следующие этапы:

- выключение ГПВРД;

- постепенное развертывание разрезных закрылков, которое приводит машину к снижению с крутым градиентом и уменьшением околозвуковой скорости от скорости почти свободного падения;

- постепенное переложение обоих трапецеидальных элементов оперения с позиционированием их параллельно плоскости треугольного крыла, после того как скорость машины достигнет и/или станет менее M=1;

- постепенное закрытие разрезных закрылков и развертывание и запуск ТРД, после того как скорость машины станет менее M=1;

- ввод ЛА в положение горизонтального полёта, обычное для атмосферного летательного аппарата.

Крейсерский полет ЛА характеризуется следующими характеристиками:

- высота крейсерского полёта самолёта относительно Земли 30 000...35 000 м;

- дистанция рассеяния ударной волны от носа машины 110...175 км;

- скорость самолёта M = 4...4,5;

- апертурный угол конуса Маха приблизительно между 11° и 15°.

Патентуемый сверхскоростной ЛА превосходит вдвое по скорости CONCORDE, то есть имеет M более 4 и крейсерскую высоту, по крайней мере, на 20 км выше, чем у обычных гражданских самолётов.

С такими характеристиками ЛА позволяет перевозить 2-3 тонны полезной нагрузки, что эквивалентно двадцати пассажирам. Летательный аппарат обладает особыми преимуществами в экологическом отношении, поскольку тяга при ускорении и на крейсерском режиме создаётся комбинированным использованием кислорода из запаса жидкого кислорода на борту и из окружающей среды и бортового водорода - топлива будущего.

Предусматривается двойное применение сверхскоростного воздушного транспорта: гражданское и военное.

В случае гражданского применения принципиальный рынок - бизнес перелёты и перевозки VIP пассажиров, которые требуют трансконтинентальных обратных рейсов в течение одного дня.

Военное применение, со своей стороны, связано со стратегической разведкой, сверхскоростной транспортировкой ценного груза и специальных десантных групп в полной экипировке и вооружении. В наступательных операциях ЛА может наносить высокоточные удары и поражать важные цели, например, электромагнитными импульсами высокой мощности - также называемыми EMP ("Electro Magnetic Pulse"). Как и спутники, патентуемый ЛА обеспечивает почти абсолютную неуязвимость для стандартных систем ПВО, хотя обладает гибкостью и непредсказуемостью траектории, присущими традиционному самолёту.

По своим характеристикам предлагаемый ЛА позволит покрывать расстояние около 9000 км (например, Париж-Сан-Франциско или Токио-Лос-Анджелес) за три часа.

Концепция эксплуатации и архитектура патентного ЛА допускают:

- операции по отправлению и прибытию в стандартно оборудованных аэропортах (но - с дозаправкой водородом и жидким кислородом);

- независимость от воздушного трафика общего назначения (крейсерская высота выше имеющихся воздушных коридоров);

- всепогодные действия, поскольку полетная высота такова, что метеорологические явления существенного влияния на полет не оказывают;

- обслуживание всего ЛА обычными авиационными техническими средствами, за исключением специфических систем ракетного двигателя.

В отношении планов Airbus для сверхскоростной воздушной машины, представитель компании сообщил, что "Группа Airbus и её отделения ежегодно подают заявки на сотни патентов в защиту интеллектуальной собственности. Эти патенты часто базируются на концепциях НИОКР и идеях на самом раннем этапе формирования концептуального представления, и не каждый патент становится полностью реализуемой технологией или продуктом".

СВЕРХЗВУКОВОЙ ПАССАЖИРСКИЙ:
НОВЫЙ ВЗГЛЯД, ИЛИ
ТРИ ИГРУШКИ ИЗ ОДНОЙ "СУШКИ"

Литература

1. "Ultra-Rapid Air Vehicle And Related Method For Aerial Locomotion" United States Patent (io) Patent no.:US 9,079,661 B2 Prampolini et al.(45) Date of Patent: Jul. 14,2015 BUSINESS AVIATION
2. Ultra-rapid Air Vehicle Patent Highlights Airbus R&D by Matt Thurber, August 5, 2015, 12:50 PM

Связь с автором: kokorev@ciam.ru

В 2007 году в четвёртом номере журнала "Двигатель" была опубликована статья А. Гомберга **"Сверхзвуковой пассажирский..."**. В **№ 4** за **2008** года наш журнал ещё раз возвращался к этой теме. В ЛА предполагалось применить и кислородно-керосиновый ЖРД. С водородом не связывались из-за его опасности, малой плотности и, как следствие - громоздкостью системы. А вот прямоточных двигателей ставить туда не расчитывали за весьма малой экономичностью таковых. Статьи позиционировались и нами, и автором как полемические и полуфантастические. Отчасти потому и проект именовался ***Fanstream***. Он предполагал решение сверхзвукового пассажирского самолёта, очень похожее на описанное в приводимом патенте. Теперь ясно: ошиблись мы. Не такая уж и фантастическая идея: в воздухе носится. Хотя в России тогда никого не заинтересовала.

Редакция журнала "Двигатель"

УДК 629.7

НОВЫЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ УСТРОЙСТВА, ХИМИЧЕСКИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Александр Григорьевич Прудников , д.т.н., начальник сектора ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Артём Михайлович Подвальный , к.т.н., с.н.с. ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (ИХФ РАН)
Виктория Викторовна Северинова , ведущий инженер ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

В работе дан обзор основных результатов отечественных фундаментальных поисковых прикладных исследований в новой области гиперзвуковой авиакосмической реактивной военной техники. Зарубежные достижения в области гиперзвукового кинетического оружия XXI века были достаточно подробно освещены в [1].
The paper gives an overview of the main results of the home basic search applied research in the new field of hypersonic aerospace jet military equipment. Foreign achievements in the field of hypersonic kinetic weapons of the XXI century have been covered in [1].

Ключевые слова: химический энергоноситель, энергосиловое устройство, метаемое устройство, гиперзвуковой разгон, доразгон, марш
Keywords: chemical energy source, energy power device, device for throwing, hypersonic acceleration, increasing velocity, constant velocity

Целью работы является ознакомление с высокоэнергетическим взаимодействием материй в некоторых направлениях боевого применения при пушечно-ракетном разгоне.

I. Новые энергосиловые устройства и химические энергоносители гиперзвукового разгона и доразгона

На рис. 1 показана блок-схема (ЦИАМ, ИПРИМ РАН, ЦАГИ) замены вышедших из строя малых искусственных спутников Земли (ИСЗ) с помощью комплекса, расположенного на самолете-носителе. Комплекс состоит из многотонного блока CO_2-лазера 1, безоткатного метательного направляющего устройства (МНУ) с газодинамическим затвором на авиационном керосине (последний в качестве стартового жидкого химического энергоносителя), метаемого ракетного летательного аппарата (РЛА) с ИСЗ и гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем (ГПВРД) на черном пастообразном газогенерирующем составе топливо-горючего с воздухом, с пульсирующей вторичной подпиткой лазерной энергией (через "прозрачное" кормовое сечение теплогазоаэродинамического (ТГАД) сопла в виде тороидального кольцевого вихревого кольца). Система рассматриваемого вывода в космос получила название "Laser jet". Заказчиком выступал Chrysler Aerospace, ФРГ [2].

В работе [2] впервые для России было показано:

• пушечный гиперзвуковой разгон в 100 раз дешевле любого другого, а вывод в космос ИСЗ в 20 раз дешевле;

• процент полезного груза на ракете с "Laser jet" и пастообразным газогенерирующим составом (ПГГС) может быть до 30% (вместо 2,5...3% для любого другого воздушного старта);

• американская схема зеркального "Laser jet" не работоспособна (тускнеет зеркальная поверхность сопла).

На рис. 2 (ЦИАМ, НИИ МО РФ, 2005 г.) показаны фото выстрелов штатного 30-мм метаемого элемента (МЭ-30) из штатного нарезного ствола (метательной установки МУ-30) авиационно-пушечного вооружения со сгораемым бессопловым ствольным энергосиловым устройством (ЭСУ): ракетным двигателем на многослойном ПГГС, армированным парашютным шелком, закрепленным стропами к подшипнику днища.

Основной результат ствольного нарезного разгона: нарезной ствол авиационно-пушечного вооружения не позволяет увеличить дульную скорость МЭ-30 с помощью ствольного сгораемого пастотопливного ускорителя более чем на 1 число Маха (с Маха МЭ-30 (снаряда) $M_c = 3$ до $M_c = 4$).

На рис. 3 (ЦИАМ, ИХФ РАН, НИИ МО РФ, 2013 г.) показаны этапы сборки нового варианта ствольного поражающего ЭСУ на но-

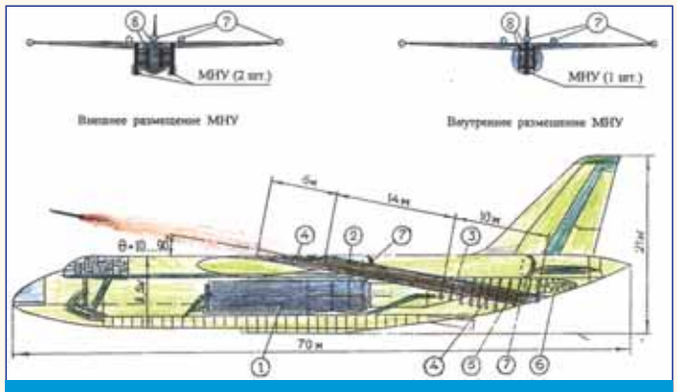


Рис. 1. Схема размещения экспериментального комплекса на самолетоносителе (ЦИАМ, ЦАГИ, ИПРИМ РАН):

1 - блок лазерного излучения; 2 - ствол МНУ;
3 - камера МНУ; 4 - глушитель;
5 - ребра жесткости (сопло) каморы;
6 - пружина амортизатора;
7 - зеркало; 8 - газогенераторы

Рис. 2. Демонстрация сгорающего ствольного ракетного двигателя на ПГГС перед пуском модели метаемого летательного аппарата штатным нарезным МУ (А.П. Иванов, ЦИАМ)

Рис. 3. Сборка внешне облегченного корпуса штатного МЭ-30 ЭСУ с присоединенным соплом-воланом (ЦИАМ, НИИ МО РФ)

вом ПГГС, размещенном между днищем, внешне облегченного штатного МЭ-30 и стальным соплом с перепуском, соединенным с днищем мотоспицей. В свободном полете это сопло выполняет роль стабилизатора полета типа "Волан". Заряд ПГГС многослойный на марлевой основе с каналообразующими огнепроводящими шнурами (ОПШ). Внешняя поверхность заряда и сопла, как видно на рис. 3, покрыта сгорающим слоем теплозащитного покрытия.

Основные результаты гладкоствольного разгона, определенные по лазерным замерам скорости в глубине гладкого канала шестиметрового ствола:

• все элементы летели кучно, практически с одинаковой скоростью, прошивая бумажные мерные щиты из-за прогрессивного роста поверхностей горения в каналах заряда ПГГС, образованных ОПШ; мотоспицы, удерживающие сопло во всех четырех проведенных пусках (с одной, двумя, тремя и четырьмя мотоспицами) полопались. В последнем пуске все четыре мотоспицы застряли в предпоследнем щите из толстой авиационной фанеры, а стальное сопло остановил только последний щит (стальной 7 мм лист);

• максимальная скорость МЭ-30 при этом была достигнута на 2,5 м длины ствола (до разрыва мотоспиц) V_c=1,44 км/с (M_c=4,5), т.е. выше первой гиперзвуковой скорости (M_c=4).

Всего сопел с перепуском было десять (5 из стали, 5 из алюминия). Сопла из алюминия разрывало даже с перепуском на этапе пика давления от каморного порохового заряда.

Основные результаты зарубежных и отечественных испытаний натурных разгонных ствольных и доразгонных внествольных ЭСУ и их пастообразных химических энергоносителей

По данным испытаний блока НАТО разгонные ПГГС давно вытеснили пороховые во всех видах оружия нового века, особенно кинетического оружия "КО-21" [3, 4].

По нашим данным ПГГС по сравнению с твердыми ракетными топливами и порохами более энергоемкие (в 2,2 раза), более плотные (на 70...90%), с более высокими температурами продуктов горения (до 3600 К), с более высокими удельными импульсами тяги (до 300 с) и меньшими значениями показателей адиабаты (до $k \cong 1{,}2$), что *позволяет применять их в перспективных ЭСУ разгона и доразгона, рис. 4 а,б.*

Рис. 4а. Стендовое испытание ПГГС разгонной ступени комбинированного силового устройства - ствольного пастотопливного ускорителя (А.М. Подвальный, ЦИАМ)

Для отечественных разгонных и доразгонных ПГГС *проблемой остаются необходимые высокие скорости нормального и аномального горения* (на 2-3 порядка большие скоростей нормального горения), рис. 5. Данная проблема тесно связана с трудностями импортозамещения. Во что это оборачивается, наглядно показано на рис. 6, где представлены образцы разрушенных гильз в безуспешных попытках получить необходимые скорости нормального горения простым нормальным подъемом давления в канале ствола.

Рис. 4б. Стенд с модельным ракетным двигателем в процессе испытаний ПГГС (Н.П. Животов, ОАО "МКБ "Искра", ФГУП "РНЦ "Прикладная химия")

Единственным недостатком разгонных ПГГС является повышенная окислительная активность его окислителя.

На рис. 7, 8 представлены образцы малых учебно-методических стендов, малых МУ и ЭСУ (диаметры: 4,5 мм, 7 мм, 20 мм). Стенды предназначены для измерений импульса тяги, импульса отдачи малых ЭСУ гиперзвукового форсированного доразгона на дистанциях прямой наводки <50 мм (на центрифуге в режиме штатного и безоткатного выстрела), скоростей и импульсов тяги (баллистическими маятниками и датчиками трех разных импульсных параметров).

На рассматриваемых стендах были проведены замеры импульсов отдачи разных малых МЭ и МУ калибра 4,5 мм одного капсюля Жевело, с 0,4 г ПТ и др. На осциллограммах были видны волны сжатия и разрежения между пулькой, шариком и капсюлем (без шарика таких волн не возникало и при отдаче 3 кг, и при отдаче 10 кг). Что эти волны дают для МЭ-

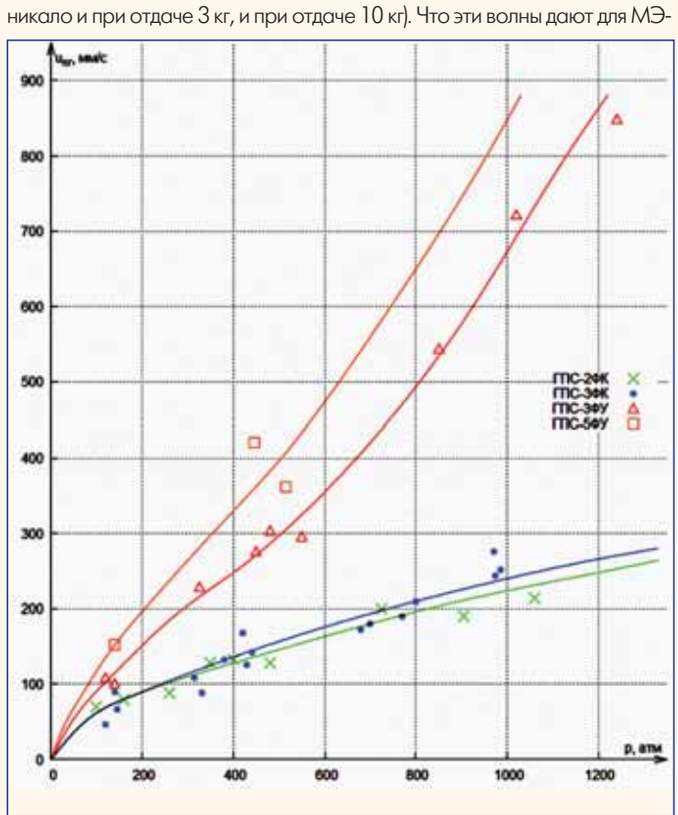


Рис. 5. Экспериментальные зависимости скоростей аномального и нормального горения российских ПГГС гиперзвукового ствольного разгона и внествольного доразгона (В.В. Фоменко, ФГУП "РНЦ "Прикладная химия")

Рис. 6. Разрушение штатных гильз в результате нерасчетных режимов ствольного реактивного разгона МЭ-30 (ЦИАМ, ИХФ РАН)

Рис. 7. Малые метательные устройства и стенды замера их импульса отдачи (А.П. Иванов, ЦИАМ)

30, было показано на рис. 6.

Некоторые представления о важности новых отечественных ПГТС для стрелковой сверхзвуковой и гиперзвуковой реактивной военной техники дают следующие результаты:

• спортивный пистолет с капсюлем Жевело и каплей 0,4 г пасты в капсюле пробивает 80 мм бревно приклеенным к капсюлю шариком;

• из направляемого МУ (открытая с двух концов труба 20х120 мм, прикрепленная к неподвижной центрифуге, рис. 7), стартует реактивный МЭ (20х120мм) с импульсным ЭСУ на быстрогорящей пасте с числом Маха M_c=1 и пробивает дверь сейфа, или легкую радиопанель из каленого алюминия, стоящую на пути под углом меньшим 10°, не сдвинув ни плечо центрифуги, ни панель.

Рис. 8. Стенды измерения отдачи и тяги малых метательных устройств и метаемых элементов (А.П. Иванов, ЦИАМ)

II. Новые энергосиловые устройства и химические энергоносители дальнего гиперзвукового марша, управления и воздействия

Главным недостатком стратегических ракетных гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) является их существенно меньшая дальность. По сравнению с межконтинентальной крылатой ракетой "Буря" (*M*=3 , *V*=1 км/с, дальность *D*=10 000 км) она меньше в десять раз. В этом и есть существо кризиса стратегических ГЛА - и желании НАТО заменить поражаемый парк межконтинентальных баллистических ракет (МБР) с ядерным зарядом на непоражаемые ГЛА такой же дальности.

Перспективные дальние ГЛА потребовали поэтому принципиально новых подходов к кардинальному уменьшению своего лобового и бокового сопротивления.

В конце прошлого века в России (ЦИАМ, ведущие НИИ РАН и ВШ) были выполнены стендовые исследования 152 мм гиперзвукового снаряда с ГПВРД на керосине с успешным активным предварительным заградительным охлаждением этим же жидким керосином носового конуса воздухозаборного устройства внешнего сжатия. В США этот же снаряд появился только в начале XXI века.

В США штативно раздвигающаяся пятисекционная игла из полусферы самонаводящейся головки (ГСН) подводной МБР "Трайдент" увеличила ее дальность на 500 км.

В России игла перед ГСН не прижилась ввиду того, что это требовало изменения конструкции системы головок самонаведения, хотя работы по игле велись в 60-е гг. прошлого века практически во всех профильных НИИ СССР.

В 2004 году в ЦИАМе был испытан жидко-воздушный обтекатель на керосине на базе иглы "Трайдента", снизивший сопротивление полусферы с иглой при *M*=4 в 2,7 раза, рис. 9 (Захаров Н.Н., Прудников А.Г. и др. [3-8]). При этом оказалось, что для дальних ГЛА теперь уже боковое сопротивление становится доминирующим.

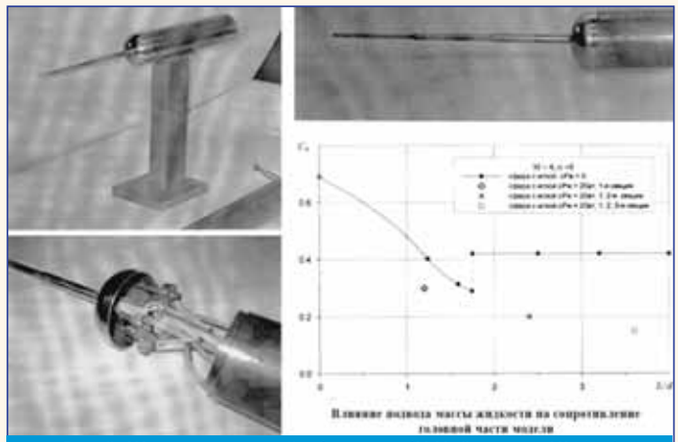


Рис. 9. Жидко-воздушный обтекатель (Н.Н. Захаров, ЦИАМ)

В 2001-2005 гг. в ЦИАМ с двумя НИИ механики РАН были выполнены фундаментальные поисковые прикладные исследования (ФППИ) по комплексному исследованию активного снижения трения, кинетического нагрева и заметности, по принципам "рыбьей" бионики для дальних ГЛА (рис. 10).

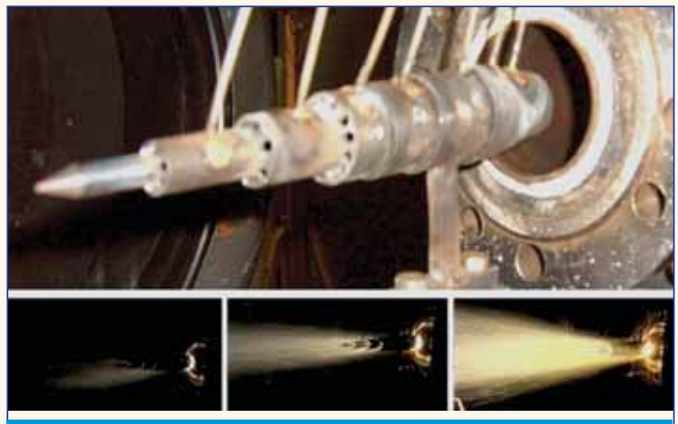


Рис. 10. Возможности комплексного решения трех задач: снижения сопротивления, кинетического нагрева, заметности и увеличение дальности при сохранении маршевой скорости реактивного МЭ (П.К. Третьяков и др., ЦИАМ, ИПРИМ РАН, ИТПМ СО РАН)

Результаты этих исследований: весы показали тягу вместо нулевого сопротивления "рыбьей чешуи" ГЛА из-за излишнего разбавления паров керосина от первично тлеющего горения шашки "твердого керосина" с воздухом лобового воздухозаборного устройства. Тяга горючей смеси "рыбьего" погранслоя должна реализовываться в тандемном ГПВРД, которого в данных опытах не было.

В других ФППИ 2000-2003 гг. [3, 6-8] двукамерный кормовой тандемный ГПВРД на керосине дал донную тягу в 2,5 раза большую обычного сопла (во второй трансзвуковой ТГАД-камере-сопле с полууглами расширения изобарического сопла-камеры 5°, 10°, 15°, а при 20° уже был спад давления [3]).

В этой же работе [3] было подтверждено существование обратного псевдоскачка в качестве газодинамического затвора данной схемы ТГАД-камеры-сопла ГПВРД и будущих беззатворных, безоткатных МУ.

Рис. 11а. Образцы первых опытных партий "твердого керосина" и "твердого металлокеросина" для реактивных МЭ-30:
1 - "твердый керосин" [9]; 2 - "твердый металлокеросин"; 3 - "твердый борокеросин" (с порошком бора); 4 - "твердый титан-алюминиевый-керосин";
5 - реактивный МЭ-30 на "твердом керосине" и "твердом металлокеросине";
6 - наконечник МЭ-30; 7 - пирозапалы; 8 - сопло встречных струй камеры вихревого смешения

Были разработаны и запатентованы новые экологически чистые маршевые составы "твердых керосинов и металлокеросинов" (рис. 11а, 11б), пастообразные топливо-горючие управления (смены траектории и курса), испытанные на стенде и в полете, рис. 12, 13.

В работах НАТО важную роль играют разработки новых ЭСУ и их химических энергоносителей объемного энерговыделения. Гиперзвук увеличивает динамику ТГАД-процессов на несколько порядков, что позволяет готовить новые средства "взаимодействия". На рис. 14 представлена фоторегистрация момента развития объемно-диффузионного горения боевой части от МЭ-30 (в рукоятке кувалды был закреплен заряд).

В опытах НАТО размеры одного огненного шара достигали десятков метров.

Выводы:

В области идей и академических разработок беспилотных метаемых ГЛА и их химических энергоносителей Россия не отстает от стран НАТО, но не во внедрении их.

Импортозамещение катализаторов, активных компонентов ТГАД-процессов в сверхзвуковых воздушных потоках было бы желательно, так же как создание собственных нано- и микросистем самонаведения и средств неконтактной диагностики на порядок более быстрых процессов, чем процессы в воздушно-реактивных двигателях и аппаратах прошлого века.

Рис. 11б. Результаты торцевого горения в воздушном сверхзвуковом потоке малого образца твердого легкоплавкого углеводородного горючего при числе Маха полета $M_н$= 4 и числе Маха камеры $M_к$= 2, скорость горения U_r= 1 мм/с (ЦИАМ, П.К. Третьяков ИТПМ СО РАН, ГНИИХТЭОС)

Рис.12. Горение ПГГС в едином блоке управления и тяги образца гиперзвуковой реактивной военной техники (ЦИАМ, П.К. Третьяков ИТПМ СО РАН, ФГУП "РНЦ "Прикладная химия")

Рис. 13. Работа блока управления реактивного МЭ-30 на ПГГС на баллистической трассе (А.М. Подвальный ЦИАМ, ИХФ РАН, НИИ МО РФ): 1 - газогенераторная струя

Рис. 14. Момент развития огневого шара объемно-диффузионного горения боевой части от МЭ-30 (А.В. Никопоренко ЦИАМ)

Литература

1. Фомин В.М., Звегинцев В.И., Третьяков П.К. и др. Современное состояние и перспективы развития артиллерийских систем (обзор по материалам открытой печати) // Оборонная техника. 2005. № 10-11. 126 с.
2. Прудников А.Г. К вопросу о пушечно-ракетном выходе в космос // Наукоемкие технологии. 2010. № 1. С. 14-21.
3. Прудников А.Г., Захаров Н.Н, Верхоломов В.К. и др. Теоретические и экспериментальные исследования изобарических контуров многоконтурных бессопловых камер сгорания. ЦИАМ 2001-2005. Основные результаты научно-технической деятельности. В 2 томах. Том 1 / под общ. ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина, М.Я. Иванова. М.: ЦИАМ, 2005. С. 370-375.
4. Прудников А.Г. Новый подход к теплогазоаэродинамическим процессам - силовой основе современных и перспективных авиакосмических, наземных и морских летательных аппаратов // Авиакосмическая техника и технология. 2008. № 1. С. 40-50.
5. Прудников А.Г. К вопросу о вихревом горении // Физика горения и взрыва. 2010. Т. 46, № 6. С. 12-31.
6. Абашев В.М., Захаров Н.Н., Прудников А.Г. и др. Двухконтурные прямоточные камеры сгорания. Часть 1 // Атмосферные энергетические установки. 2011. № 1. С. 23-37.
7. Абашев В.М., Захаров Н.Н., Прудников А.Г. и др. Двухконтурные прямоточные камеры сгорания. Часть 2 // Атмосферные энергетические установки. 2011. № 2. С. 15-23.
8. Абашев В.М., Захаров Н.Н., Прудников А.Г. и др. Двухконтурные прямоточные камеры сгорания. Часть 3 // Атмосферные энергетические установки. 2011. № 3. С. 22-34.
9. Гусейнов Ш.Л., Прудников А.Г., Северинова В.В. и др. Композиция твердого горючего: пат. 2288207 Рос. Федерация. № 2005116918/02; заяв. 03.06.2005; опубл. 27.11.2006.

Связь с автором:**prudnikov@ciam.ru, podvalny.a@yandex.ru**

УДК 621.45.

Заметки к вопросу о перспективных движителях

Дмитрий Александрович Боев, помощник генерального директора ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Александр Владимирович Ефимов, научный сотрудник ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Современное авиационное двигателестроение переживает время совершенства своей основной тяги – газотурбинных двигателей. Путь интенсификации процессов в ГТД достиг своего практического потолка. Может быть и нет необходимости снова превращать электрическую энергию в механическую и стоит вспомнить о существовании, например, ионных двигателей?

Modern aviation engine-buildings is experiencing a time of perfection of their main energy source – gas turbine engines. The methods of processes intensification in GTE have reached its practical limit. Maybe there is no need to convert electrical energy into mechanical and it is worth remembering the existence of, for example, ion engines?

Ключевые слова: авиадвигателестроение, ракетные двигатели, ионные двигатели.
Keywords: aviation engines, rocket engines, *ion engines.*

Всякая идея, будучи доведённой до технического совершенства (в границах применяемых материалов, техники и технологий), одновременно с тем исчерпывает возможности дальнейшего развития. А, следовательно, это - уже уходящая со сцены театра технического развития тема. И продолжает своё существование она только там, где её преимущества неоспоримы. В энергомашиностроении такой путь, например, прошли паровые двигатели различного рода, широко применявшиеся в различных областях техники, доведённые до совершенства, а ныне существующие почти исключительно в ядерных силовых установках да ТЭЦ. Так же точно безжалостный прогресс поступил с авиационными поршневыми двигателями, удел которых сейчас - автомобили да лёгкомоторная авиация.

Интересно: в апофеозе развития, совершенно невозможно предположить, что именно придёт на смену тому, что повсеместно используется в данный момент. И это несмотря на то, что зачатки "могильщика" так успешно применяемой системы уже существуют и вовсю развиваются. Так, теория ГТД была подробно описана в книге Стечкина по меньшей мере за 20 лет до начала их повсеместного использования. Не говоря уже о том, что реактивная паровая турбина Герона крутилась вообще более 2 тысяч лет назад. Возможно и сейчас мы столь же недальновидны и не предполагаем, что же именно будет основным энергоприводом в технике следующих поколений из того, что уже сейчас имеется в нашем распоряжении.

Банальностью стал вывод о том, что современное авиационное двигателестроение переживает то самое непростое время совершенства газотурбинных двигателей. Путь интенсификации процессов в ГТД достиг своего практического потолка. Каждый шаг улучшения даётся всё большими затратами труда и средств учёных и разработчиков. Мало того: дальнейшее увеличение температуры газа перед турбиной и степени повышения полного давления в компрессоре ведет к нежелательным процессам диссипации продуктов сгорания, образованию вредных окислов, вырождению процессов вследствие граничности их параметров и системного... снижения надежности и эффективности двигателя.

Удивительно, но примерно то же самое можно сказать и о ЖРД, применяемых сейчас для перемещения в безвоздушном пространстве. То, что мы используем, также достигло своего совершенства.

Учёные разных стран сошлись на том, что в качестве перспективы развития современных летательных аппаратов наиболее рационально - изменение схемности использования энергопривода. Одно из таких решений - распределенные движительные установки. Иначе: источник энергии (скажем, тот же ГТД) работает на своём оптимальном режиме с наибольшей эффективностью, а энергия его передается различным способом к движителям (ну, например, винтовентиляторам - как сейчас это воспринимается), распределенным по летательному аппарату. Способы передачи энергии могут быть различны: механический, газодинамический или электрический. Наиболее эффективным, с наименьшими потерями и весом передающих элементов, очевидно был бы электрический способ. Естественно - при решении целого ряда технических вопросов, связанных с передачей больших мощностей. Например, путём применения сверхпроводящих коммуникаций.

Методически на научном уровне хорошо изучены только электроракетные двигатели, рассчитанные для работы с космическими аппаратами. Ещё в 1962 году на двигательном факультете Московского авиационного института профессором А.В. Квасниковым была организована кафедра "Энергосиловые установки космических аппаратов". Там были созданы экспериментальные модели и прототипы сильноточных плазменных двигателей различных типоразмеров, проведены исследования рабочих процессов и предложены методы оптимизации стационарных плазменных двигателей, плазменно-ионных двигателей и коллоидных двигателей мощностью от 50 Вт до 3-5 кВт. Исследовались и оптические, теплофизические и термодинамические свойства плазмы и электропроводящих сред при наличии электрических и магнитных полей.

В 1987 году на базе кафедры был организован Научно-исследовательский институт прикладной механики и электродинамики (НИИПМЭ). В этот институт перешел и большой отряд сотрудников, работавших в составе коллектива научной школы кафедры.

Результаты исследований научной школы кафедры нашли широкое применение при создании ЭРД, серийно выпускаемых ОКБ "Факел"; космических энергетических установок, разработанных РКК "Энергия" и НПО "Квант"; энергофизических установок различного назначения, разработанных НПО "Зенит", НПО "Энергомаш", ИЦ им. М. В. Келдыша и НПО "Прикладная механика" им. М. Ф. Решетнева.

По материалам сайта факультета Двигателей летательных аппаратов МАИ

Игрушки и даже вполне полезные устройства, работающие по такому принципу, типа квадро- и поликоптеров сейчас известны достаточно широко. Перемещение с их помощью, например, телетрансляционных камер и средств слежения уже никого не удивляет.

Но ведь возможно и иное решение. Может быть и нет необходимости снова превращать электрическую энергию в механическую? И нужен ли сам винтовентилятор?

Может, стоит вспомнить о существовании, например, ионных двигателей?

Электростатическим, или ионным, двигателем называют двигатель, в котором частицы рабочего тела, обладающие электрическим зарядом, подвергаются действию ускоряющих сил в электростатических полях. Истекающие частицы могут быть атомарными ионами, молекулярными ионами, заряженными коллоидальными частицами или даже пылинками или каплями. Скорость истечения, приобретаемая частицами после прохождения ускоряющей камеры, определяется разностью потенциалов на концах камеры, зарядом частиц и их массой:

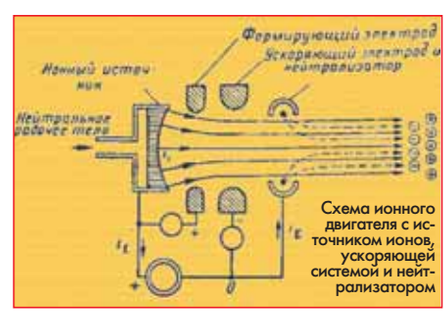
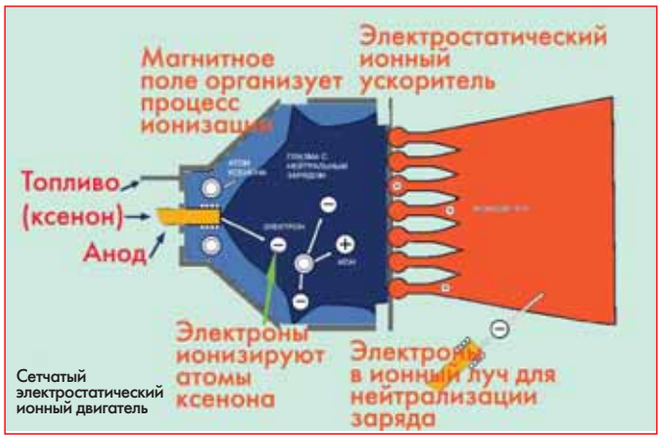


Схема ионного двигателя с источником ионов, ускоряющей системой и нейтрализатором

$$v = \sqrt{2 * \frac{\varepsilon}{\mu} * U}$$

где: ε - заряд частицы μ - масса частицы

Основными элементами ионного двигателя являются: ионизатор, ускоряющая камера, эмиттер электронов и нейтрализатор. В принципе, электронная пушка повсеместно выходящей из употребления электронно-лучевой трубки монитора или телевизора - хороший аналог такого двигателя. По оценке некоторых авторов (см. например Э. Штулингер. Ионные двигатели для космических полетов. М. 1968 г.), достижимы скорости 30-200 км/с! Для авиации такие скорости не нужны. Здесь достаточно иметь скорость, сопоставимую со скоростью полета. Главное условие - разница импульса по замкнутому контуру вокруг летательного аппарата в проекции к направлению движения должна быть не ниже аэродинамического сопротивления, чтобы создавать положительный импульс тяги.



В то время как ускоряющая камера ионного двигателя выбрасывает заряженные частицы только одного знака, аппарат с ионными двигателями, чтобы остаться нейтральным, должен выделять с одинаковой интенсивностью положительно и отрицательно заряженные частицы.

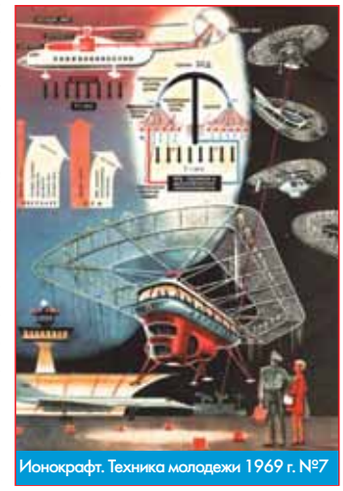
Совершенно ясно, что ионизировать можно либо газ, окружающий данный ускоритель частиц: например воздух атмосферы - и тогда мы имеем дело с атмосферным двигателем/движителем (отдельный случай, когда ионизируется окружающая наш аппарат токопроводящая жидкость - например, морская вода: тогда получается судовой движитель), либо специально полученные от источника ионов частицы - и тогда всё равно, в какой среде движется аппарат, приводимый в действие таким энергетическим источником. В последнем случае, как и широко применяющимся сейчас ракетным реактивным двигателям, запас вещества для создания потока импульса надо возить с собой. Источники ионов, предназначенные для различных целей, разрабатывают и изготавливают в течение многих лет. Опыт показывает, что не существует элементов и, по-видимому, нет химических соединений, атомы и молекулы которых нельзя было бы ионизировать в лабораторных условиях. Однако источник ионов электрического реактивного двигателя должен обладать следующими свойствами, которые обычно не принимаются во внимание при лабораторных исследованиях. Он должен обеспечивать почти 100% ионизацию, непрерывно работать в течение продолжительного времени, иметь затраты полной энергии не более нескольких сот электронвольт на ион, а также относительно малый вес.

Ионные двигатели российской разработки. На всех хорошо видны катодные трубки, направленные в сторону сопла

Идеальная схема нейтрализации выполняется при введении нейтрализующих частиц в ионный поток в точно определенном месте. Эти частицы должны иметь вектор скорости и плотность тока такие же, как и у ионов. Схема основана на использовании ускоряющей-замедляющей системы; нейтрализующие электроны вводятся в плоскости замедляющего электрода.

Однако, подобную идеальную систему нельзя осуществить в действительности. Нейтрализующие электроны, эмитируемые с нагретых нитей, обладают максвелловским распределением по скоростям и будут эмитироваться во всех направлениях. Скорости большего числа электронов, эмитируемых с нагретых поверхностей, значительно превосходят скорости движения ионов. Если эмиттеры работают при температуре достаточно низкой для получения электронов с требуемой скоростью, то плотность тока эмиссии будет столь мала, что потребуется чрезмерно большая площадь эмиттеров. Даже при сравнительно малой площади эмиттеров их эрозия под воздействием попадающих ионов является серьезной проблемой.

Использование отрицательно заряженных ионов вместо электронов устраняет проблему несоответствия скоростей движения между положительно и отрицательно заряженными частицами. Действительно, если бы существовал компактный, легкий и эффективный источник отрицательных ионов, то комбинация ускорителей для положительно и отрицательно заряженных частиц в виде мозаичной структуры была бы, по-видимому, наиболее оптимальной конструкцией для ионного двигателя. Нет очевидных причин, из-за которых нельзя было бы использовать метод поверхностной ионизации для генерирования отрицательно заряженных ионов. В этом случае поверхность ионизатора должна обладать особенно низкой работой выхода, а ионизируемые атомы (например, галогены) следует выбирать по высокому потенциалу ионизации и "близкому родству" с электронами.


Ионокрафт. Техника молодежи 1969 г. №7

Отечественные популярные молодёжные технические журналы "Юный техник", "Техника - молодёжи", "Знания - сила" весьма и весьма много места с середины 60-х годов XX века и до середины "нулевых" века нынешнего уделяли различным электростатическим, ионным, плазменным и электромагнитным двигателям. То есть тому, чего в реальности пока не существовало. Эффект

Практически аналогичные движители пробуют применять и для движения в воде. Так, модель подлодки, созданная студентами Калифорнийского института в 2010 г. под руководством специалиста из фирмы "Вестингауз", приводилась в движение электромагнитной силой. Источником магнитного поля служила электромагнитная катушка, заложенная по внутренним обводам средней части пластмассового корпуса лодки и питаемая от аккумуляторной батареи напряжением 30 вольт. Ее магнитное поле было направлено по вертикальной оси. Электрический ток в токопроводящей морской воде создавался с помощью двух электродов, расположенных вдоль корпуса лодки по обоим ее бортам. Электроды питались от той же аккумуляторной батареи. Поскольку направление тока, текущего между электродами вокруг верхней и нижней половин корпуса, совпадало, то результирующая электромагнитная сила стремилась отбросить морскую воду как проводник с током вдоль его продольной оси. В результате создавалась реактивная сила, приводившая в движение модель. Стоит отметить, что в упомянутых советских детских технических журналах данная схема была описана ещё в конце 60-х гг. XX века.

ОБНАРУЖЬТЕ ПОДВОДНУЮ ЛОДКУ

Страница "Юного Техника" 1968 г.

был, а объяснения его не находилось. В результате такой упорной просветительской деятельности что-то стало проясняться, а отдельные конструкции вошли в границы не только исследуемой, но даже изготавливаемой техники.

Достаточно долгое время на выставках серии НТТМ и "Архимед" изобретатели представляли разнообразные модели, использующие идеи ионного двигателя. Так, на НТТМ-2005 был представлен "Гравитационный движитель", транспортное средство на сверхпроводящих керамических магнитах и "Летательный аппарат на эффекте Бифульда-Брауна". Его представляли ребята из Детского и молодежного центра "Сокольники" под руководством энтузиаста "электромагнитного движения" М.М. Лавриненко.

Агрегат выглядел следующим образом: сотовая конструкция (три шестиугольника с общими сторонами) выполненная из пенопласта и фольги, штанга (пластиковая трубка) служащая для крепления одного из проводов и высоковольтный источник питания, который в свою очередь подключался к блоку питания постоянного тока.

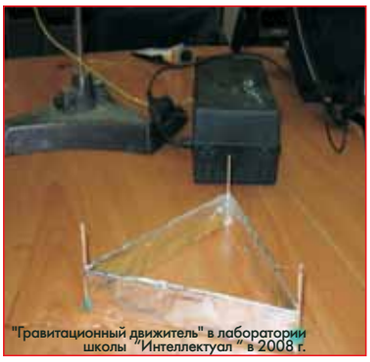
По периметру сотовой конструкции на расстоянии примерно 1см от фольги протянута тонкая проволока (знакомый нам по представляемой выше теоретической схеме эмиттер). К ней присоединялся провод от штанги (скорее всего - минус). К фольге подключался второй провод от высоковольтного источника (видимо + плюс или "земля"). Источник постоянного тока был регулируемый, и, когда напряжение на выходе поднимали, сотовая конструкция отрывалась от стола. Т.е. просто парила в воздухе.

По утверждению создателей конструкции, весит она 35 г, но может поднять еще около 50 г груза (что и было продемонстрировано на одной из последующих экспозиций, когда агрегат поднимал маленькую видеокамеру). Движение модели обеспечивал источник с постоянным напряжением около 17 000 В при токе 200 мкА. Иначе, потребляемая мощность - 3,4 Вт. Получается, что каждый киловатт мощности, подведенной к модели, создает подъемную силу в 25 кгс. Эта величина... многократно превышает используемое сейчас в двигателях другого рода.

Под руководством одного из авторов данной статьи А.В. Ефимова, в школе "Интеллектуал" провели более подробное исследование. В его ходе постарались замерить различные параметры устройства: электрический потенциал в различных точках, возникающую силу, протекающие токи и др. Журнал "Двигатель" писал об этом в №4 2009 и №3 2010 года. Этот коллектив уже имел опыт исследования подобных устройств, когда работал над проектом электростатического двигателя ("Двигатель" № 2 2008 и №2 2009). Ими были проведены испытания электростатического двигателя в вакууме и получены довольно интересные результаты. Стало очевидно, что электростатический двигатель использует как ионный ветер, так и явления, с ним непосредственно не связанные.

Величина силы зависит от напряжения и силы тока. При 20 киловольтах и 0,15 микроамперах избыточная сила на отдельном элементе со стороной 200 мм составила 50 миллиграмм.

Использование более мощного источника позволило увеличить силу, и в кон-струкции из трех элементов (правильный треугольник) сила составила уже 3 грамма. Треугольная конструкция возникла, когда авторам конструкции попалась книга Боба Яннини "Удивительные электронные устройств. Электроника для начинающего гения". M. Press. 2008 г. В этой книге устройство описано довольно подробно. Конструкция несколько отличается от той, что мы видели на НТТМ однако принципиальным является то, что хоть и упоминается "эффект Бифульда - Брауна", но устройство называется ионолетом.


"Гравитационный движитель" в лаборатории школы "Интеллектуал" в 2008 г.

Эта конструкция заработала 2 ноября 2008 г. При весе около 3 г подъемная сила составляет 7 г. Расчеты показывают что для этого достаточно отбрасывать 38 г воздуха в секунду со скоростью 1,81 м/с.

Любопытная картина открылась при выключенном свете: по всему периметру на проволоке эмиттера наблюдалось характерное для коронного разряда свечение.

Следует напомнить, что и на электростатических двигателях наблюдалось аналогичное характерное свечение коронного разряда. Причем в барокамере, при понижении давления воздуха вокруг аппарата, его можно было наблюдать и при слегка затемненной комнате.

В 2010 г. в ЦИАМ, в отделе 10 были произведены методом PIV измерения скорости движения потоков ионизированного воздуха в школьном ионолете. Правда, при напряжении, меньшем "рабочего".

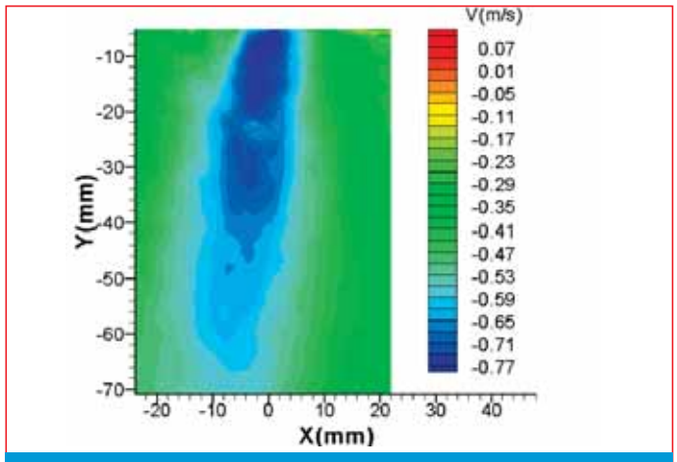
В результате измерения получено максимальное значение скорости - 0.77 м/с. Из соображения сохранности аппаратуры напряжение выше не поднималось, но раз наш аппарат летает, то при 30-37 кВ скорость должна быть порядка - 1.33...1.4 м/с. Необходимо только помнить, что для ионизации и последующего разгона ионов нужно напряжение не менее 2 кВ (желательно - выше 30 кВ).

Ионный двигатель, возможно, будет весьма эффективен для привода, скажем, высотных беспилотников различного рода. В частности - аппаратов легче воздуха с дистанционной беспроводной передачей энергии. Надо только перестать заморачиваться на "двигателе для левитации", выбросить из головы наработанное прессой представление о "летающих тарелках" и воспринимать устройство как нормальный тяговый двигатель. Таким ионным движителем может быть и все крыло целиком, когда источником ионов - эмиттером является передняя кромка, а поверхность крыла, превращенная в совокупность коллекторов, последовательно разгоняет ионы до требуемых скоростей. В качестве двигателя (или совокупности большого числа таких двигателей) может выступать и вся внешняя поверхность летательного аппарата.

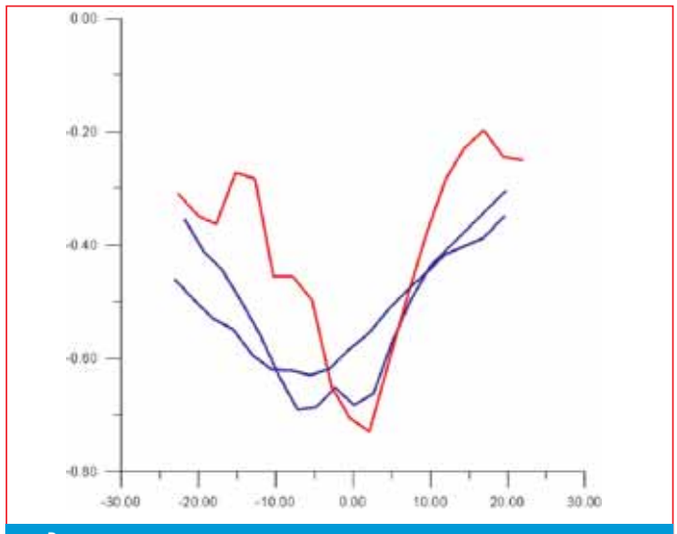
Коронный разряд вокруг летающей рамки

Минимальная мощность, на которой уже летают спортивные и экспериментальные самолёты с электродвигателем, работающим на пропеллер - порядка 50 киловатт. Мощные ВСУ для "полностью электрического" самолёта, типа представленных на салоне МАКС 2015 года - 200 кВт. Мощность, которую можно получить от маршевых ГТД, используя их как ГТУ привода электрогенератора на борту летательного аппарата - от 2 до 20 мегаватт. Это мы о том, какие имеются запасы мощности у перспективных двигателей для атмосферных летательных аппаратов.

И, конкретизируем: наши исследования по футурологии двигателей, приведены исключительно для того, чтобы показать, что и тут есть над чем поразмышлять. До тех пор, пока поднимаемая только на любительском дилетантском уровне тема не станет объ-



V м/с. Напряжение 21.4 киловольта. Ток 0.15 микроампер.



Распределение скорости по ширине на разных высотах, мм: 10 (красная); 30 (фиолетовая); 60 (синяя)

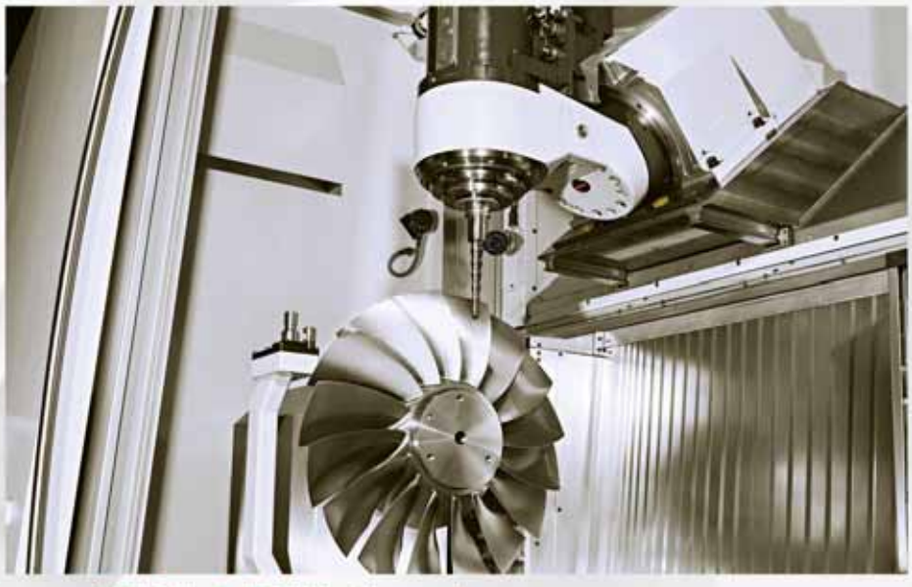
ектом регулярного исследования профессионалов - как это стало с электроракетными двигателями - невозможно ни утверждать ни отрицать перспективы **Авиационного Ионного двигателя - АИД**.

Поживём - увидим...

Связь с автором:**boeff@ciam.ru**

ЛИТЕРАТУРА

1. Работа ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей. Под ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. ЦИАМ М. 2004 г.
2. Развитие авиационных ГТД и создание уникальных технологий. В.И. Бабкин, М.М. Цховребов, В.И. Солонин, А.И. Ланшин. Научно-технический журнал "Двигатель"№ 2 2013 г.
3. Некоторые результаты исследования электростатического двигателя. Д. Власенко, В. Квитко, В. Кузнецов, А.В. Ефимов. Научно-технический журнал "Двигатель"№ 2 2008.
4. Ионолет или к вопросу об "эффекте Бифульда-Брауна". В. Кузнецов, А. Роговский, А.В. Ефимов. Научно-технический журнал "Двигатель"№4 2009.
5. Поиски "Эффекта Бифульда-Брауна". М. Щукин, А.В. Ефимов. Научно-технический журнал "Двигатель" №3 2010.
6. Удивительные электронные устройства. Электроника для начинающего гения. Б. Яннини М Press 2008 г.
7. Ионные двигатели для космических полетов. Э. Штулингер. М. Машиностроение. 1968 г.

starrag
Starrag Group
Ваш персональный эксперт в области металлорежущих станков и технологий
Berthiez
Bumotec
Dorries
Droop+Rein
Heckert
Scharmann
SIP
Starrag
TTL
WMW

Московское представительство общества STARRAG AG (Швейцария)
Зубарев пер. 15, корп. 1, офис 342
129164, Москва
Россия
Тел. +7 495 745 80 41/42
Факс +7 495 745 80 43
info-russia@starrag.com
www.starrag.com

Организатор: Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения»
Устроитель: ООО «АССАД-М»
Россия, 105118, г. Москва, проспект Буденного, 19
тел.: (495) 366-18-94,366-85-22,366-79-38
тел./факс (495) 366-45-88
e-mail: forum@assad.ru
www.assad.ru

АССАД

Авиационные и космические двигатели

Двигатели для энергетических установок

Двигатели для энергетических установок

Электродвигатели, ветродвигатели

Топливо, масла, смазки

Микродвигатели для спортивного моделизма

Двигатели для автомобилей, тракторов, судов, подвижного состава

Двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов

Перспективные научные и инвестиционные проекты

Двойные технологии компьютерные разработки станкостроение металлургия

Ремонт и сервисное обслуживание

Подшипники

Оборудование для неразрушающего контроля

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ
МФД
2016

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

2016

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС

19–21 АПРЕЛЯ | МОСКВА | ВДНХ | ПАВИЛЬОН 69

При поддержке
Департамента науки,
промышленной политики
и предпринимательства
города Москвы

XIX Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «АРХИМЕД»

- Международная выставка изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, инновационных проектов
- Международная выставка товарных знаков «Товарный знак - Лидер»
- Международная научно-практическая конференция по правовой охране результатов интеллектуальной деятельности
- Презентация высокотехнологичных проектов
- Конкурсная программа

29 марта - 1 апреля 2016г. Москва, Россия, КВЦ «Сокольники», павильон №4

Организаторы Салона:
Международный инновационный
клуб «Архимед»,
ООО «ИнновЭкспо»

Заявки на участие в XIX Московском международном Салоне
изобретений и инновационных технологий «Архимед - 2016»
принимаются до 20 февраля 2016 года
по адресу:
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В, ООО «ИнновЭкспо».
www.archimedes.ru, www.innovexpo.ru,
e-mail: mail@archimedes.ru, mail@innovexpo.ru
Телефон / факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44

В МОСКВЕ ЗАВЕРШИЛСЯ КОРПОРАТИВНЫЙ ЧЕМПИОНАТ ОДК ПО СТАНДАРТАМ WORLDSKILLS

В НОВОМ УЧЕБНОМ ЦЕНТРЕ ОБЪЕДИНЕННОЙ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНОЙ КОРПОРАЦИИ (ОДК, ВХОДИТ В ГОСКОРПОРАЦИЮ РОСТЕХ), ОТКРЫТОМ НА БАЗЕ АО "НПЦ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ "САЛЮТ" В МОСКВЕ, ФИНИШИРОВАЛ КОРПОРАТИВНЫЙ ЧЕМПИОНАТ ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ МАСТЕРСТВУ ПО СТАНДАРТАМ WORLDSKILLS СРЕДИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВХОДЯЩИХ В ОДК.

В корпоративном чемпионате ОДК, проходившем с 7 по 11 сентября, приняли участие более 70 молодых специалистов в возрасте до 28 лет. Они соревновались в личном зачете по компетенциям "Фрезерные работы на станках с ЧПУ", "Токарные работы на станках с ЧПУ" и "Инженерная графика CAD", а также в командном зачете в формате деловой игры "ТехноПРОРЫВ".

Победителями корпоративного чемпионата ОДК стали:

Компетенция "Фрезерные работы на станках с ЧПУ"

1-е место. Александр Большаков (ОАО "НПО "Сатурн")
2-е место. Илья Аверичев (ОМО им. П. И. Баранова)
3-е место. Рустам Касымов (АО "НПЦ газотурбостроения "Салют")

Компетенция "Токарные работы на станках с ЧПУ"

1-е место. Александр Соловьев (ОАО "НПО "Сатурн")
2-е место. Сергей Перескоков (ОАО "СТАР")
3-е место. Александр Павлов (ОАО "Кузнецов")

Компетенция "Инженерная графика CAD"

1-е место. Михаил Кузнецов (ОАО "Климов")
2-е место. Михаил Максимов (ОАО "УМПО")
3-е место. Александр Боев (ОАО "Кузнецов"),
Вадим Соколов (ОАО "НПО "Сатурн")

В деловой игре "ТехноПРОРЫВ" лучшей стала команда ОАО "НПО "Сатурн", представив проект "Снижение брака, затрат и трудоемкости на изготовление выплавляемых моделей в цехе №30". Также в ее рамках определили победителей в индивидуальном зачете:

"Лучший техпроцесс" - Андрей Фадеев, ОАО "ММП им. В.В. Чернышева";

"Лучший оратор" - Алексей Григорьев, ОАО "НПО "Сатурн";

"Лучшая визуализация процесса" - Ринчин Мантуров, АО "НПЦ газотурбостроения "Салют";

"Лучшее технико-экономическое обоснование" - Вадим Игнатовский, ОАО "Авиадвигатель".

Выступая на торжественной церемонии награждения победителей, Илья Тонких, главный эксперт по компетенциям "Фрезерные работы на станках с ЧПУ" и "Токарные работы на станках с ЧПУ", отметил высокий уровень организации мероприятия, а также добавил, что завершившийся чемпионат позволил выявить сильных специалистов, которые смогли не только сформировать отличные команды, но и будут достойно представлять ОДК на национальных и международных соревнованиях WorldSkills. "*Уверен, ребята помогут Объединенной двигателестроительной корпорации занять достойное место как на предстоящем Национальном чемпионате сквозных рабочих профессий высокотехнологичных отраслей промышленности по методике WorldSkills 2015 в Екатеринбурге, так и на Чемпионате мира в 2019 году в Казани*".

В свою очередь Виталий Клочков, заместитель генерального директора - управляющий директор АО "НПЦ газотурбостроения "Салют", отметил, что та высокая планка профессионального мастерства, которую задали участники корпоративного чемпионата, станет ориентиром при разработке учебных и образовательных программ для нового учебного центра, открывшегося на базе предприятия. "*В новом учебном центре мы будем готовить высококлассных специалистов не только для "Салюта", но и для остальных предприятий, входящих в Объединенную двигателестроительную корпорацию. Наша цель - растить и развивать талантливую молодежь, которая будет трудиться на благо российской экономики*", - резюмировал он.

Корпоративный чемпионат по профессиональному мастерству был проведен в рамках реализации кадровой политики Объединенной двигателестроительной корпорации, направленной на привлечение молодых специалистов в оборонно-промышленный комплекс.

В рамках корпоративного чемпионата ОДК состоялся HR-форум, в рамках которого руководители ведущих предприятий отрасли и лучшие HR-специалисты обсудили актуальные кадровые вопросы. Одним из самых перспективных направлений в подготовке молодых специалистов было признано дуальное образование, в котором практическая часть подготовки проходит на рабочем месте, а теоретическая - на базе образовательного учреждения. Пилотный проект дуального образования сегодня реализуется совместно ОАО "НПО "Сатурн" и Рыбинским промышленно-экономическим колледжем. Объем инвестиций, направленных ОДК на данную образовательную программу, составил более 5 млн рублей. В текущем году в эту работу активно включилось ОАО "Кузнецов" (г. Самара), и уже с 1 сентября в четырех организациях средне-профессионального образования началась дуальная подготовка по специальности "Технология машиностроения" и профессии "Станочник". Первая практика студентов завершится квалификационным экзаменом с присвоением 2 разряда по рабочей профессии "Станочник" и трудоустройством на предприятие. ОАО "УМПО" поделилось успешным опытом построения системы ранней профессионализации организации непрерывных образовательных траекторий, начиная со школьной скамьи до высококвалифицированного инженера предприятия.

Благодаря реализации кадровых программ за последние годы удалось существенно увеличить долю специалистов в возрасте до 35 лет, работающих на предприятиях ОДК. По итогам 2014 года этот показатель составил 31,8%. Это оказало прямое влияние на финансовые результаты деятельности ОДК в первом полугодии 2015 года. Так, суммарная выручка всех предприятий, входящих в Корпорацию, за этот период превысила 81 млрд рублей, в то время как плановые показатели были зафиксированы в бюджете на текущий год на уровне 75 млрд рублей. При этом выработка на одного рабочего составила в указанный период 0,94 млн рублей при плановом показателе 0,89 млн рублей.

"Сегодня мы решаем множество задач государственной важности - от повышения эффективности российской экономики до реализации программ импортозамещения. И нашим главным подспорьем являются молодые специалисты, готовые принимать любые вызовы современности. Участники корпоративного чемпионата ОДК на собственном примере доказали, что мы можем в полной мере на них рассчитывать", - отметил заместитель генерального директора по качеству и инновационному развитию Объединенной двигателестроительной корпорации Дмитрий Колодяжный.

ПРЕСС-СЛУЖБА АО "ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ"
Тел./факс: (499) 558-38-83, press@uecrus.com
105118 г. Москва, проспект Буденного, д.16

Объединенная двигателестроительная корпорация

Новая книга "Столичной энциклопедии"

Издательский дом "Столичная энциклопедия" выпустил новую книгу из серии книг об истории отечественного вооружения и военной техники - "История вооружения авиации России". Научный редактор - академик Е.А. Федосов, 2015 г., 528 стр., тираж 1000 экз.

Содержание книги полностью соответствует заявленной тематике. Широта охвата темы завораживает: от вооружения первых "этажерок" начала XX века, до грозного оружия современных вертолётов, истребителей и стратегических бомбардировщиков.

Получилось весьма глубокое и обстоятельное исследование, проделанное людьми, отменно знающими то, о чём пишут. Обилие фактографии, иллюстративного материала, многое - ранее нигде не публиковавшееся, свидетельств участников описанного - всё есть здесь. Крайне сжатый слог, практически полное отсутствие малозначащих рассуждений общего плана, позволило в одном томе осветить заявленную тему с энциклопедичной широтой и обстоятельностью. Хотя, по уверению авторов, они не претендовали на полноту охвата столь сложной и многогранной темы, но лишь предприняли попытку обобщить и систематизировать известные и вновь появившиеся документы и материалы по истории, изложить основные направления и перспективы развития вооружения отечественной авиации.

К работе в книге удалось за сравнительно короткий срок её создания привлечь огромное количество серьёзных людей. Многие из них знакомы широкому читателю как давно работающие в области популяризации отечественного авиастроения. Но большая часть авторов - напротив, совершенно неизвестна, поскольку действие "режима секретности", в котором работает авиация в России с момента своего зарождения и при всех сменах власти, не позволяло им не то, что размещать статьи на тему своей работы, но и просто говорить о них вне круга людей, посвящённых в тему. Сейчас отношение к раскрытию тематик сменилось и, не разглашая тайн и не нарушая запретов мы, тем не менее, имеем возможность утверждать свои приоритеты и рассказывать правду о реальных событиях заинтересованным читателям. А эти рассказы, зачастую, интереснее выдуманных детективов и модного сейчас "фэнтези". По крайней мере - честнее.

С изданием работали руководители и специалисты ГосНИИ авиационных систем, корпорации "Тактическое ракетное вооружение", тульского Конструкторского бюро приборостроения, КБ Точмаш им. А.Э. Нудельмана, ГосМКБ "Радуга" им. А.Я. Березняка, ГосМКБ "Вымпел" им. И.И. Торопова", Центра Келдыша, Московского института теплотехники, Института прикладной физики, НПО "Сплав", коломенского КБ машиностроения, ВПК "НПО машиностроения", ОКБ им. В.М. Мясищева.

О разработке бомбардировочного вооружения авиации рассказывается в статьях НПО "Базальт" и ГНПП "Регион". Отдельные статьи книги посвящены работам над уникальными бомбами А.Д. Надирадзе и Д.В. Свечарника. Вооружению морской авиации посвящена историческая статья Концерна "Морское подводное оружие - Гидроприбор". О разработке ракетных двигателей рассказывается в статье ТМКБ "Союз". Специалисты НИИ "Поиск" и НПО "Прибор" посвятили свои материалы разработке взрывателей и боеприпасов для комплексов вооружения ВВС.

В подготовке главы "Вооружение самолетов и вертолетов" приняли участие ведущие специалисты всех отечественных авиастроительных конструкторских бюро - ОКБ А.Н. Туполева, ОКБ С.В. Ильюшина, ОКБ А.С. Яковлева, ОКБ С.А. Лавочкина, ОКБ П.О. Сухого, ОКБ А.И. Микояна и М.И. Гуревича, ОКБ Г.М. Бериева, ОКБ М.Л. Миля, ОКБ Н.И. Камова. Заключительная глава книги подготовлена командованием Дальней авиации.

Хочется поздравить "Столичную энциклопедию" с удачным выпуском. Верится, что изданию светит успех, и ещё не раз придётся допечатывать дополнительные тиражи книги.

Редакция журнала "Двигатель"

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ АВИСА - АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ И АГРЕГАТОВ

Дмитрий Александрович Боев, помощник генерального директора ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Одним из самых примечательных событий прошедшего в 2015 году авиасалона МАКС было появление на этой площадке нового игрока: Ассоциации производителей авиационных систем и агрегатов - некоммерческого объединения "АВИСА". Смею утверждать, что за грохотом полётов и сутолокой официальных встреч и приёмов, массовый посетитель этого события особенно не отметил. А зря. Потому, что именно в этой и ей подобных межорганизационных объединениях, не регламентированных никакими чиновными указами (но активно поддерживаемых государственными структурами, занимающимися реальным производством) - надежды на нашу нормальную работу и жизнь.

Ассоциация "АВИСА" зарегистрирована ещё в 2008 году. Это было вызвано, по сути, производственной необходимостью, когда практически все заказчики агрегатов и их серийные производители были "разобраны" по крупным концернам и ассоциациям. Разработчикам и производителям опытных серий уникальных приборов с целью укрепления связей и взаимодействия и с этими структурами, и с государством необходимо было тоже иметь такую более весомую объединяющую структуру. Решили создать её самостоятельно. Эта инициатива объединения в ассоциацию "АВИСА" была поддержана директивными указаниями Федерального агентства по промышленности и Росимуществом России: администрации России тоже проще иметь дело с общим координирующим центром, чем с каждой организацией по отдельности.

На Совете директоров новой Ассоциации вырабатывают общий подход к решению различных вопросов с деловыми партнёрами, строят стратегическую линию поведения в работах, затрагивающих их общие интересы, взвешенное отношение к ценовой политике. В рамках АВИСА проходят заседания профильных комитетов. Их задача - формировать единую позицию агрегатных предприятий по вопросам производственного, технического и технологического развития. Участники готовят материалы и формируют проекты решений для Совета директоров, который предоставляет обращения в органы исполнительной власти.

1 октября 2015 года состоялись заседание Совета директоров и Годовое общее собрание членов Ассоциации "АВИСА". На этот раз местом проведения встречи стало НПП "Аэросила", расположенное в г. Ступино Московской области. Участники подвели итоги совместной работы на Международном авиационно-космическом салоне (МАКС-2015), выработали стратегию информационного сотрудничества и обмена информацией между предприятиями.

В настоящее время в деятельности Ассоциации принимают участие более полутора десятков предприятий. Каждое уникально в своей области деятельности, а некоторые из них являются членами "АВИСА" и не входят более ни в одну из государственных интегрированных структур. Это - НПО "Наука", работающее в российской авиации со времени её создания, без которого не летали бы ни самолёты, ни космические корабли Отечества; это - НПП "Аэросила" - монопольный в России прославленный разработчик винтов, винтовентиляторов, вспомогательных силовых установок; это - ОАО "ОКБ "Кристалл" - разработчик и производитель вертолётных винтов, насосов и агрегатов технологических систем; это - ОАО "Высокие технологии", агрегатами которого снабжается и ремонтируется вся авиатехника России; это - ОАО "Авиационная корпорация "Рубин" - единственное предприятие в странах СНГ и Российской Федерации, тематикой которого является создание и производство изделий взлетно-посадочных устройств, гидроагрегатов и гидросистем современных самолетов и других летательных аппаратов всех типов; это - МПО им. И. Румянцева, российская промышленная компания, занимающаяся производством топливорегулирующей аппаратуры для сложнейших систем автоматическо-

го управления авиационных двигателей и ГТУ; это - ЭПО "Сигнал" - один из ведущих российских разработчиков и крупнейших серийных производителей универсальных приборов измерения давлений для авиационной и ракетно-космической техники; это - АО "ММЗ" Знамя", выпускающее самые сложные топливные и гидравлические агрегаты для авиатехники. Это - перед самым МАКСом вступившая в Ассоциацию НПО "Родина", один из крупнейших в России разработчиков и производителей электрогидравлических, гидромеханических систем, приводов и агрегатов летательных аппаратов. Все участники "АВИСА" являются лидерами в своих направлениях деятельности, обладают мощными инженерными базами, производственными и испытательными мощностями. Уникальный опыт и практические наработки позволяют предприятиям по заданию заказчика реализовывать проекты любой сложности. На их долю приходится около четверти рынка авиационного агрегатостроения России. По этой причине, члены Ассоциации считают своим долгом, как российские предприятия, принимать самое деятельное участие в реализации госпрограмм "Развитие авиационной промышленности на 2013- 2025 годы" и программы импортозамещения.

В рамках работы Международного авиационно-космического салона МАКС 2015 (Московская обл., г. Жуковский) состоялось награждение победителей четвертого Конкурса "Золотые крылья МАКС 2015". Организаторами мероприятия выступили Министерство промышленности и торговли РФ и ОАО "Авиасалон"

Разнообразная хозяйственная архитектура входящих в Ассоциацию предприятий делает участие в программах государственно-частного партнерства реальной схемой работы. Это снимает существенную часть нагрузки с бюджета страны. Члены "АВИСА" играют ключевые роли в создании истребителей 5-го поколения: разработке и ПАК ДА, и ПАК ФА, в проектах по разработке оперативно-тактических военных комплексов. Заказчики и партнеры участников Ассоциации - государственные структуры: Минпромторг и Министерство обороны РФ, авиационные холдинги ОАК и "Вертолеты России" и входящие в них предприятия.

Участники Ассоциации взаимодействуют с иностранными заказчиками. Среди них предприятия и фирмы Китая, Индии, Кубы, Малайзии, США, Канады, Вьетнама, Италии, Франции, стран бывшего СССР. Совместная деятельность участников "АВИСА" позволяет, посредством деятельного консультационно-экспертного сотрудничества по разработке нормативной базы для участников рынка и учёта требований современных мировых производителей авиатехники, осуществлять совместное продвижение продукции на внутренний и внешний рынки. Координация технической политики предприятий, находящихся в одном производственном поле, позволяет при не функционировании в настоящее время общероссийской производственной базы стандартизации, обеспечивать свою продукцию едиными для всех предприятий отрасли стандартами - без чего невозможно ни развитие производства на территории России, ни, тем более, успешная международная производственная деятельность.

За активную РАБОТУ СО СМИ получила награду Ассоциация производителей авиационных систем и агрегатов "АВИСА". Награду от лица Ассоциации получала коммерческий директор НПО "Наука" (входит в "АВИСА") Марина Верховская

Телефон: +7 (495) 775-31-10
Email: info@avisa.aero
Адрес: 125124, Москва, 3-я улица Ямского поля, владение 2

АВИСА

Журналисты и руководство Ассоциации на брифинге, организованном на МАКС-2015 в шале АВИСА

УДК 621.01

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Борис Владимирович Гусев, Президент Международной и Российской инженерных академий, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор
Анатолий Алексеевич Сперанский, вице-президент Российской инженерной академии, директор Института наукоемких инженерных технологий, руководитель рабочей группы председателя Коллегии ВПК
Валерий Михайлович Жучков, председатель Совета директоров Научно-производственного технологического консорциума "Интро-ВИТ"

"Сегодня знания и умения – единственный источник конкурентного преимущества. Они там, где находятся лучшие мозги. Все остальное не считается"
Лестер Туроу

По случаю 25-летия Российской инженерной академии (РИА) представлена историческая ретроспектива развития фундаментальных знаний в области инженерных наук и прикладных технологических новаций с систематизацией развития инструментальных средств наблюдений для исследований и эксплуатации.
Институтом наукоемких инженерных технологий (ИНИТ) РИА совместно с кафедрой Устойчивого развития Университета "Дубна" впервые структурированы новые прорывные знания и креативные технологические решения устойчивого развития общества через приоритетные технологии безопасной и комфортной жизнедеятельности VI технологического уклада.
Предложенный анализ позволяет глубже понять принципы достижения странами и народами технологического лидерства в ресурсосбережении, энергоэффективности, импортонезависимости, активном творческом долголетии и всех видах техногенной и экотехнологической безопасности.
Ключевые слова: ***устойчивое развитие общества, технологический уклад, инструменты наблюдения, технологическое лидерство, гомеостаз антропогенных систем, техногенез биосферы и техносферы.***

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ РЕСУРС ОБЩЕСТВА

Роль инженерного сообщества многогранна: формирование фундаментальных и прикладных знаний, организация эффективного конкурентоспособного производства и эксплуатации, научно-технологическое обеспечение жизнедеятельности, воспроизводство кадрового потенциала промышленности для устойчивого развития общества.

Своей важнейшей задачей Российская инженерная академия (РИА) считает системное творческое взаимодействие на всех этапах жизненного цикла со всеми участниками инженерного процесса создания продуктов жизнедеятельности - товаров и услуг. Интеллектуальные творческие усилия ученых, исследователей, изобретателей, проектировщиков, технологов, производственников, испытателей, работников служб эксплуатации, ремонта, диагностики и экспертизы требуют постоянного внимания, индивидуального подхода и поддержки для непрерывного повышения научно-технического уровня инженерной деятельности.

Идеи, гипотезы и мысли, подтвержденные экспериментами, должны быть глубоко осмыслены и компетентно проанализированы, чтобы новые знания в качестве результатов фундаментальных и прикладных исследований в предметной области (новшества) были адекватны изучаемым и наблюдаемым процессам природного синтеза. Инновации, как конечный результат внедрения новшеств, изменяют объект управления для получения экономического, социального, экологического или другого вида эффекта.

Эффективным инструментом непрерывного обновления знаний Общества с целью формирования высокого уровня технологического потенциала Российской Федерации является системное инженерное образование и профессиональная аттестация.

ДОСТОВЕРНЫЕ ЗНАНИЯ - ОСНОВА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

С незапамятных времен тесно сотрудничают и подчас соперничают в приоритетности две важнейшие области жизнедеятельности Человека - биомедицинские науки в качестве практических приложений знаний о живой природе (биосфера) и инженерные науки в качестве антропогенных приложений научно-технических знаний для технологического обустройства жизни (техносфера).

И если медицина более пяти тысяч лет объединяет и совершенствует знания и опыт о здоровье и заболеваниях организма человека во благо его осмысленного существования, то механика с ещё более древних времен аккумулирует наблюдения и расширяет научные знания для улучшения и сохранения качества жизни на Земле. Из этого вытекает роль, значение и ответственность сообщества биологов и инженеров в качестве исследователей фундаментальных закономерностей и процессов взаимодействия и взаимовлияния Человека и среды его обитания.

Биомедицинские науки демонстрируют как прорывные возможности новых знаний, так и свое бессилие в борьбе с потерей иммунитета, массовыми патологиями и опасными эпидемическими ситуациями, несущими смерть и угрозу цивилизации. При этом, новые знания о живой природе стимулируют инновационное развитие также и техносферы.

Инженерные науки практически реализуют как достоверные знания, так и необоснованные амбиции при создании современных и перспективных инструментальных средств для достоверного наблюдения, эффективной оценки диагностических маркеров состояния гомеостаза антропогенных систем и принятия мотивированных управленческих решений в сфере техногенной и экотехнологической безопасности. В свою очередь, новые междисциплинарные инженерные знания стимулируют инновационное развитие биомедицинских исследовательских и лечебных технологий.

Научно-технологическая интеграция биомедицинских и инженерных знаний является основой для консолидированного решения фундаментальных проблем земной цивилизации, главной из которых признано **активное творческое долголетие** человека. Проблема многогранно-системная по сути и междисциплинарная по форме.

Научное освоение техносферы значительную часть истории следовало за познанием живой природы (биосферы) с человеком в качестве исследователя и пользователя среды обитания. Творческое начало Homo Sapiens в борьбе за выживание развивало пытливость и изобретательность. Выдающиеся открытия и гениальные заблуждения ученых древних миров подталкивали естествоиспытателей к оснащению наблюдений инструментами, превосходящими по чувствительности природные органы чувств человека.

Насущные потребности средневекового общества породили бурное развитие ремесел с зачатками кустарных технологических решений, появились явно выраженные потребности общества и власти в науке и образовании. Мир стал свидетелем и участником

бурного обобщения фундаментальных знаний и быстрого развития производственных технологий. Этот период антропогенной деятельности конца XVIII - начала XIX веков получил название I-й промышленной революции. Исторически периоду соответствовали качественные, эмпирические, интуитивные инструменты наблюдения и познания природы и основ жизнедеятельности во взаимодействии со средой обитания. Впоследствии сформулированы системообразующие понятия, признаки, характеристики, трансформирующиеся во времени по мере освоения человеком новых фундаментальных и прикладных знаний. Новые технологические знания формируются по мере познания Природы Человеком и классифицируются в форме технологических укладов, начиная с Первого технологического уклада (ТУ) 1780 - 1840 годов.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

Историческая последовательность технологических укладов характеризуется цикличностью (период 50 - 60 лет), особенностью развития (революции знаний и эпохи внедрения технологий), преобладающими отраслями промышленности, уровнем машиностроения, областями технологического прогресса, развитием средств коммуникаций (транспорт и связь), прогрессом в материаловедении, освоением энергоносителей, системой производства и потребления энергии, типом силовых машин, технологическими новшествами, деловой активностью, формами финансовых институтов, системными потрясениями, прорывными научными областями, инновационной и патентной активностью, лидирующими странами, системой образования. Синхронно показано развитие инструментов наблюдения (табл. 1).

Первый технологический уклад относится к периоду Первой промышленной революции с 1780 до 1840 гг. и характеризуется началом механизации труда, развитием текстильной промышленности, освоением технологий выплавки чугуна и обработки железа, строительством каналов, созданием машин с использованием энергии воды и ветра.

Развитие конкуренции и кооперационное объединение кустарного капитала, зарождение научных подходов, научно-инженерных и изобретательских групп, ростков передачи профессиональных навыков.

Ричард Аркрайт создает первую прядильную машину "Water frame" и строит знаковую текстильную фабрику в Кромфорде. Лидерство Великобритании подхватывают Франция и Бельгия. Первые симптомы перепроизводства и биржевые сотрясения.

Второй технологический уклад относится к Эпохе пара с 1825 до 1890 гг. и характеризуется ускоренным развитием железнодорожного и водного транспорта на основе паровых машин, их широким внедрением в промышленное производство, развитием угледобычи, машиностроения и станкостроения, электроэнергетики, неорганической химии, черной металлургии, бетона.

Акционерная концентрация производства и капитала на принципах ограниченной ответственности, формирование научно-исследовательских институтов, систем профессионального образования и охраны интеллектуальной собственности. Высокий социальный статус инженерных профессий.

Создан паровоз Locomotion № 1, построена железная дорога Стоктон - Дарлингтон. Лидерство Великобритании, Франции и Бельгии подхватывают Германия и США. Общество переживает первую системную депрессию 80-х годов.

Третий технологический уклад относится к Эпохе стали и периоду Второй промышленной революции с 1880 до 1930 гг., характеризуется промышленным использованием энергии угля для производства электрической энергии, развитием тяжёлого машиностроения и электротехнической промышленности, новых открытий в области химии, распространение радиосвязи и телеграфа, развитие автомобильной промышленности и железнодорожного транспорта, изобретение динамита, освоение цветной металлургии и органической химии, начало переработки нефти.

Образование крупных фирм, картелей, синдикатов и трестов, господство монополий и олигархов на рынках. Начало концентрации банковского и финансового капитала, развитие отраслевых и корпоративных прикладных научно-исследовательских организаций, привлечение ученых и инженеров с университетским образованием в производство, национализация институтов и научных лабораторий, пик патентного творчества в 1930 г., всеобщее начальное образование.

Изобретение бессемеровского процесса, создание на базе конвертера Бессемера завода Edgar Thomson Steel Works в Питтсбурге. Лидерство Германии теснит США, Великобританию, Францию, Бельгию, Швейцарию и Нидерланды. Революционные успехи оборачиваются великой депрессией.

Четвертый технологический уклад соотносится с Эпохой нефти с 1930 до 1980 гг. и характеризуется мировым укладом, основанным на развитии энергетики с использованием углеводородов, нефтегазового трубопроводного транспорта, серийным производством широкого спектра вооружений, в том числе, ядерных, развитием авиационной, оборонной, автомобильной промышленности и цветной металлургии, массовым производством автомобилей и тракторов, конвейерным производством двигателей внутреннего сгорания, нефтехимии и новых синтетических материалов, средств

Таблица 1

Обобщенная матрица технологических укладов

Периоды укладов Историческая особенность	I УКЛАД 1780-1840 гг. Ремесленное производство	II УКЛАД 1825-1890 гг. Эпоха пара	III УКЛАД 1880-1930 гг. Промышленное производство	IV УКЛАД 1930-1980 гг. Эпоха нефти	V УКЛАД 1975-2040 гг. Информационные технологии	VI УКЛАД 2010-2060 гг. Когнитивные знания
Ведущие отрасли промышленности	Текстильная	Паровое машиностроение	Железнодорожный транспорт	Автотракторное производство	Электроника и роботизация	Возобновляемая энергетика
Области прогресса	Выплавка чугуна	Черная металлургия	Электрификация	Химизация	Информатизация, телекоммуникации	Искусственный интеллект
Материаловедение	Железо	Сталь Бетон	Бетон Сталь	Полиметаллы Пластмассы	Композиты	Биоматериалы
Энергоносители	Вода Ветер	Пар	Уголь	Нефть	Газ	Возобновляемые источники
Науки	Физика Механика	Физика Теплотехника	Неорганическая химия	Органическая химия	Вычислительная математика	Биотехнология
Образование	Освоение профессий	Профессиональное образование	Начальное образование	Среднее образование	Высшее образование	Межотраслевое образование
Динамические измерения	Качественные	Скалярные	Количественные	Спектральные	Амплитудно-фазо-частотные	Траекторные
Методы анализа	Эмпирические	Сравнительные	Усредненные	Параметрические	Векторно-фазовые	Системные (модельные)

вычислительной техники и программных продуктов, радиолокации и проводной связи, товаров народного потребления, начало использования атомной энергии в военных и мирных целях.

Образование транснациональных и международных компаний на мировом рынке с прямыми инвестициями в различные страны, вертикальная интеграция, господдержка приоритетных и гражданских НИОКР, развитие лицензирования, пик патентной активности в 1968 г.

Внедрение на предприятиях Форда ленточного конвейера, начало выпуска автомобиля Ford Model T. Лидерство США, Западной Европы и СССР. Технологический прорыв диктатур. Нефтяной кризис 1973 года, кризис Бреттон-Вудской валютной системы.

Пятый технологический уклад относится к периоду Научно-технической революции и Эпохе компьютеров и телекоммуникаций с 1975 до 2040 гг., опирается на информационные технологии и достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, использование новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства и спутниковой связи, характеризуется информатизацией, созданием гибких производственных структур, обрабатывающих центров и телекоммуникационных систем, оптоволоконной техники, развитием атомной энергетики, воздушно-космического транспорта, электронной промышленности и роботостроения, освоением композитных материалов и микроэлектронных компонентов, тонких химических и биологических технологий, широким использованием энергии природного газа.

Международная интеграция производства и сбыта мелких и средних фирм на основе коммуникативных сетевых технологий, горизонтальная интеграция научных исследований и проектирования с использованием вычислительных сетей в совместных исследованиях, государственная поддержка новых технологий и университетско-промышленное сотрудничество. Новые формы собственности для программного продукта и биотехнологий. Особенность и преимущество уклада в гибкой индивидуализации производства и потребления. Название "Силиконовая долина" становится символом появления первого микропроцессора Intel 4004, открывшего век компьютерных технологий, сетевой коммуникативности и искусственного интеллекта.

Шестой технологический уклад относится к Эпохе нанотехнологий с 2010 до 2060 гг., опирается на технологический инструментарий нанотехнологий и клеточных биотехнологий, лазерной техники, молекулярной и нанофотоники, искусственного интеллекта, конструкционных материалов и систем, биологических тканей и органов с заданными и управляемыми свойствами, квантово-волновых кибертехнологий управления состояниями, развитие компактной и сверхэффективной энергетики с интеграцией в локальные "умные" сети энергоснабжения и энергопотребления, экологически чистых водородных энергоносителей и биотоплив с отказом от углеводородных экологических проблем.

Гуманитарная интеграция среды обитания человека и общества через развитие биомедицинских, образовательных, интеллектуальных, социальных, коммуникативных и экономических технологий природопользования с поддержкой когнитивных наук и конвергенции нано, био, инфо и когнитивных технологий.

Особенность и преимущество уклада в резком **снижении энергоёмкости и материалоёмкости производства и потребления, в конструировании материалов и органов с заданными и управляемыми свойствами**.

АКТУАЛЬНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЯ СОСТОЯНИЙ

Помимо выдающихся достижений научно-инженерного сообщества XVIII - XX веков в сфере науки, техники и технологий, последнее столетие вошло в историю как век техногенных аварий и экотехнологических катастроф. Проблема кроется в том, что в условиях ограниченных природных, и в первую очередь энергетических, ресурсов бизнес в конкурентной борьбе вынужден осваивать новшества и коммерциализировать наукоемкие инновационные решения. Это приводит к новым, более сложным, энергетическим, материаловедческим, конструкторским, технологическим решениям, эксплуатационным регламентам и, следовательно, к нарушению биофизического природного гомеостаза. Как следствие, общество все чаще испытывает чрезвычайные ситуации (ЧС) экологического, техногенного и социально-экономического характера. Участившиеся техногенные катастрофы (ТК) на фоне значительного прогресса в различных областях знаний являются следствием повышения энтропии как показателя неопределённости, беспорядка, разнообразия, хаоса и безответственности в области экотехнологической безопасности. Одной из главных причин происходящего является недостаточная информативность технических средств мониторинга и методов объективной оценки эксплуатационных показателей техносферных компонентов природно-технических систем (ПТС).

Серьезную обеспокоенность темпами и последствиями противостояния общества и природы ещё в 1964 году выразили государства-участники "Римского клуба". Они обратились ко всем странам и народам с предупреждением, что по прогнозам ученых, если не предпринять общих усилий, XXI век станет историческим периодом великих технологических катастроф. На рубеже XX-XXI столетий произошли грандиозные по последствиям антропогенные катастрофы в Канаде, Италии, Индии, СССР, в Юго-Восточной Азии, Казахстане, Югославии, Венгрии, Мексиканском заливе, Японии, современной России, что вопиюще свидетельствует о безответственности и некомпетентности действий жителей нашего всеобщего дома - планеты Земля.

По статистике, в XX веке 56 % ТК, 50 % погибших и 40 % раненых приходятся на последние 20 лет. При этом, "человеческий фактор" порождает 45 % экстремальных ситуаций на АЭС, 60 % авиакатастроф и 80 % морских ЧС. На химкомбинате в Бхопале за пять предшествующих катастрофе лет произошло более 2000 аварий, от которых пострадало более 223 тысяч человек. Количество пострадавших от ТК на Чернобыльской АЭС превысило 9 млн человек, при этом, эксперты утверждают, что следы аварии в генном аппарате исчезнут только через 40 поколений. По данным МЧС, в период с 1993 по 1999 годы в РФ ежегодно происходило около 1350 ЧС с прямым материальным ущербом в размере 12 - 27 млрд рублей, четверть которых приходилась на ТК. Преобладает мнение, что главной причиной ТК является высокий износ энергетической и транспортной инфраструктуры РФ.

В XXI веке мировой процесс прогрессирует. Общий ущерб от ЧС в 2001 году составил $144,4 млн, мировые экономические потери от природных и ТК в 2009 году составили $63 млрд, а в 2010 году - $222 млрд при количестве погибших более 260 тыс. человек. Доля ТК составляет примерно 35 % от числа природных катастроф (ПК) или 25 % от общего числа ЧС. Потери японской экономики от ПК и ТК оцениваются в $ 1 трлн.

ТК подводного атомного ракетоносца "Курск", помимо гибели 118 членов экипажа, привела к существенным материальным потерям, непосредственный ущерб от аварии на нефтяной платформе BP в Мексиканском заливе без отдаленных экологических последствий оценивается в $1,6 млрд. Аварии на трубопроводах, загрязняя значительные территории, несут потери от 7 до 20 % транспортируемой нефти в объеме от 10 до 68 млн тонн. По аналитическим прогнозам МЧС, рост негативного **влияния ТК на природу и население приведет к затратам от 1,5 до 4,5 % ВНП**, что превышает совокупные расходы на здравоохранение и охрану окружающей среды.

ТК занимают одно из ведущих мест по количеству человеческих жертв и представляют наибольшую экологическую опасность. По статистике международного Center for Research on the Epidemiology of Dusasters (CRED) основную часть ТК составляют "индустриальные" и "транспортные". С 1901 по 2007 годы произошло 1125 индустриально-технологических ТК, от которых пострадали 4,5 млн человек, 49 тыс. погибли, а общий ущерб составил $225 млрд. От 4102 транспортных ТК пострадали 304 тыс. человек, погибли 194,4 тыс. человек, а прямой ущерб составил $58 млрд. От 1085 прочих ЧС пострадали 3,1 млн человек, погибли 59 тыс. человек, а ущерб составил $4,2 млрд.

По оценке страховой компании Swiss Re только в 2006 году произошло 213 ТК с потерями $4 млрд. По данным консалтинго-

вой фирмы Risk Management Solution, в начале XXI века количество крупных ТК стабильно превышает количество ПК, при этом, в 2003 - 2006 годы количество ТК в разы превысило ПК при стабильном росте смертности.

Из приведенного анализа следует, что **невозможно добиться экономического роста и устойчивого развития без эффективных мер по сокращению ЧС, обусловленных деятельностью человека**.

Противостоять трагическому развитию событий могут и должны достоверные знания о природных процессах, реализуемые через инновационные проекты технологических укладов. Без научного осмысления бытия неизбежна не только "рациональная" примитивизация технологий, но и, вытекающая из господствующей в мире потребительской доктрины, нравственная деградация во всех сферах жизнедеятельности. По общему мнению ученых, выходом из сложившегося тупика земной цивилизации может быть только системный научный подход на основе объективной исходной классификации явлений, процессов и состояний, достоверного понимания физической сути природного синтеза опасных состояний через адекватные им наблюдения и научный анализ гомеостаза.

В условиях очевидной потребительской стратегии общества, с научной точки зрения, для своевременного предотвращения ЧС необходимо понимать и непрерывно в реальном времени наблюдать опасные технологические процессы. При этом, мониторинг и анализ процессов и явлений должны быть адекватны процессам природного синтеза, собственно, являющегося объектом наблюдения. Только достоверное знание текущих и прогноз приближающихся состояний позволяют предвидеть и предотвращать аварии и потенциально опасные ЧС. Такое ясное и простое понимание проблемы оказалось достаточно сложным в её практическом решении.

Универсальным способом познания синтезируемых природой явлений, процессов и состояний является наблюдение. По выражению известного японского физика-аналитика Мичио Каку, ***"на протяжении всей истории человечества нашу судьбу определяло владение инструментами наблюдений"***. Главное требование к инструментальным средствам и методам эффективных наблюдений состоит в адекватности собственно измерений анализируемым диагностическим параметрам.

ТЕХНОЛОГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

В XX веке получены серьёзные подтверждения устойчивой связи необъятного множества имеющихся в нашем распоряжении научных и технологических знаний в области живых и антропогенных систем со всеобщими законами устройства природы, общества и человека. Системное понимание механизмов этих связей позволяет определить области стратегических технологий жизнедеятельности, создающих условия для достижения человеком заложенной в нем природой возможностью активного творческого долголетия.

Освоение прорывных решений VI технологического уклада позволит ускорить решение приоритетных задач общества в области устойчивого развития во имя безопасной и комфортной жизнедеятельности человека:

1. "ЭНЕРГЕТИКА" - системы генерации, источники и накопители электрической и тепловой энергии, термодинамические трансформеры, рациональное (экономное) потребление энергии (ресурсосбережение).

Цель развития: экологически безопасные возобновляемые источники энергии, повышение мощности, емкости и КПД энергетических установок, термодинамическая трансформация и накопление энергии, альтернативные источники энергии, технологии энергонезависимости (автономного функционирования) технических систем.

Научные области: интеллектуальная энергетика; микроисточники питания и гиперёмкие аккумуляторы; генерация; энергия поля и вещества.

Перспективные направления разработок: беспроводная передача электроэнергии, ионисторы и редокс-аккумуляторы, энергетические установки на биотопливе и "попутном" тепле, вторичная переработка и утилизация энергии и отходов металлургических, химических, теплоэнергетических и ядерных производств.

2. "ЭКОЛОГИЯ" - технологии ресурсосбережения, утилизация и глубокая переработка органических, теплоэнергетических, химических и ядерных отходов, интеллектуальное материаловедение, экотехнологический прогнозный мониторинг, предотвращение загрязнения и сохранение окружающей среды.

Цель развития: ресурсосбережение, сохранение природы для будущих поколений, рациональное природопользование, экотехнологическая безопасность, воспроизводство, трансформация, хранение и экономное потребление природных ресурсов.

Научные области: безотходные энергоэффективные производства, интеллектуальное материаловедение, системный мониторинг природного гомеостаза.

Перспективные направления разработок: технологии утилизации отходов и глубокой переработки природных ресурсов, технологии микроструктурного синтеза материалов, воспроизводство, структурирование и хранение водных и продовольственных ресурсов.

3. "СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" - инструменты наблюдения гомеостаза объектов управляемого пространства путем адекватного сведения разнородных средств мониторинга, мобильной обработки, достоверного анализа и моделирования прогнозов.

Цель развития: безопасность жизнедеятельности через прогнозный мониторинг текущих состояний для предупреждения и предотвращения критических состояний, аварий, экотехнологических катастроф и природных бедствий.

Научные области: информационные технологии, математическое и физическое моделирование, волновая электроника, многопараметрическая визуализация, единое информационное пространство, энергоинформационные воздействия, кибертехнологии, связь и защита информации.

Перспективные направления разработок: нейрогибридное распознавание образов, распределенное сетецентрическое интеллектуальное управление роботехническими средствами и системами (технологии C4ISR+), интеллектуальные адаптивные системы защиты.

4. "ТЕХНОЛОГИИ РОБОТОТЕХНИКИ" - системы механических операций, наблюдения и доставки, включая миниатюрные манипуляции, высотные перемещения и подводные операции.

Цель развития: безопасное управление процессами обеспечения жизнедеятельности в экстремальных условиях, недоступных областях, агрессивных средах, непознанных пространствах и мирах.

Научные области: аэрогидромеханика, адаптивные системы управления, распознавание образов, спецхимия, материаловедение (сверхпрочные материалы, управление формой и механическими напряжениями), радиоэлектроника (миниатюризация, компонентная база), фотоэнергетика, источники питания, космическое приборостроение, инерциальная навигация.

Перспективные направления разработок: глубоководные автономные роботы, экзоскелеты/силовые доспехи, беспилотные маловысотные вертолеты, высотные БПЛА сверхдлительного барражирования (до 1 года) с использованием для распознавания гиперспектральных портретов.

5. "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ" - улучшение технических свойств неорганических и органических материалов, создание биоматериалов, разработка эффективных технологий их производства, в т.ч. для их наноструктурирования - введение в структуру в качестве мостиков прочности, снижения водо- и воздухопроницаемости, обеспечения электр- и сверхпроводимости, экологической безопасности.

Цель: улучшение свойств существующих материалов или создание новых со снижением материалоёмкости и дальнейшей миниатюризации конструкций.

Научные области: оптимизация составов композиционных материалов, разработка основ наноконструирования, интеллектуальные материалы и биоматериалы.

Перспективные направления: интеллектуальные системы создания рациональных композиций, в т.ч. с заданными сроками

эксплуатации и возможностью вторичного использования или полной утилизации.

6. "ТРАНСПОРТ" - технологии мобильных международных и региональных транспортно-информационных коммуникаций, антропогенные объекты и системы безопасного индивидуального и коллективного перемещения людей и грузов во времени и пространстве.

Цель развития: эффективные коммуникационные технологии безопасных и комфортных передвижений субъектов жизнедеятельности в средах обитания: подземных, подводных, наземных, водных, воздушных и безвоздушных (космических). Рациональные транспортные системы мегаполисов, региональный и трансконтинентальный пассажирский и технологический транспорт.

Научные области: адаптивные производства; автоматический транспорт; технологии гибкого крыла; интеллектуальные авиаконструкционные материалы, высокоэнергетичные топлива; перспективные электроприводы; транспорт на альтернативных видах топлива и энергии.

Перспективные направления разработок: гиперзвуковые летательные аппараты, электромагнитные катапульты, многоразовые космопланы воздушного старта, экономные транспортные системы "сверхтяжелый транспортный самолет - космический челнок", гравитационный транспорт.

7. "СОЦИУМ БУДУЩЕГО" - системная социально-блоковая политика устойчивого развития для достижения глобальной конкурентоспособности и опережающего научно-технологического лидерства, эффективные механизмы социальной поддержки молодежи.

Цель развития: повышение способностей человека индивидуально и в составе социума организаций, гуманитарная адаптация научных и технологических знаний во имя будущих поколений, надежная безопасность и максимальная комфортность жизнедеятельности человека.

Научные области: проектирование и управление будущим, эффективное природопользование (высокие экотехнологии), искусственный интеллект, клеточные технологии, социогуманитарные технологии.

Перспективные направления разработок: вложения в человека, новое образование, новая медицина, гуманитарные технологии, закрывающие технологии фондо-, энерго- и трудосбережения в существующих отраслях, гибкие системы "безлюдного" производства и эксплуатации, усадебная урбанизация "тканевого" типа, города-полисы, конвергенция нано, био, инфо и когнитивных технологий (NBIC).

8. "ТЕХНОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА" - биомедицинские технологии предотвращения критических состояний, заболеваний или инфекций - от диагностики до функционального восстановления тканей и органов тела.

Цель развития: активное творческое долголетие через контроль состояния иммунитета и управление гомеостазом.

Научные области: регенеративная медицина, клеточные технологии, генетика, вирусология, синтетическая и морская биология, пилотируемая космонавтика и космические исследования; технологии воспроизводства, структурирования и утилизации водных и продовольственных ресурсов здорового питания.

Перспективные направления разработок: технологии управления геномом и производства искусственной крови, биоинженерия реконструкции натуральных органов; воспроизводство, структурирование и хранение водных и продовольственных ресурсов, утилизация органических отходов.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КЛАСТЕРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

По прогнозу научных аналитиков, преимущества последующих технологических укладов наиболее эффективно оцениваются степенью достижимости креативного экосбалансированного кластерного триединства:

А) - существенное **снижение ресурсоёмкости** (энерго-материало-трудо-интеллектуальные ресурсы) исследований и производства в техносфере;

Б) - непрерывное конструирование новых функциональных материалов и реконструкция совместимых тканей органов **с заданными и управляемыми свойствами** (техносфера и биосфера);

В) - доступности **энергии природного синтеза**, достаточной **для продолжения жизнедеятельности** социума следующих поколений и живого мира планеты в целом (биосфера).

Три выделенных кластера можно считать фундаментальнообразующими в смысле исправления нарушенного многовековой революционной антропогенной деятельностью человека и общества экологического баланса со средой обитания. Для интеграции бесценных междисциплинарных инженерно-технологических знаний, значительного опыта и богатой интуиции в области инженерных наук, в Российской инженерной академии в 2010 году создан и успешно реализует поставленную задачу Институт новых инженерных технологий (ИНИТ РИА).

ИНИТ организован 28 июля 2010 г. по Постановлению Президиума РИА с целью консолидации новых знаний в области инженерных наук, усиления интеграционных процессов между фундаментальной наукой и отраслевыми приложениями, практической поддержки усилий инженеров-разработчиков и изобретателей в продвижении прорывных технологий и уникальных образцов техники, повышения образовательного уровня, культуры и общественного статуса инженерных профессий, содействия промышленному внедрению и коммерциализации приоритетных и перспективных инженерных технологий.

Задача ИНИТ РИА - коммерциализация инновационных технологий приоритетных направлений жизнедеятельности человека и общества: техногенная и экотехнологическая безопасность, энергоресурсосбережение и альтернативная энергетика, информационные сетевые технологии и робототехника, водные ресурсы, продовольственная безопасность и медико-биологические технологии, строительные технологии, коммуникации и материаловедение. В составе ИНИТ РИА работают актуальные центры инженерных компетенций: Реестр инженерных новаций (DExpert, проф., академик РИА и МИА А.А. Сперанский), Экспертно-консультативный (член-корр. РИА и МИА А.И. Бажанов), Внедрения и сопровождения новых технологий (д.т.н., академик РИА и МИА В.А. Зеленков), Глубокой переработки биомассы (д.ф.-м.н., проф., академик РИА С.В. Пашкин), Квантово-волновых информационных технологий (к.т.н., член-корр. РИА А.Н. Штыков), Роторных силовых машин и систем (к.т.н., академик РИА С.В. Еремеев), Энергосбережения и трансферта энергии (к.т.н., академик РИА А.И. Овчинников), Технологий здорового питания и продовольственной безопасности (д.т.н., проф., академик РИА Е.А. Мандрыка), Строительных технологий и наноматериалов (к.т.н., член-корр. РИА А.А. Павлов), Признания, оценки и защиты интеллектуальной собственности (д.т.н., проф., академик РИА В.Е. Косырев), Пилотажных тренажеров, моделирующих испытательных стендов и обучающих роботов (DExpert, проф., акад. советник РИА В.В. Шишкин), Медико-биологических технологий (д.т.н., академик АМТН, член-корр. РИА Л.С. Орбачевский), Перспективных фундаментальных исследований для прорывных физических приложений (PhD, проф., академик РИА и МИА Ю.А. Галушкин).

КРЕАТИВНЫЕ ШАГИ В VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ

Все разрабатываемые в центрах инженерных компетенций ИНИТ РИА опережающие технологические решения, так или иначе, основаны на новых материалах или связаны с инновациями в области конструкционного материаловедения. Становится обычной практикой, когда для обеспечения требуемых тактико-технических характеристик создаваемого объекта целевым образом разрабатываются материалы со специальными функциональными свойствами или заданными эксплуатационными параметрами.

Наиболее эффективной областью проектирования материалов с заданными свойствами является строительство. Бетоны, будучи композитными материалами, включающими наполнители, связующее и различные модификаторы, своими эксплуатационными свойствами в значительной мере зависят от форморазмерных параметров и объемной рецептуры разноизмельченных компонен-

тов - цемента и кварцевого песка. Наномодифицированные бетоны, создаваемые с использованием современных ультрадиспергаторов, позволяют "паковать" бетоны высокой плотности с уникальными эксплуатационными характеристиками - пластичностью, вязкостью, ударной прочностью, цикличностью и химической стойкостью. Особое внимание, в этом контексте, привлекают бесцементные бетоны.

Другим уникальным конструкционным строительным материалом является древесина - волокнистый композит низкой теплопроводности, природный феномен и образец экологической гармонии.

Эффективной технологической идеей для строительства в сейсмоактивных регионах оказалось пространственное вертикально-спиральное 3D-армирование железобетона, разработанное Тайваньским ученым доктором Самуэлом Ин. Верхом совершенства в области материаловедения является создание в обозримом будущем интеллектуальных материалов с управляемыми конструкционными свойствами (техносфера), а также кибернетическая реконструкция тканей органов (биосфера).

В рамках Российско-Тайваньского научно-технологического сотрудничества проходит завершающий этап исследования и сертификации экспериментального образца гиперчувствительного импульсного квантово-волнового оптического вибропреобразователя (КВОВ-приемник) внешних воздействий или строительных дефектов. В разработке использовано изотропное одномодовое (информационное) волокно, модифицированное диоксидом германия. КВОВ-приемник не содержит электронных элементов, не требует электропитания и может быть установлен в зонах с жесткими условиями эксплуатации.

Особую перспективу представляют возможности нового оптического квантово-волнового приемника для непрерывного волнового мониторинга сейсмических, акустических, гидроакустических и гидродинамических воздействий при размещении их в грунте, воздушной и водной среде. КВОВ-приемники локальные, но при установке в море могут контролировать акваторию в радиусе свыше 100 миль. Задержка приема информации от приемника составляет 5 микросекунд на километр, и при длине оптического кабеля 50 км составляет всего 250 микросекунд. В то же время, распространение гидроакустического сигнала на этой же дистанции составляет 35 секунд, а прохождение этого же пути гидродинамической волной происходит около 40 минут. Таким образом, **применение КВОВ-приемников обеспечивает значительное время упреждения до появления воздействий в месте нахождения критически опасных объектов** типа АЭС Фукусима.

Постоянный волновой мониторинг геоинформационной среды позволяет также вести гиперчувствительное наблюдение за природными явлениями (приливы и отливы, штормы и ураганы и т.д.) и также техногенными возмущениями среды (взрывы, свищи, утечки газа из газопроводов и жидкости из водохранилищ, движение объектов и т.д.). По оценкам экспертов, обоснована разработка конструкции корпуса КВОВ-приемника для установки в воде на глубине до 500 метров. При размещении КВОВ-приемников в океане и морских акваториях предлагается прокладка кабеля по дну и установка на конце кабеля вертикальной антенны из нескольких чувствительных элементов, с размещением первого на дне. Такой способ установки позволит считывать все виды геодинамических возмущений с резервированием и высокой надежностью.

Интегрированные модульные геоинформационные сети волнового мониторинга с использованием КВОВ-приемников открывают уникальную возможность мобильной оценки для принятия оперативных решений по предупреждению природных и предотвращению экотехнологических катастроф от геопатогенных явлений (цунами, землетрясения и т.п.), эксплуатационных аварий и безответственных управленческих решений. Информационный интеллектуальный приоритет достигается за счет мгновенного (со скоростью света) оповещения администрации объектов особой опасности (типа атомных станций, опасных химических и энергетических производств, транспортных систем) на ранней стадии зарождения природных процессов или эксплуатационных патологий, порождающих чрезвычайные ситуации и техногенные катастрофы.

В целом, Волновая информационная технология с использованием КВОВ-приемников представляет собой системно связанный комплекс опережающих технологических решений, основанных на know-how уровня Hi-tech, для наблюдения геоинформационных процессов среды обитания и обнаружения дефектов механических систем на ранней стадии их зарождения. Важным обстоятельством является то, что фундаментальные исследования на этапе создания технологии в 2010 году были поддержаны Тайваньским отделением Международной инженерной академии и Грантом доктора Самуэла Ин.

Проект имеет экспериментальный научно-исследовательский статус и существенную перспективу развития в кластере ***УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ***.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижения современной науки и практики свидетельствуют о том, что общей фундаментальной основой, технологически объединяющей стратегические области комфортной и безопасной жизнедеятельности, являются квантово-волновые процессы, непрерывно сопровождающиеся превращением и обменом энергии на всех системных уровнях состояния вещества. Энергетические трансформации происходят в форме электромагнитных, акустических и иных физических полей, диагностические пространственно-временные параметры которых (частоты, амплитуды, фазы) позволяют наблюдать и анализировать динамику процессов внутри объекта (человек, механизм, сооружение) и в обмене с внешней средой.

Всеобщий волновой феномен среды обитания человека привел к тому, что изначально биологический термин "гомеостаз" получил распространение в качестве интегральной характеристики состояний механических объектов и неживых систем. Аналогично оценке патологических состояний в медицине, которые характеризуются уровнем текущего гомеостатического состояния иммунитета, оценка опасных состояний в механике отражает уровень текущего гомеостатического состояния эксплуатационного ресурса конструкционной прочности объектов Природно-технических систем. Прогнозный мониторинг опасных гомеостатических состояний позволяет избежать или смягчить последствия экотехнологических катастроф, несущих трагические потери жизней, массовые разрушения и бедствия. Таким образом, **гомеостатическое пространственно-временное портретирование состояний является уникальным методом наблюдения и рационального управления объектами жизнедеятельности в биосфере и техносфере, а также важнейшим инструментальным средством и мерой экспертизы устойчивого развития**.

Для наблюдения состояний важным является переход в измерениях от качественных (I ТУ) через скалярные, количественные, спектральные к амплитудно-фазо-частотным (V ТУ) и траекторным (VI ТУ), а в методах анализа от эмпирических (I ТУ) через сравнительные, усредненные, параметрические к векторно-фазовым (V ТУ) и системным моделям (VI ТУ).

Вывод: кто раньше других освоит интеллектуальные технологии адекватного наблюдения и эффективного прогноза гомеостаза, тот может стать лидером технологических укладов во всех сферах жизнедеятельности человека.

Литература

1. Б.В. Гусев. Развитие промышленности сборного железобетона в Советском Союзе (1981-1990 г.г.). Ижевск 2015 РИА-МИА-КИГИТ.

2. Б.В. Гусев. Перспективы технологии при производстве сборного железобетона Ижевск 2015 РИА-МГУПС (МИИТ).

3. Б.В. Гусев, А.А. Сперанский, А.И. Прохоров. Многомерная система экотехнологической безопасности. Межотраслевой альманах Деловая слава России №3-2011 г.

4. Д. Рузанов, Б. Гусев, О. Дегтева, В. Никулин, Д. Бакшеев, А. Сперанский. Хочешь узнать будущее - загляни в прошлое. Деловой квадрат №7 2015.

5. Сперанский А.А., Галушкин Ю.А. Достоверные знания как концепция экотехнологического мониторинга в интересах устойчивого развития // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. №4. 2011. http://www.rypravlenie.ru.

6. А.А. Сперанский. Основы безопасной жизнедеятельности. Межотраслевой альманах Деловая слава России, №3, стр.42, 2012 г.

НОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МР-МАТЕРИАЛАМ - БЕСПЛАМЕННЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ГОРЕЛКИ

Иван Соломонович Пятов, Александр Михайлович Шевкун, ООО "РЕАМ-РТИ"
Анатолий Павлович Бевз, ООО "Энергооборудование"

В 1966 г. в Куйбышевском авиационном институте талантливый инженер и ученый Александр Миронович Сойфер закончил разработку концепции проволочных проницаемых материалов на основе соединения и компактирования спиральных пружин, образующих при прессовании упруго деформируемую пористую систему. Новый уникальный материал, опытные образцы которого были изготовлены в Лаборатории № 1 КуАИ, получил название МР (металлорезина) или проволочный проницаемый материал (ППМ).

Сегодня изделия из ППМ применяются в самолётах и космических кораблях, подводных и надводных судах, медицине, атомной промышленности.

На основе ППМ созданы разделители сред, виброизоляторы, демпферы, уплотнения, катализаторы, теплопередающие устройства и другие изделия, которые нашли широкое применение в промышленности и позволяют решать актуальные проблемы, возникающие при создании новой техники.

Изначально материал ППМ разрабатывался для виброзащиты изделий, но благодаря обладанию целой гаммой полезных свойств открываются все новые и новые области его применения.

ООО "РЕАМ-РТИ", приняв за основу наработанные последователями А.М. Сойфера технологии, с 1993 г. серийно производит фильтроэлементы (ФЭ) из ППМ для фильтрации газа и жидкости и совершенствует как технологические приемы серийного производства, так и конструктивные решения самих изделий.

Особенности структуры ППМ, связанные с упругостью материала и отсутствием тупиковых каналов, позволили дать рынку высокой степени регенерируемые ФЭ с тонкостью фильтрации сред до 2 мкм.

Применение технологий ППМ в фильтрующих системах - только одно из направлений применения этого прогрессивного конструкционного материала.

Благодаря интересу отечественных разработчиков устройств беспламенного горения газового топлива (В.М. Шмелева, В.С. Арутюнова, ИХФ РАН), прежде всего к поиску альтернатив традиционным в этой сфере пористым материалам, новым направлением использования ППМ стали устройства газохимической конверсии попутного газа и инфракрасного нагрева.

Инфракрасное излучение характеризуется способностью передавать тепловую энергию от тела к телу с минимальными потерями в газовой среде. Это свойство определяет перспективы использования газовых беспламенных горелок инфракрасного излучения для целей нагрева. На рис. 1 показана связь между температурой поверхности ИК-горелки и интенсивностью теплового потока.

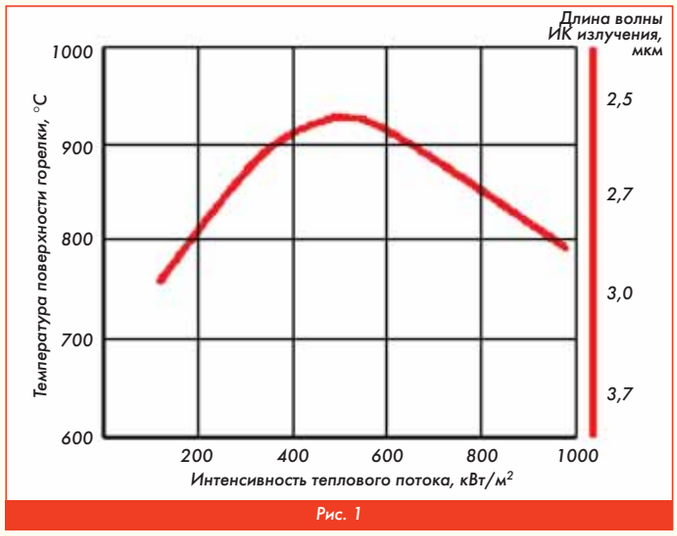


Рис. 1

Матрица из ППМ обладает упругостью, высокой термической и химической стойкостью, не чувствительна к ударам, не имеет склонности к растрескиванию при попадании на нагретую поверхность холодного продукта (рис. 2).

Рис. 2 Сопоставление прочностных свойств ИК-горелок из керамики (а) и ППМ (б)

Форма канала структуры ППМ представляет собой щель переменного сечения между соседними проволочными витками. Матрица из ППМ при прохождении через нее газовоздушной смеси (ГВС) оказывает потоку минимальное гидравлическое сопротивление и одновременно способствует интенсивному перемешиванию сред и максимальной гомогенизации ГВС.

Особенности каналов в структурах ППМ приведены на рис. 3а, а в высокопористых ячеистых материалах - на рис. 3б.

Рис. 3а Внешний вид матрицы из ППМ и структуры её каналов

Рис. 3б Внешний вид керамической структуры и её каналов

Кроме того, объемная трехмерная структура ППМ отличается весьма значительной протяженностью поровых каналов, что увеличивает путь и время прохождения ГВС через объем матрицы, следовательно и время предпламенных реакций, обеспечивая тем самым лучшую полноту сгорания ГВС и значительное снижение выбросов окислов углерода и азота.

Предповерхностное внутриканальное горение вызывает равномерный разогрев поверхности металлической матрицы, до 50 %

энергии горения переходит в радиационное излучение, что существенно увеличивает КПД газового нагревателя.

Беспламенное горение внутри объема проволочной матрицы (эффект теплового фитиля) снижает температуру горения и тем самым существенно уменьшает выбросы окислов азота в атмосферу. По результатам испытаний в ГНУ ГОСНИТИ выявлено резкое сокращение токсичности отходящих газов (до 10 раз и более) при применении горелок с объемной трехмерной матрицей в сравнении с традиционными горелками "открытого пламени".

Известно, что малотоксичное горение свидетельствует о высоком качестве предпламенных реакций и высокой эффективности процесса горения в целом. Испытания в ГНУ ГОСНИТИ показали, что объемные трехмерные матрицы горелочных устройств экономят до 50 % газа в сравнении с традиционными горелками "открытого пламени".

Практическим результатом этого нового направления применения материала из ППМ стало изготовление пластин-излучателей инфракрасных горелок для котлов промышленной теплоэнергетики (рис. 4).

Используемые в настоящее время в горелках водогрейных котлов, а также в других нагревательных устройствах беспламенного горения, высокопористые металлы, в силу своей жёсткой структуры, в процессе работы подвержены значительным, порой до значений предела прочности, температурным напряжениям. Эти напряжения обусловлены, прежде всего, значительным градиентом температуры на внешней и внутренней поверхностях горелочного элемента (например, в водогрейном котле градиент температуры может достигать 600 °С). Кроме того, температурное напряжение носит циклический характер (за весь период эксплуатации число циклов может быть более 20 000).

Именно по вышеуказанной причине, как основной, компания ООО "Энергооборудование" была вынуждена искать альтернативу металлическому высокопористому проницаемому ячеистому материалу (ВПЯМ).

В соответствии с техническими условиями компании на горелочный элемент для водогрейного котла ООО "РЕАМ-РТИ" разработало конструкцию и изготовило партию пластин из ППМ. Эксплуатация данных пластин в отопительный сезон 2014-2015 гг. показала их высокую надёжность к циклическим температурным нагрузкам и возможность безаварийной работы. Пластины ППМ прошли испытания в газовом водогрейном котле беспламенного горения серии КТГ.

Результаты испытаний пластин ППМ показали перспективность их применения в горелочных устройствах, благодаря высокой надежности, эффективности и экологичности, которые обеспечиваются некоторыми особенностями структуры пластин ППМ:

- упругость тела пластины практически снимает внутренние температурные напряжения, как самой пластины, так и горелки в целом, которые свойственны жестким матрицам из-за неравномерного теплового расширения материала;

- каналы, образованные проволочным материалом пластины, имеют переменное сечение, что способствует микродиффузионным процессам как смешения газа и воздуха, так и поверхностного горения;

- возможность организации процесса горения при температурах не выше 850 °С и обеспечения этим высокого ресурса материала горелочного устройства.

Эффективность окислительной реакции и интенсивность вредных выбросов в газовых нагревательных элементах в большей части определяется качеством смешения газа и воздуха, а также процессом нагрева газовоздушной смеси в ходе окислительной реакции. Оба данных фактора во многом зависят от структуры и материала тела горелочного элемента. Технологии изготовления горелочного элемента из ППМ, разработанные ООО "РЕАМ РТИ", позволяют иметь различные по структуре и применяемым материалам горелочные элементы с заданными характеристиками, а технология холодного формования изделий из ППМ даёт возможность изготавливать горелочные устройства

Рис. 4 Элемент горелки с объемной многослойной пластиной из ППМ производства ООО "РЕАМ-РТИ" для водогрейных котлов беспламенного горения (серия КТГ)

всевозможных форм: от плоской пластины до полого объёмного тела различной конфигурации (рис. 5).

Данные технологии также позволяют использовать горелочные элементы ООО "РЕАМ-РТИ" в нагревательных устройствах широкого спектра применения.

Для инфракрасных горелочных устройств с горелочными элементами из ППМ могут быть использованы различные газовые топлива, включая природный газ метан; пропан/бутановые смеси; попутные газы; биогаз.

Кроме того возможно использование бедных смесей на основе этих газовых топлив.

Удельная мощность инфракрасного горелочного устройства на метане достигает 100 Вт/см^2 рабочей поверхности горелки, глубина регулирования мощности 20...100 %. КПД горелки от 96 до 98 %. Выбросы по CO не более 35 ppm, а по NO_x не более 10 ppm.

Таким образом, развитие конструкций и малозатратный перевод нагревательных агрегатов с традиционными горелками на горелочные устройства из проволочного проницаемого материала (ППМ) - верный путь к существенному экономическому эффекту в эксплуатации нагревательных агрегатов, прежде всего благодаря снижению расхода газа и токсичности, нечувствительности горелок к нештатным ситуациям при эксплуатации.

Накапливаемый опыт применения ППМ в области тепловой энергетики и развитие технологий производства изделий из ППМ могут быть востребованы, например, при разработке высокоэффективных малотоксичных камер сгорания отечественных микротурбинных генераторных установок с регенеративным рабочим циклом на газовых топливах.

Рис. 5 Изделия из ППМ для устройств инфракрасного нагрева

УДК 544.65

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОКСИДИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Пермский Государственный Национальный Исследовательский Университет:
Валерия Викторовна Осипова, кафедра физической химии
Сергей Павлович Шавкунов, к.х.н, доцент кафедры физической химии

В статье представлено решение актуальной проблемы получения качественного анодного оксида на алюминиевой фольге, используемой в конденсаторах систем автоматического управления (САУ) различных двигателей. Обобщенный в статье материал будет интересен разработчикам и производителям газотурбинных двигателей промышленного назначения.

The article presents a solution to the urgent problem of producing high-quality anodic oxide on aluminum foil used in capacitors of automatic control systems (ACS) of different engines. Generalized material in the article will be of interest to designers and manufacturers of gas turbine engines for industrial use.

Ключевые слова: ***алюминиевый оксидно-электролитический конденсатор, высоковольтное оксидирование, сканирующая электронная микроскопия, САУ газотурбинных двигателей.***

Keywords: ***aluminum oxide electrolytic capacitor, high-oxidizing, scanning electron microscopy, ACS of gas turbine engines.***

Алюминиевые оксидно-электролитические конденсаторы являются обязательным элементом любых электронных схем. В производстве электролитических конденсаторов существует ряд проблем, которые требуют своих технологических решений. Актуальным является решение проблемы получения анодного оксида алюминия, рассчитанное на высокое напряжение, с наименьшей дефектностью и обладающим высокими электроизоляционными свойствами. Барьерный оксид алюминия формируют при анодной поляризации фольги в электролитах на основе органических кислот при температурах от 70 до 90 °С [1]. В связи с существующей на сегодняшний день проблемой получения качественного анодного оксида алюминия, нашей задачей стала оптимизация технологического процесса по нескольким ключевым параметрам: температура, плотность тока и качество полученного оксида.

В качестве рабочего электрода была использована японская алюминиевая фольга марки SG-S толщиной 116 мкм; содержание алюминия составляет 99,99 %. Оксидирование проводили в электролите, в состав которого входят: $C_6H_8O_7$ (C = 0,85 моль/л), H_2O_2 (*C* = 0,4 моль/л); *pH* = 5,17; удельная электропроводность составляет $\kappa = 3{,}914 \cdot 10^{-3}$ Ом$^{-1}$·см$^{-1}$. Оксидирование проводили с помощью источника питания постоянного тока фирмы GW INSTEK модели GPR-100H05D, рассчитанного на выходные параметры: *E* = 1000 В, *I* = 0,5 А. Барьерные пленки оксида алюминия были исследованы электрохимической импедансной спектроскопией (ЭИС) в 10 % растворе адипината аммония при температуре 23±2 °С. Морфологию получаемого оксидного слоя на алюминиевой фольге изучали с помощью электронного сканирующего микроскопа HITACHI модель S3400N с приставкой микрорентгеноспектрального анализа Bruker Quantax модель 200. Для количественной оценки образующегося оксида на алюминии был использован метод гравиметрии.

Методика высоковольтного оксидирования основывалась на двухрежимном процессе. Это позволяет более точно определять скорость оксидирования и падание плотности тока до тока утечки с помощью графиков, представленных на рис. 1.

В табл. 1 приведены основные условия проведенных экспериментов и значения главных параметров, по которым можно оценить качество сформированного оксида.

Из приведенных данных можно сделать выводы, что с ростом температуры в условиях постоянства плотности тока наблюдается падение скорости оксидирования. При возрастании плотности тока растет скорость оксидирования в условиях, когда температура постоянна. При t = 75 °С наблюдаем падение скорости оксидирования и возрастание тока утечки. Ранее нами было установлено, что t = 75 °С является критической для коррозионной устойчивости, и выше данной температуры на поверхности начинаются необратимые процессы коррозионного растрескивания [2].

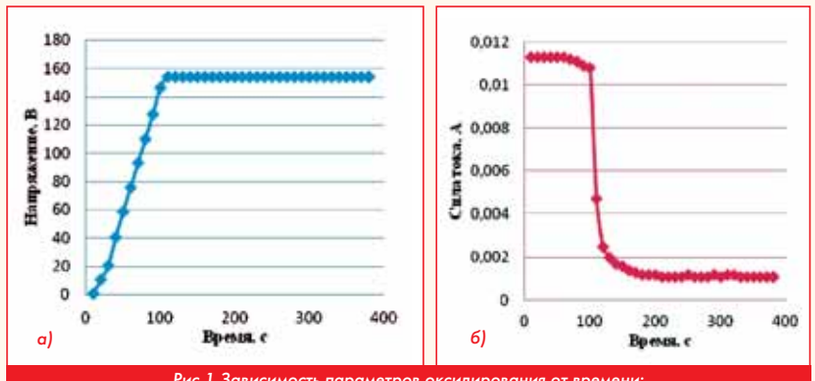


Рис.1 Зависимость параметров оксидирования от времени:
а) кривая зависимости в гальваностатическом режиме оксидирования;
б) кривая зависимости в потенциостатическом режиме оксидирования

Таблица 1

Значения основных параметров процесса оксидирования и полученных барьерных пленок на алюминиевой фольге

t, °С	*i*, мА/см^2	$U_ф$, В	$V_{оксид}$, нм/с	τ, с	$I_{ут}$, мА/см^2	C_1, мкФ/см^2	C_2, мкФ/см^2
150±3	3,2424	150±3	3,2424	505	0,43	8,902	0,121
	7,2481		7,2481	395	0,24	8,908	0,081
	6,5732		6,5732	420	0,28	8,867	0,075
150±3	2,9034	150±3	2,9034	405	0,11	8,894	0,262
	4,015		4,015	350	0,09	8,911	0,235
	7,895		7,895	295	0,08	8,901	0,340
150±3	1,519	150±3	1,519	460	0,12	8,891	0,117
	3,655		3,655	405	0,13	8,927	0,150
	4,796		4,796	430	0,22	8,904	0,217

t - температура электролита;
$U_ф$ - напряжение формовки;
i - плотность тока;
$V_{оксид}$ - скорость оксидирования, которая вычисляется по формуле: $V_{оксид} = tg\alpha \cdot k$, где *k* - коэффициент пропорциональности, равный 1,4 нм/В;
tg α - угол наклона кривой потенциал-время;
τ - время всего процесса оксидирования в потенцио- и гальваностатических режимах;
$I_{ут}$ - ток утечки;
C_1, C_2 - емкость алюминиевой фольги до и после оксидирования, соответственно

Исходя из полученных результатов, проводить процесс оксидирования при температуре выше 75 °С нецелесообразно. Ток утечки характеризует сплошность и бездеффектность получаемого оксидного слоя. Видно, что при увеличении плотности тока при t = 50 °С наблюдаются низкие значения токов утечки, что доказывает высокое качество полученного оксида.

Согласно модели плоского конденсатора, значение емкости описывается уравнением, согласно которому емкость обратно пропорциональна толщине оксидного слоя:

$$C = \frac{S\varepsilon\varepsilon_0}{d},$$

где C - емкость плоского конденсатора;

S - площадь обкладок конденсатора;

ε - диэлектрическая проницаемость;

ε_0 - постоянная диэлектрической проницаемости;

d - толщина диэлектрика.

Полученные данные указывают на отсутствие линейной зависимости от температуры или плотности тока. Был найден оптимальный режим оксидирования, приводящий к получению необходимой емкости оксидированной фольги, близкой по значениям, получаемых в производственных условиях.

Для оценки качества оксида алюминия с нанесенным барьерным слоем была изучена его морфология поверхности (рис. 2).

Из полученных фотографий видно, что низкие значения плотности тока приводят к растрескиваниям образующегося оксида. С ростом температуры и плотности тока происходит "залечивание" образующихся язв и микротрещин. Увеличение температуры до t = 75 °С и выше влечет за собой растворение барьерного оксида и алюминиевой подложки, что доказано гравиметрическими методами исследований.

В результате проведенных исследований был предложен оптимальный режим начального оксидирования алюминия: t = 50±5 °С, i = 15 мА/см^2. Такие параметры процесса высоковольтного оксидирования приводят к получению качественного начального барьерного оксида со значением удельной емкости 0,34 мкФ/см^2. Наличие малого количества незначительных дефектов не влияет на последующие стадии оксидирования и, как следствие, на структуру сформированного оксидного слоя на высокое напряжение.

Литература

1. Невский О.И., Гришина Е.П. Барьерные оксидные пленки на алюминии: Монография/ Иван. Гос. Хим. -тех. Ун-т. - Иваново, 2003 г.

2. Шавкунов С.П., Панов И.В., Осипова В.В. "Оценка параметров коррозии токопроводящих алюминиевых жил в нейтральных водных средах"// Журнал "Территория НЕФТЕГАЗ". Выпуск № 5. - Москва, 2014 г., 40 с.

Связь с автором: valeriya.osipova2011@yandex.ru

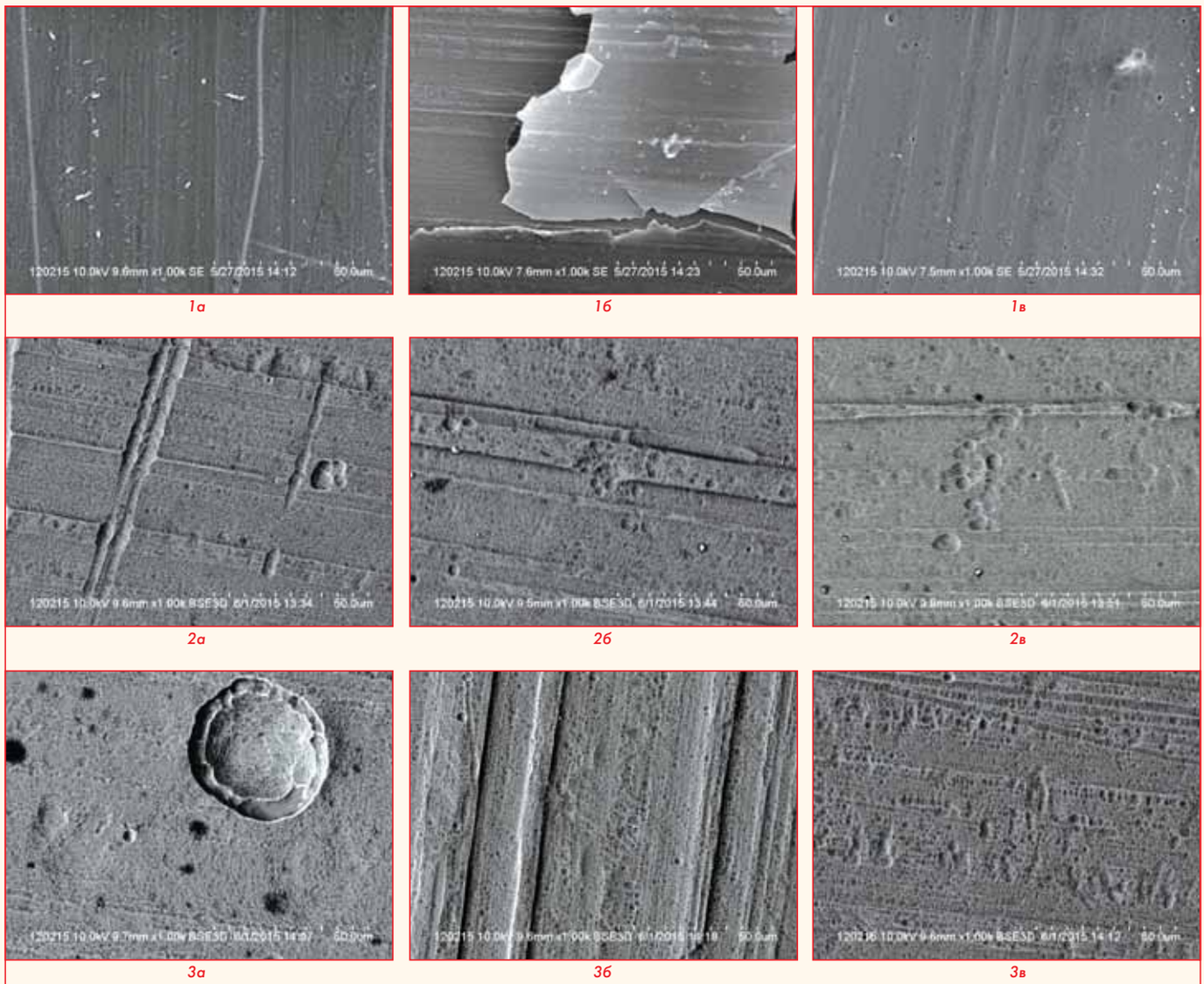


Рис. 2 Морфология поверхности алюминиевой фольги (увеличение в 1000 раз):
1 - t = 23 °С, 2 - t = 50 °С, 3 - t = 75 °С;
а - i = 5 мА/см^2, б - i = 10 мА/см^2, в - i = 15 мА/см^2

ВЗГЛЯД НА ИСТОРИЮ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ГУ МИНАВИАПРОМА СССР

Валентин Михайлович Толоконников

(Продолжение. Начало в № 3 - 2015)

СТРУКТУРА

Читаю в интернет-материалах об ОДК: *"Содействие государственной политике по развитию и модернизации промышленности"*. Вот те на! "Содействие", а где же обязанность и ответственность? Содействие ни к чему не обязывает.

ОДК объединяет 10 управляемых объектов и 85 % активов отрасли.

Параметр	ОДК	3 ГУ
Численность	70 000 - 80 000	250 000 - 350 000
Число объектов управления	10	25 - 40
Выпуск двигателей	800 (в 2013 г.)	10 000 (в 1990 г.)
Объединенные активы, %	85	100

В собственности ОДК находятся акции следующих компаний:

ОАО "Сатурн - Газовые турбины" - 100 %
"Джи. Джи. Уммелс Бехир. Би.Ви" - 100 %
ОАО "Климов" (Санкт - Петербург) - 100 %
ОАО "Пермский моторный завод" - 100 %
ОАО "НПО "Сатурн" - 95,83 %
ОАО "ММП им. Чернышева" - 89,9 %
ОАО "Кузнецов" - 88,68 %
ОАО "СТАР" (Пермь) - 85,64 %
ОАО "НПП "Мотор" (Уфа) - 75,36 %
ОАО "Авиадвигатель" (Пермь) - 71,76 %
ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" - 66,41 %
ОАО "Металлист-Самара" - 25,66 %
ЗАО "Волжский дизель имени Маминых" - 25,1 %
ЗАО "МАГ-РТ" - 25 %
ЗАО "Моторсервис-ПМ" - 100 %
ЗАО "Инструментальный завод-ПМ" - 100 %
ОАО "Пермские моторы" - 15,75 %
ЗАО "Железнодорожник-ПМ" - 100 %
ОАО "УЗГА" - 51,42 %
ОАО "Энергетик-ПМ" - 98,6 %
ЗАО "Металлист-ПМ" - 49 %
ЦТК "Лопатки-ГТД" - 100 %
ЗАО "РЭМОС-ПМ" - 100 %

Читаю строчки о стратегии и удивляюсь.

Стратегия: Двигатели SaM146. Старая, древняя разработка Франции. Собирают и испытывают в Рыбинске, но главная концентрация новейших достижений (если они есть) двигателя - газогенератор получают из-за "бугра", под пломбой. 70 % трудоемкости не у нас. Какая же эта стратегия? Это рабская подчиненная работа для создания рабочих мест. В основном не у нас. Хожу по цехам Рыбинского завода, вижу старейшее оборудование. Еще я работал настройщиком и мастером, и в 50-х годах их настраивал: оборудование фирм "Феллоз", "Лоренц" - им по 70-90 лет. Зубошлифование не обеспечивает 5-й степени точности, десятый класс частоты.

Спрашиваю, а как же шестерёнки коробок агрегатов делаются? На этом оборудовании их не сделать. Отвечает Михаил Юрьевич Касаткин: *"А коробки мы получаем из Италии"*. Проходим мимо участка полирования лопаток. Спрашиваю, а сколько у вас полировщиков вручную обрабатывает лопатки? Отвечает: *"45 человек"*. И это на программу 5 двигателей в месяц. Нет, не двигателей, а "полудвигателей", так как основные лопатки делаются во Франции. Это значит если делать весь двигатель, требуется не менее ста полировщиков, а в конце 80-х гг. на заводе при выпуске 50 двигателей в месяц было 300 полировщиков, то есть удельно в 3,5 раза меньше - а это уровень точности литья, точность механической обработки лопаток. Это что же за стратегия, если разваливаются все достигнутые уровни качества?

Дальше в стратегии видны только лозунги.

Или еще "перл". Ориентация продукции на глобальный рынок. Это в обстановке, когда потерян на 80 % свой внутренний рынок, и в первую очередь надо свое небо завоевать.

Если при управлении авиадвигателестроением 3 ГУ Минавиапрома НТЗ и разработки ОКБ велись по 8-10 типов двигателей, то сейчас только два для самолетов (ПД-14 и изд. 117) и 2-3 типа для вертолетов.

В условиях первых военных и послевоенных лет фактически авиастроение управлялось генеральными конструкторами. А это значит, управлялось новыми идеями, научно-техническими заделами, разработками ОКБ. Страна была на мировом уровне. Теперь управление идет специалистами "финансовых потоков". Да, лозунги будут и более красочными, но вот V-VI поколений двигателей не видать уж точно в ближайшие годы.

А вот еще "перл": *"Создание корпоративного университета"*. Неужели недостаточно восьми авиационных институтов (теперь университетов)? Впрочем, если "создание" подразумевает смену вывески, то сделать это можно мгновенно. Университеты создаются столетиями, так как развитию интеллекта человека, а именно уровень интеллектуальных ресурсов обучающихся и решает уровень обучения, вывеской не изменить и корпоративный университет этот пробел не восполнит.

Читаю дальше: *"Построение современной системы управления корпорацией на основе программно-проектного подхода"*. Создание и внедрение корпоративных стандартов управления проектами, в том числе "гейтовой" системы".

Это для "стоп"-менеджеров новость - "программно-проектный подход" и "гейтовая система". Ранее именно так и действовали генеральные конструкторы и руководители 3 ГУ. Наши высококлассные специалисты и выдающиеся организаторы опытных и серийных производств работали так и в предвоенное время, и до кризиса 90-х годов XX века, потом вообще никакого управления авиадвигателестроительной отраслью и не стало.

КАДРЫ 3 ГУ и ОАО "ОДК"

Конечно, критиковать "ОДК" сегодня легко, но бесполезно. Высшее руководство - "стоп"-менеджеры, финансисты-экономисты. Их беда в том, что они умеют считать деньги, но не знают путей создания двигателей и перспективы их развития. Они не чувствуют необходимости развития технологий, конструкций и организационных структур. Эти чувства развиваются десятилетиями, приходят с опытом работы в двигателестроении. Мышление, интуиция, дар предвидения современных менеджеров сформированы созданием бизнес-планов - инженеров авиационного двигателестроения (АДС) первичным является предмет производства. Во главу угла они ставят:

- эксплуатационные качества выпускаемых объектов;

- насколько увеличится производительность труда, произойдет снижение трудозатрат и ресурсозатрат непосредственно при изготовлении деталей узла объекта; как это скажется на надежности ресурса и на эксплуатационных расходах;

- достаточно ли квалификации исполнителей для внедрения тех или иных изделий.

У инженера-профессионала именно эти факторы формируют опыт, интуицию, дар предвидения, что является решающим при разработке, создании серийного производства.

В высшем уровне 3 ГУ всегда стояли инженеры-авиадвигателестроители, прошедшие школу заводов, ОКБ и, конечно, наших вузов: МАИ, ХАИ, КАИ, КуАИ, УАИ, МАТИ, ЛИАП, РАИ...

Степин Михаил Николаевич (начальник 3ГУ до 1978 г.) - воспитанник ММЗ "Салют". Уже в 33 года его назначили руководителем авиадвигателестроения страны. Мне тоже довелось с поста главного инженера ММЗ "Салют" перейти в руководство 3 ГУ. Вот такое совпадение.

Представляет интерес, как формировались руководители авиадвигателестроения в СССР и сегодня, а в связи с этим, что же ожидать от сегодняшних "стоп"-менеджеров. Ждать, что эти кадры решат задачи возрождения и развития АДС не приходится. Приведенные ниже сравнительные данные по формированию облика руководителей 3 ГУ и ОДК ярко демонстрируют, как они набирались опыта и профессионализма.

Анализ этих трех трудовых путей становления руководителей от рядовых исполнителей до лидеров показывает, из кого сформировано высшее руководство авиапрома РФ сегодня.

Штурвал у банкиров, финансистов, юристов! А почему вдруг они вторглись в Авиапром? Совершенно ясно! Цикл создания авиакомплексов 12-15 лет, а годы эти - бюджетное финансирование. 2-3 поколения этих "чудо-авиационщиков" вырастут и обогатятся в тепличных финансовых условиях. Долговые кредиты спишут на перевооружения и поднятие технологического уровня, а громадье зарплат для многочисленных директоров вновь созданных дивизионов авиадвигателестроения останутся реальностью. Надежная и богатая кормушка для шикарного существования. И они правы. Цель ОАО - получение прибыли, а не создание нового продукта (мотора, самолета, агрегата и т.д.). И ждать нам возрождения авиапрома с такими кадрами не приходится.

В связи с этим вспоминается Г. Успенский, написавший еще в XIX веке, что лицо стрекулиста - канцелярского служащего, пронырливого человека, ловкача, писаки: *"Ему все одно: бог - не бог, душа - не душа. Ему одно свято - канцелярия! Перо! Гнать их отсюда, стрекулистов, надо!"*.

Очень хорошее предложение по многим современным "стоп"-менеджерам в авиапроме.

В 3 ГУ таких проблем не было. Кадры всегда были с отличной закалкой в горниле авиадвигателестроения (АДС). Ошибки и исключения из этого правила были чрезвычайно редкими. Как пример, история назначения на должность Генерального конструктора в ОКБ им. Климова в Ленинграде после С.П. Изотова. В 3 ГУ отлично и в деталях знали талантливых и энергичных заместителей главных и генеральных конструкторов всех ОКБ.

И когда встал вопрос по назначению в 1983 году руководителя в ОКБ им. Климова, было принято единодушное решение по направлению туда В.М. Чепкина из наиболее "продуктивного" ОКБ П.А. Соловьева. Первый заместитель генерального конструктора, лауреат Ленинской премии за создание двигателя Д-30Ф6 для истребителя-перехватчика МиГ-31. Возраст 40 лет, энергичен, работоспособен, достаточно опыта и знаний в АДС. Кандидатура Чепкина была согласована с Ленинградским обкомом КПСС, с министром И.С. Силаевым.

Мне В.М. Чепкин был хорошо знаком по освоению Д-30КР и КУ в Рыбинске, когда за год мы освоили серийное производство этих двигателей, а через год уже выпускали их с темпом двигатель в сутки. Основные конструкторские проблемы мне как главному инженеру Рыбинского завода, доводилось решать с главой представительства Пермского ОКБ в Рыбинске Константином Денисовичем Колесниковым. Но когда возникали сложнейшие проблемы, к нам приезжал сам Павел Александрович Соловьев или его первый заместитель В.М. Чепкин. Проблемы решались своевременно и успешно.

Приглашаю В.М. Чепкина в МАП. После посещения моего кабинета он направляется к И.С. Силаеву. Отправил его и думаю, что надежно решил этот кадровый вопрос. Но не тут-то было! Примерно через полчаса В.М. Чепкин приходит и сообщает: *"Ушел от вас вашим подчиненным и вот возвращаюсь вашим начальником. Министр назначил меня заместителем министра по АДС"*.

Надо заметить, что с 60-х годов XX века все заместители министра по АДС были из конструкторов: Е.С Ворожбиев, Н.А. Дондуков.

	Начальник 3 ГУ МАП СССР	**Генеральный директор ОАО "ОДК"**	**Директор Департамента авиапрома Минпромторг РФ**
Год рождения	1930 г.	1970 г.	1974 г.
Образование	1947 - 1953 гг. Окончил КуАИ - СГАУ, инженер-механик моторостроения, г. Куйбышев	1992 г. Окончил финансово-экономический факультет Государственной Финансовой Академии при Правительстве Российской Федерации по специальности финансы и кредит.	2000 г. Дипломатическая академия по специальности "Мировая экономика". Кандидат экономических наук.
Профессиональная деятельность	1953 - 1955 гг. - см. мастер завода н/я 20. 1955 - 1956 гг. - ст. мастер. 1956 - 1957 гг. - ст. технолог. 1957 - 1958 гг. - начальник техбюро цеха 35. 1958 - 1959 гг. - зам. начальника цеха 35. 1959 - 1961 гг. - зам. гл. технолога РМЗ. 1961 - 1962 гг. - гл. механик. 1962 - 1973 гг. - гл. технолог. 1973 - 1976 гг. - гл. инженер, зам. гендиректора РКПОМ, г. Рыбинск 1976 - 1978 гг. - гл. инженер ММЗ "Салют", г. Москва 1978 - 1992 гг. - начальник 3 ГУ МАП СССР, член коллегии	1992 - 2004 гг. работал на руководящих постах в ряде финансово-промышленных компаний и банковских структурах. 2004 - 2005 гг. - заместитель председателя правления ООО "Группа "Абсолют" г. Москва. 2005 - 2009 гг. - генеральный директор группы компаний ООО ИСК "Глетчер", г. Одинцово. Аренда и продажа недвижимости. 2009 - 2010 гг. - заместитель генерального директора по экономике и финансам, заместитель управляющего директора - директор по экономике и финансам ОАО "НПО "Сатурн". 2010 - 2011 гг. - исполняющий обязанности генерального директора ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют". С 31 марта 2011 г. - генеральный директор ФГУП "НПЦ газотурбостроения "Салют", г. Москва. С июля 2012 г. - генеральный директор ОАО "Объединенная двигателестроительная корпорация"	1994 - 1995 гг. - экономист 2-ой категории в банке "Национальный кредит". 1995 - 1999 гг. - директор филиала ОАО "СБС-Агро". 1999 - 2004 гг. - управляющий отделением, директор по округу ОАО Банк "Первое общество взаимного кредита". 2004 - 2006 гг. - заместитель председателя правления ЗАО "Русский банк развития". 2006 - 2009 гг - вице-президент по финансам ОАО "АвтоВАЗ". 2010 - 2012 гг. - заместитель генерального директора по экономике и финансам ФГУП "ЦАГИ" В 2012 г. назначен Директором Департамента авиационной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ

В.М. Чепкин, В.М. Чуйко. Только однажды заместителем министра был П.Ф. Дерунов, но за полтора года адаптироваться он не смог.

А у меня снова проблема. Возникает предложение назначить генеральным конструктором ОКБ им. Климова главного конструктора ОКБ в г. Лыткарино. Оформляю его назначение, и не ошибся. В.Г. Степанов довел танковый двигатель ГТД повышенной мощности до серии. За что и был отмечен Государственной наградой. Такое оперативное и безошибочное решение стало возможным потому, что в АДС тех лет были резервы высококлассных специалистов, готовых встать в строй, если он нарушается, и успешно продолжить традиции наших корифеев - творцов АДС.

Когда в конце 70-х годов 20 века по возрасту и состоянию здоровья ушли из Главка такие корифеи АДС как Стёпин, Дегтярев, Перов, Можейко, Турбин и другие. На смену им пришли:

Чуйко Виктор Михайлович - заместитель главного конструктора ОКБ "Прогресс" (Запорожье), показавший недюжинные способности при разработке и организации производства двигателя АИ-25 для самолета Як-40, лауреат Государственной премии Украины;

Саркисов Александр Александрович - заместитель главного конструктора ОКБ в Уфе, успешно завершивший работы по разработке и серийному производству двигателей для ракетных комплексов "Гранит" и "Базальт" и штурмовика Су-25, Лауреат Ленинской премии по этим темам;

Разумовский В.Н. - был переведен из ОКБ Н.Д. Кузнецова;

Узилов Ю.Н. - воспитанник ОКБ Н.Д. Кузнецова;

Иваницкий В.И., Тельнов В.И., Кондратьев А.А., Демченко О.Ф. и др.

При создании 13 ГУ - второго главка по АДС - в 1983 году были привлечены:

Дическул Д.А. - главный инженер Пермского завода, Герой Социалистического труда - на должность начальника 13 ГУ;

Решетников Ю.Е. - заместитель главного конструктора из ОКБ П.А. Соловьева - на должность главного инженера 13 ГУ;

Бабошин Г.М. - заместитель генерального директора Рыбинского моторостроительного производственного объединения - на должность заместителя начальника 13 ГУ по производству и многие другие.

Все они выпускники авиационных институтов и десятки лет сформировывались на заводах и ОКБ как профессионалы АДС. Такими кадрами решать любые задачи было по плечу. Что они и доказали в 80-90-х годах XX века. Вместе с этим, ничего не сделали бы руководители 3 ГУ и 13 ГУ без профессионалов АДС на местах, в ОКБ и заводах. Ушли по разным причинам в 70-80-е гг. М.И. Субботин, Б.Г. Изгагин, Л.С. Чеченя, М.А. Фурин; В.Д. Дьяконов, П.А. Витер, В.И. Омельченко, П.Ф. Дерунов, В.В. Чернышев, П.А. Григорьев, А.И. Горелов. Все они Герои Социалистического труда, отмечены Государственными наградами. И на их место в строй встали талантливые профессионалы АДС, их воспитанники и молодые коллеги: Э.И. Черкашин, И.Л. Шитарев, В.М. Паращенко, А.Ф. Павлов, В.А. Богуслаев, Б.Н. Леонов, А.Н. Напольнов, Ю.А. Лейковский, Ю.Н. Блощицин, Г.К. Язов, Ю.С. Елисеев, А.Н. Фомичев и другие.

Они сумели продолжить традиции своих великих предшественников и обеспечить дальнейшее развитие АДС в стране. Менялись и руководители ОКБ. Но на их место приходили подготовленные и талантливые ученики, которые успешно продолжили дело своих выдающихся предшественников.

Так складывалась кадровая история 3 ГУ и 13 ГУ, а затем и 3 НТЦ как приемника указанных Главков и его управляемых структур и ОКБ.

(Продолжение следует.)

ИНФОРМАЦИЯ

9 сентября на Пермском моторном заводе состоялось совещание *"О ходе работ по созданию двигателя ПД-14 и других перспективных двигателей для российской авиации"* под руководством заместителя председателя правительства РФ Дмитрия Рогозина. В нем приняли участие губернатор Пермского края Виктор Басаргин, заместитель министра промышленности и торговли РФ Андрей Богинский, директор Департамента оборонной промышленности Правительства РФ Николай Архипов, генеральный директор АО "Объединенная двигателестроительная корпорация" Александр Артюхов, а также руководители промышленных предприятий - управляющий директор ОАО "Пермский Моторный Завод", руководитель дивизиона "Двигатели для гражданской авиации" АО "ОДК" Сергей Попов, управляющий директор-генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" Александр Иноземцев, управляющий директор ОАО "НПО "Сатурн" Виктор Поляков и другие.

В ходе визита Дмитрий Рогозин посетил цех сборки авиационных двигателей ОАО "ПМЗ": его вниманию был представлен новый двигатель ПД-14, который создается в большой кооперации предприятий, входящих в Объединенную двигателестроительную корпорацию. Позже на совещании Дмитрий Рогозин отметил, что пермские моторостроители способны создавать конкурентоспособную продукцию. Именно поэтому здесь, в Перми, формируется центр российского двигателестроения - как авиационного, так и ракетного.

Дмитрий Рогозин, заместитель председателя правительства Российской Федерации: "Мы крайне заинтересованы в том, чтобы решения, принятые на сегодняшнем совещании, вошли в программные документы, связанные с развитием промышленности на ближайшие 5-10 лет, а также в федеральную программу развития оборонно-промышленного комплекса. Рассчитываем, что в ближайшее время Правительством страны будет принята отдельная программа по развитию отечественного двигателестроения, решение о ее разработке было инициировано президентом России Владимиром Путиным".

Д.О. Рогозин подчеркнул, что основные принципиальные решения в области машиностроения, особенно связанные с ОПК, должны разрабатываться исключительно на территории России, чтобы ни от кого не зависеть. Поэтому необходимо планировать на базе газогенератора ПД-14 создание целого семейства двигателей, которые можно будет эксплуатировать в составе не только самолетов, вертолетов, но и газотурбинных установок промышленного применения для энергетики, транспортировки газа и нефти.

Сергей Попов, управляющий директор ОАО "ПМЗ", руководитель дивизиона "Двигатели для гражданской авиации" АО "ОДК", председатель Пермского регионального отделения ООО "Союз машиностроителей России": "Серийное производство ПД-14 мы планируем начать в 2017 году, к 2028 году выйдем на объемы до 50 двигателей в год. В настоящее время идет модернизация испытательного стенда, на котором будет возможно проводить испытания до 100 двигателей ПД-14 и ПС-90А в год.

Также в рамках программы по импортозамещению мы готовы увеличить объемы производства газотурбинных двигателей мощностью 10-25 МВт для энергетики и транспорта газа и предложить российским компаниям топливно-энергетического комплекса отечественную продукцию вместо газотурбинных двигателей зарубежных производителей".

И как пример для подражания.

Чтобы стать **большим примером для подражания,** крупные размеры не требуются. Наоборот. Концепция нашего нового станка C 12 восхищает своей **компактностью,** чрезвычайной **малогабаритностью** конструкции – причем с наличием **встроенного инструментального магазина.** Он может быть оснащен **71 инструментом.** И все это в сочетании с широко известными **качеством, долговечностью и точностью** оборудования Hermle для самой современной **5-осевой технологии обработки.**

ООО Хермле Восток
ул. Полковая д.1, стр. 6
127018 Москва, Россия
Тел.: +7 495 627 36 34 Факс: +7 495 627 36 35 E-mail: info@hermle-vostok.ru

HERMLE
Фрезеровать лучше

УДК 532.2

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

СОВРЕМЕННАЯ ПАРАДИГМА ИЛИ «КАРТИНА РЕПИНА "ПРИПЛЫЛИ"»

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Традиционная двигательная наука не учитывает основные физические особенности процессов в РД и требует пересмотра. Предложены новые подходы к решению основных задач газовой динамики, профилирования и неустойчивости.

Conventional science of engines does not take into consideration main physical processes in RE and requires revision. New approaches to solving principal issues of gas dynamics, contouring and instability were proposed.

Ключевые слова: *турбулентность.*

Keywords: *turbulence.*

Настоящая работа вызвана сложившимся катастрофическим положением в ракетной науке, а точнее в науке о процессах в ракетных двигателях.

Практически все основные её теории, строго говоря, неправильные. Но аргументом в их пользу всегда выставляются спекулятивные заявления о том, что ракеты же ведь летают. Да, летают. Но чего стоит их заставить летать! Делая их первоначально по отработанному прототипу практически подобными, в дальнейшем их мучительно отрабатывают на стендах. При этом теоретические прогнозы, как правило, не совпадают с практикой и они (прогнозы) набирают силу только по мере накопления эмпирических данных. Очень много талантливых ученых внесли свою лепту в построение этой сложной науки. Многочисленные экспериментальные исследования и теоретические разработки наполняют в настоящее время содержанием тысячи книг по газовой динамике, теплообмену, профилированию сопел, двухфазности, НЧ и ВЧ неустойчивости. Тем не менее, то ли в силу недостаточности расчетных ресурсов (на ранней стадии), то ли в силу недостаточности фактического материала, теоретический аспект очень сильно отстал от реальности. Повальная "традиционность" в подходах, желание упрощения, лишь бы получить хоть какой-нибудь результат, а зачастую административный аспект, привели современную двигательную науку в состояние практической беспомощности. Поистине - «картина Репина "Приплыли"». Это фольклор. На самом деле автор этой картины - Соловьев Л.Г., и сюжет её очень прост. Несколько монахов в поисках пу́стыни приплывают вместо этого на солнечный пляж, где моются и купаются с маленькими детьми голые русские деревенские женщины . Удивлению и разочарованию монахов нет предела. Аналогия с этой великолепной картиной прямая: в поисках истины, так уж исторически сложилось на сегодняшний день, двигательная наука оказалась не способной правильно прогнозировать процессы, так как в её основе заложены грубейшие ошибки, не позволяющие математически правильно поставить задачу. Говоря о двигательной науке, автор подразумевает пять её основных дисциплин:

1. Газовая динамика (в основном ЖРД);
2. Акустика и НЧ-ВЧ колебания;
3. Двухфазная газовая динамика (в основном для РДТТ);
4. Профилирование сверхзвуковых сопел;
5. Пристеночное течение и теплообмен.

В последующих разделах будет объяснено такое резкое заявление. И ещё. Было бы неприличным просто так, огульно, делать заявление о том, что всё якобы неправильно. Поэтому автором предлагаются новые решения, исправляющие или частично исправляющие сделанные ошибки. И здесь нет ничего оскорбительного. Это - просто острая дискуссия.

Почему уравнения Рейнольдса являются неправильными

Любому газодинамику, тем более человеку, исследующему в этой науке её раздел «Турбулентность», приходилось встречаться

Картина Л.Г. Соловьева "Монахи. (Не туда заехали)"

с уравнениями движения, определяющими поле скоростей. Их всего три:

1. Уравнения Эйлера.
2. Уравнения Навье-Стокса.
3. Уравнения Рейнольдса.

Хотя по хронологии уравнения Рейнольдса стоят в конце, правильно начать с них, чтобы потом к ним не возвращаться.

Записывать эти уравнения для нашего анализа не имеет смысла, так как они изложены практически в любой книге по газовой динамике, например [1].

Представляют они из себя "распульсированные" уравнения Навье-Стокса. То есть Рейнольдс, основываясь на своих классических экспериментах на трубе, где показан переход к турбулентному течению, умозрительно "выделил" из потока пульсационную составляющую. Эту составляющую, не определяя её физический смысл, он наделил свойством случайности. При этом в его интерпретации турбулентность приобретает случайный смысл. То есть всё, что по руслу - не случайно (надо понимать, что ламинарно), а что "прыгает" и "дергается" относительно потока вдоль русла - случайно, а значит мгновенно. Обе составляющие - случайную и неслучайную - он объединил, и получилось новое течение. При этом сделал он это путем аддитивных операций. Переменные в уравнениях Навье-Стокса Рейнольдс представил в виде сумм средней и пульсационной составляющей. При этом была сделана первая грубейшая ошибка. Соглашаясь с такой операцией для скаляров: плотности, давления и температуры, к сожалению нельзя согласиться с этой операцией для скоростей. Это же вектор, а значит, и складывать его надо по правилу параллелограмма. Причем даже если складывать проекции, то надо представлять их взаимосвязь. Рейнольдс этого не сделал. Трудно говорить к чему это приводит в каждом конкретном случае. Может к ошибке в 100 %, а может обойдётся вообще без ошибок. Но! Главное то, что принципиальная ошибка уже сделана.

Теперь обратимся к преобразованиям. В той же книге [1] изложение приема Рейнольдса записано на девяти страницах. При этом периодически (через каждые 3-10 строчек) встречаются слова:

- можно положить;

- будем предполагать;

- подразумевается, что будет справедливым;

- приходится вводить;

- можно получить (а как?);

- обратимся к составлению уравнений;

- произведем замену (на каком основании?);

- предположение эквивалентно утверждению о равенстве нулю средних значений пульсаций и т.д.

Такой фейерверк предположений и допущений позволяет получить все, что угодно. Ну да ладно. Но когда вводится понятие *рейнольдсова напряжения*, приходится напряженно думать, что это такое? Ведь оно составлено из случайных пульсаций. Оно существует, если оно есть, и мгновенно пропадает. Даже это не так сильно. Дальше, например, предполагается по аналогии с методами реологии представлять эти напряжения как тензор. И совсем никуда не годится, когда этот тензор нарекают линейным относительно деформаций. Понятно, что это только прием. Но к чему он приведет, знает только великий Осборн.

Далее Рейнольдс вводит свои правила осреднения пульсаций. Откуда он их взял и что делать законопослушному гражданину? Ведь практически ни одно из правил не выводится с помощью математических или статистических законов.

И ещё! Уравнений у Рейнольдса появилось в два раза больше. Вместо трех как у Навье-Стокса - шесть. Чтобы их замкнуть, последователи придумали модели турбулентности. Достаточно сказать, что эти модели почти все "холодные" и "плосковоздушные", так как получены в основном на пластинах с помощью термоанемометров. А как результаты плоских экспериментов переносить на криволинейные стенки, ведь турбулентность предполагает наличие градиентов и шероховатостей?

Более того, моделей турбулентности существует в настоящее время огромное количество. Так, например, в [2] их представлено шестнадцать. Причем эти модели простираются от алгебраических до дифференциальных. В одной из организаций была выбрана наиболее совпадающая с экспериментами модель, которая была принята как основная для дальнейших расчетов. Но именно эта модель оказалась самой плохой при расчете другого варианта подобной конструкции. Что же делать? Какую модель брать?

Очевидно, что эти уравнения непригодны для расчета газодинамических течений в ракетных двигателях. Тем более, что первичные уравнения Навье-Стокса, из которых были выделены уравнения Рейнольдса, правильно описывают турбулентный процесс. По-видимому, исследователей пугает лапласиан и градиент дивергенции, а в уравнениях Рейнольдса все это хитрым образом утрачено. Так может быть все-таки ещё раз проанализировать уравнения Навье-Стокса? Может быть и удастся их преобразовать к более простому виду?

Методологическое значение уравнений Эйлера

Идея изучения движения сплошной среды через дифференциальные уравнения в частных производных относительно полевых величин плотности потока и скорости в переменных пространства и времени принадлежит великому русскому ученому Леонарду Эйлеру. При этом скорость $V = V(x, \tau)$ определяется как

$$\vec{V} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}\tau} \equiv \frac{\partial \phi(X, \tau)}{\partial \tau},$$

где $\mathrm{d}x$ - дифференциал смещения $\frac{\partial \varphi(X, \tau)}{\partial \tau}\,\mathrm{d}\tau$ некоторой точки X из координаты x в координату $x' = x + \mathrm{d}x$.

Ускорение есть скорость изменения $\vec{V}(X, \tau)$ для движущейся точки, то есть

$$\frac{\partial}{\partial \tau}\vec{V}(X, \tau) = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\tau}\vec{V}(x, \tau).$$

При этом субстанциональная (материальная) производная от скорости есть вектор

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\tau}\vec{V}(x, \tau) = \frac{\partial}{\partial \tau}\vec{V}(x, \tau) + \vec{V}\,\mathrm{grad}\vec{V}.$$

Эйлером было получено уравнение движения для так называемой "идеальной" жидкости, в котором был применен закон Паскаля. При этом была введена полевая переменная - давление, скалярная функция точки:

$$\rho \frac{\mathrm{d}\vec{V}}{\mathrm{d}\tau} = -\mathrm{grad}P.$$

Такое, как принято называть, "идеальное" уравнение отличается от реального уравнения Навье-Стокса тем, что в нем отсутствует вязкость и сжимаемость среды. Кстати, на сжимаемость стали обращать внимание позже. Все воспринимали это уравнение как уравнение без вязкого трения. Считалось, что основные закономерности течений могут быть полностью описаны именно этим уравнением, а некоторые недочеты могут быть устранены либо поправками, либо специальным учетом путем введения у стенки вязкого пограничного слоя. На практике все оказалось гораздо сложнее. Более простое по сравнению с уравнением Навье-Стокса уравнение Эйлера обладало одним принципиальным пороком. С помощью этого уравнения нельзя было правильно поставить задачу. Уравнение не позволяло в силу своей структуры правильно поставить граничные условия. Эти условия выродились в условия непротекания вместо условий прилипания к стенке. Исследователи успокаивались тем, что эмпирическая теория пограничного слоя решит все проблемы, а теория потерь удельного импульса тяги, также умозрительно-эмпирическая, разрешит так же проблемы сжимаемости.

Но! Методологически уравнение Эйлера весьма важно. На его базе было разработано феноменологическое уравнение Навье-Стокса и если делать ссылку на [3], оно (уравнение Навье-

Стокса) в совокупности с условиями прилипания является фундаментальным законом природы. Уравнение Эйлера было предтечей уравнения Навье-Стокса. Можно сказать, что оно было первым промежуточным звеном в цепочке сложнейших исследований в целях разработки последнего.

Само уравнение Эйлера для конкретных задач применять нельзя, поскольку в дозвуковом потоке (M ~ 0) для исследования полей скоростей его применять нецелесообразно, в узкой дозвуковой области у критики, где Re ~ 10^6 не всегда корректно, а для решения основной задачи неустойчивости оно непригодно по причине отсутствия сжимаемости. Для расчета сверхзвуковых потоков оно также непригодно из-за отсутствия сжимаемости как основополагающего свойства сверхзвуковых течений. Следует отметить, что утверждение о том, что в сверхзвуковой части сопла число Рейнольдса возрастает (оно напротив резко падает практически до нуля) и можно пренебречь вязкостью, является ошибочным. Вязкость непременно нужно учитывать. В противном случае из-за неправильных граничных условий будут получаться ошибочные результаты.

Тем не менее, в настоящее время, к сожалению, уравнение Эйлера используется как основное в газовой динамике. Обидно, что до сих пор появляются книги, в которых даже не упоминается слово вязкость, а сжимаемость "подтверждают", вводя уравнение состояния.

Ошибочные методы в традиционной науке о турбулентности

Традиционная наука о турбулентности предусматривает два подхода: один, основанный на решении задачи Навье-Стокса и второй, направленный на решении задачи Рейнольдса. Но, как уже было показано выше, второй подход неправильный.

Решение турбулентных течений с помощью нелинейных уравнений Навье-Стокса в настоящее время практически не используется в силу их сложности. Поэтому задачи решаются путем комбинации решений уравнений Эйлера и дополнительных уравнений и приемов, как-то учитывающих вязкость и сжимаемость.

Газодинамические задачи

К газодинамическим задачам относятся задачи определения полей скоростей и, если это требуется, полей плотностей, давлений и температур. Решения газодинамических задач методом Эйлера, что в настоящее время в газовой динамике наиболее распространено, натыкается на проблему постановки граничных условий. И даже если считать, что дозвуковой поток в своем ядре мало от них зависит, то встает другая проблема: из-за отсутствия вязкости возможно рассчитать только ламинарное течение. В крайнем случае можно рассчитать крупномасштабные вихревые течения. О сверхзвуковом потоке, в силу изложенного выше, говорить не приходится. С какой же ошибкой можно рассчитать поле течения, если все-таки не использовать уравнение Навье-Стокса? Очевидно, что эта ошибка при расчете ускорений газового потока будет измеряться величиной

$$\vec{R} = \upsilon \Delta \vec{V} + \frac{\upsilon}{3} \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{V}.$$

Сколько это? Много это или мало предоставляется оценить читателю. Думается, что этого окажется много, если ещё учесть неправильно поставленные граничные условия. Но! Если воспользоваться [4], то для сверхзвукового и ламинарного течения в камере сгорания у стенки задача сильно упрощается. Более того, она становится корректной.

Задача о неустойчивости

В литературе сказано, что акустика (неустойчивость) это - газодинамика малых амплитуд. В связи с чем, для получения уравнений по неустойчивости традиционно используют первоначально уравнения движения. Берут уравнение Навье-Стокса и пытаются выделить из него колебательные решения. Но оно плохо поддается такой операции. Тогда отбрасывают от него члены с вязкостью и сжимаемостью, дескать, в дальнейшем учтем эту погрешность. Но и получившееся уравнение Эйлера также сопротивляется разрешению. Мешают нелинейные члены. Тогда, успокаивая себя тем, что амплитуды решений будут, видимо, малыми, уравнение Эйлера линеаризуют. Далее, после ещё одного известного преобразования [1], получают волновое уравнение. Тут уж приходит уверенность. Во-первых, волновое уравнение по весовой категории соизмеримо с уравнением Навье-Стокса, являясь так же классическим уравнением математической физики, а во-вторых, укрепляется уверенность в нахождении колебательных режимов. Волновое уравнение решают либо методом разделения переменных Фурье, либо путем его преобразования в уравнение Гельмгольца. После разделения переменных получают уравнение Неймана, которое решать не умеют и уравнение Бесселя, у которого, как известно, в решениях содержится плавающая частота. Но! Если взять первые члены из трех уравнений Бесселя, то появляется синус. Вот и считают, что он и описывает колебания. При подходе Гельмгольца сразу предполагается, что решением должна быть колебательная функция. Она напрямую просто туда закладывается и получается трехмерное уравнение Гельмгольца. Но опять неизвестно как его решать. Тогда договариваются рассматривать как предварительный одномерный случай. И, о Боже, получается уравнение линейного осциллятора. Но вот незадача, в этом уравнении отсутствует член с первой производной. Тогда в силу "логики" его просто туда добавляют, из общих соображений. Вот и получается главное уравнение колебательного звена. Теперь остается дело за малым: понять, откуда взять коэффициенты. Ну, а их берут из эксперимента. Вот и все. Наука закончилась. Предсказывать что-либо она прекратила уже на стадии перехода к уравнению Эйлера. Но остается мощный аппарат эксперимента. Все очень просто: делаешь по прототипу аналог перспективного двигателя и далее мучительно долго экспериментальным путем проб и ошибок отыскиваешь конструкцию, которую не трясет. Но теоретически решение все-таки можно найти. Так, например, как это сделано в [5]. А что? Может быть, попробовать пойти по этому пути? Или все-таки оставаться на традиционных позициях?

Задачи о профилировании сверхзвукового сопла

Профилирование в настоящее время осуществляется двумя основными способами: с помощью метода характеристик, основанном на уравнении Эйлера, и методом примитивного перебора различных геометрических кривых, дающих максимальное значение удельного импульса тяги. При этом спрофилированному, уже теперь "идеальному" соплу, вольно присваивается весь удельный импульс тяги, который получается из термодинамического расчета. Далее начинается работа с потерями: газодинамическими, химическими и др. Понятно, что определение зависимостей для потерь - это специальная задача - задача нахождения неких, в основном, эмпирических формул. Часто потери определяются из общих соображений, где замешиваются эмпирические и балансовые соотношения. В итоге получается, что эти потери достаточно велики ~10...12 %. Это как раз и есть точность расчетов методом Эйлера. В работе [4] изложен новый способ профилирования сверхзвуковых сопел, основанный на решении преобразованных уравнений Навье-Стокса.

Задачи о двухфазных течениях

Поскольку все известные расчетные методы двухфазных течений основаны на использовании уравнений Эйлера, то следует также отметить, что, к сожалению, они неправильные. Частица, летящая в газовом поле, рассчитанном при неправильной постановке задачи, будет иметь траекторию, отличную от реальной. Более того, в одной из работ автора [6] было показано, что в сверхзвуковом газовом потоке частицы практически монодисперсные. После перехода через звук коагуляция и дробление прекращаются. Размер частиц становится соответствующим критическому числу Вебера. Постоянство размера в сверхзвуке было обоснованно экспериментально совместно с А.В. Куренковым и

Р.Р. Акоповым при одновременных отборах частиц из камеры сгорания и сопла.

Задачи пограничного слоя и тепловые задачи

На сегодняшний день теория пограничного слоя в сверхзвуковых соплах отсутствует, равно как отсутствует и доказательная база турбулентного пограничного слоя в сверхзвуковых соплах [7]. Исследование дозвуковых законов трения, полученных Прандтлем и его учениками, неправомочно. Турбулентные законы трения, полученные на пластинках, неприменимы для сопел. В связи с этим тепловые задачи, которые решаются с применением методов турбулентного пограничного слоя, решаются неправильно. В работе [8] предложены точные уравнения для пристеночных областей камеры сгорания и сопла, полученные с помощью преобразований координат в уравнениях Навье-Стокса. Эти новые уравнения пограничного слоя не страдают такой особенностью как нахождение толщины пограничного слоя с целью дальнейшей сшивки решений уравнений Эйлера и эмпирических соотношений для пластин. Новые уравнения позволяют просчитать непрерывное газовое поле по всему объему сопла и специально выделить высокоградиентную зону у стенки.

Литература

1. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа // Дрофа, М. 2005 г.

2. И.Б. Белов, Н.А. Кудрявцев. Теплоотдача и сопротивление пакетов труб // Энергоатомиздат, Л. 1987 г.

3. М.А. Гольштик, В.Н. Штерн, Н.И. Яворский. Вязкие течения с парадоксальными свойствами // Наука, Новосибирск, 1989 г.

4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальные уравнения сверхзвуковой газовой динамики и новый метод профилирования сопел ЖРД. // Двигатель № 3, 2013 г.

5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и автоколебательный процесс. // Двигатель № 3, 2012 г.

6. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Опыты Куренкова и фундаментальные уравнения двухфазной газовой динамики сверхзвуковых сопел. // Двигатель № 2, 2015 г.

7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность в пограничном слое. // Двигатель № 6, 2013 г.

8. Ю.М. Кочетков. Турбулентность на шероховатых стенках и новые фундаментальные уравнения пограничного слоя. // Двигатель № 3, 2015 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

К ЮБИЛЕЮ В.А. СКИБИНА

В 2015 году в ЦИАМ имени П.И. Баранова справляется два юбилея: в начале декабря отмечается 85 лет со времени организации Института, а чуть больше, чем месяцем ранее - 29 октября - 75 лет одному из его руководителей, первому Генеральному директору, а ныне - советнику генерального директора ЦИАМ Владимиру Алексеевичу Скибину.

Владимир Алексеевич Скибин пришел работать в ЦИАМ после окончания МАИ в 1964 году. В 1976 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1983 году ему присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. Он зарекомендовал себя инициативным, настойчивым человеком и высококвалифицированным специалистом в области исследований прочности газотурбинных двигателей. В 1983 году В.А. Скибин был назначен начальником филиала и заместителем начальника ЦИАМ. В течение 15 лет он успешно руководил крупнейшим в мире центром по доводке авиационных двигателей в Тураево. Под непосредственным руководством В.А. Скибина был проведен большой комплекс работ, позволивший обеспечить качественно новый уровень параметров высотных установок.

В 1998 году В.А. Скибин был назначен на должность начальника ЦИАМ, а в 2001 году - генеральным директором ЦИАМ. В 2001 году Владимир Алексеевич защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук, в 2002 году ему присвоено ученое звание - профессор. В качестве руководителя головного института авиационного двигателестроения В.А. Скибин внес существенный вклад в обеспечение инновационного развития авиационной отрасли. При его активном участии сформированы разделы по двигателям в федеральных целевых программах "Развитие гражданской авиационной техники России до 2015-го года", "Национальная технологическая база на 2007-2011 годы" и государственной программы "Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы".

Благодаря активной позиции Владимира Алексеевича Скибина? Институт в трудные годы перелома веков сохранил свой научный потенциал и уровень основных научных школ. ЦИАМ востребован и сотрудничает не только с двигателестроительными предприятиями России, но и со многими зарубежными двигателестроительными фирмами.

В 2011 году В.А. Скибин оставил пост генерального директора и перешел на должность научного руководителя Института, а в 2014 году занял пост советника генерального директора по научной работе. В последние годы Владимир Алексеевич принимает активное участие в формировании "Национального плана развития науки и технологий в авиастроении на период до 2025 года и дальнейшую перспективу" и в организации работ по разработке и созданию технологий перспективных двигателей 2020-2030 годов.

Основные результаты выполненных В.А. Скибиным теоретических и практических работ воплощены более чем в 100 научных трудах, опубликованных в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 7 книгах и 15 учебных пособиях.Имеет 29 авторских свидетельств на изобретения. Им сделано более 100 докладов на крупнейших международных, всесоюзных и всероссийских съездах и конференциях. В.А. Скибин является академиком ряда отраслевых академий, награжден рядом государственных наград.

Владимир Алексеевич - один из тех людей, которых журнал "Двигатель", сотрудничающий с ЦИАМ с 1998 года, небезосновательно считает своими "отцами-основателями" и соратниками. Мы часто публиковали его статьи, доводя до российского и международного сообщества точку зрения Государственного научного центра России по двигателестроению, а также - взгляд его руководителя.

Редакция журнала "Двигатель" желает Владимиру Алексеевичу крепкого здоровья, многих физических и духовных сил и дальнейших успехов в упорядочивании этого мира и борьбе с напастями всякого рода.

ТРИДЦАТЬ ТРИ ГОДА В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ: УСПЕХИ, РАЗНОГЛАСИЯ, КОНФЛИКТЫ

Вячеслав Фёдорович Рахманин,
Лауреат Государственной премии СССР, к.т.н.

XIX век в истории человеческого общества характерен бурным развитием точных и гуманитарных наук. Но главным брендом этого века я всё-таки считаю мировую литературу. Корифеи литературного творчества стали властителями человеческих душ. В этом веке жила и творила свои бессмертные произведения когорта великих писателей и поэтов. В России: А.С. Пушкин, Л.Н. Толстой, Н.В. Гоголь, М.Ю. Лермонтов, А.П. Чехов, Ф.М. Достоевский. Во Франции: Оноре де Бальзак, Г. Флобер, Э. Золя, Ф. Стендаль, В. Гюго, Ж. Верн. В Англии: В. Скотт, Ч. Диккенс, О. Уайльд, Д. Байрон, Г. Уэллс, М. Рид. В США: Дж. Лондон, М. Твен, Т. Драйзер, Ф. Купер. В Германии: И. Гёте, Г. Гейне, Э. Гофман, Я. Гримм.

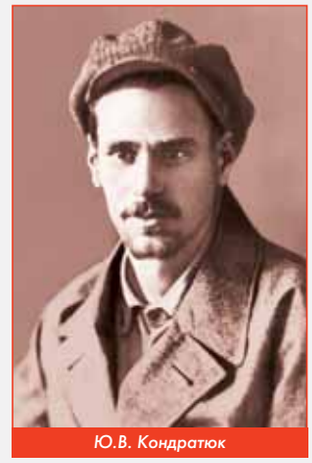
Кроме указанных классиков можно ещё привести десятки фамилий писателей, которые своими произведениями подняли человека на следующую, более высокую ступень общественной и личной культуры.

Прошедший XX век отмечен двумя историческими событиями, возвышающимися над всеми остальными достижениями: освоением атомной энергии и выходом человека в космическое пространство. Решение атомной проблемы - заслуга интернациональной кооперации физиков при финансово-промышленном обеспечении правительством США. Основные, определяющие успехи в ракетно-космической отрасли осуществлены нашими соотечественниками. Труды К.Э. Циолковского, и в первую очередь "Исследования мировых пространств реактивными приборами" (1903 г.), закрыли антинаучные проекты полёта человека в межпланетном пространстве. Эволюцию устремления человека в Космос Циолковский охарактеризовал одной ёмкой фразой: *"Сначала неизбежно идут фантазия и сказка. За ними шествует научный расчёт и уже в конце концов исполнение венчает мысль"*. Наш соотечественник на научной основе доказал реальность преодоления земного притяжения и выведения в космос рукотворных пилотируемых кораблей ракетными двигателями на жидком химическом топливе. Выведенная им математическая формула преодоления жидкостной ракетой земного притяжения превратила мечту человечества из области фантастики в конкретную научно-техническую теорию.

К.Э. Циолковский

В трудах Циолковского рассмотрен широкий спектр различных научно-технических вопросов, связанных с созданием реактивных самолётов, управляемых ракет, с осуществлением межпланетных перелётов. Но в центре его внимания было решение проблем по созданию ракет на жидком топливе. В своих работах он указал наиболее рациональные пути и перспективы развития этого нового вида техники и привёл ряд схем ракетных устройств, имеющих практическое значение.

К.Э. Циолковский не был учёным в общепринятом значении этого слова. По состоянию здоровья он лишился возможности получить систематизированное высшее образование, его работы не имеют академического стиля, а математические вычисления - аппарата высшей математики. К.Э. Циолковский был гений, который своими умозаключениями создал теоретические основы новой науки о космических полётах. Несколько позднее к таким же выводам пришли американец Р. Годдард, немец Г. Оберт, француз Р. Эсно-Пельтри, австриец В. Гомон, наш соотечественник Ю.В. Кондратюк. Проделанные ими теоретические исследования в области межпланетных полётов, а именно такие задачи они решали в своих работах, в какой-то мере повторяли, в какой-то мере дополняли, а в целом подтверждали гениальность работы, проделанной К.Э. Циолковским. Однако, отдавая должное научной значимости теоретических разработок Циолковского, всё-таки следует признать: его главная заслуга перед человечеством заключается в том, что научно доказанная им возможность космического полёта не осталась на страницах научно-популярных журналов, а привлекла в сферу создания ракетной техники когорту талантливых молодых энтузиастов, ищущих место для продуктивного приложения своим творческим силам. Его теоретическое открытие способа разорвать путы земного притяжения стало тем ключиком, которым человечество открыло двери в Космос и постепенно, шаг за шагом поднимаясь по лестнице научных открытий и технических достижений, вышло вначале в околоземное космическое пространство и дальний Космос, а затем нанесло визит на Луну.


Ю.В. Кондратюк

К.Э. Циолковский с удовлетворением наблюдал за распространением его идеи проникновения человека в Космос. В авторском предисловии к своей работе "Космические ракетные поезда" (1929 г.) он отмечает: *"Над реактивными приборами практически трудятся на Западе со времени издания моей первой работы в 1903 г. [...] С 1913 г. уже многие заинтересовались вопросами за-атмосферного летания, в особенности, когда увидели серьёзное отношение к нему Запада. Со времени издания моей работы "Вне Земли" (отдельное издание в 1920 г.) заинтересовался звездоплаванием Оберт. Его сочинение дало германским учёным и испытателям изрядный толчок, благодаря которому появилось много новых работ и работников. [...] Стали сильнее распространяться эти идеи и в СССР. Не только за границей, но и у нас теперь учреждаются институты и образуются общества, члены которых успешно и талантливо распространяют новые идеи"*.

Одним из первых в нашей стране на призыв Циолковского откликнулся Ф.А. Цандер, который вошёл в отечественную историю развития космической техники как творческий продолжатель, а также пропагандист и популяризатор идей межпланетных путешествий, изложенных в трудах К.Э. Циолковского. Цандер, в отличие от

Циолковского, имел инженерное образование и опыт работы в наукоёмкой авиационной промышленности, что позволяло ему рассматривать космические полёты не только с теоретических позиций, но и с позиции возможности их практического осуществления.

Ф.А. Цандер

К началу 30-х годов в среде технической интеллигенции интерес к идеям применения реактивной техники для полётов превысил критическую массу накопления теоретических разработок и перешёл в форму практической работы. Это общественное движение возглавил Цандер, ставший "связующим звеном" между теоретическими работами Циолковского и разработкой первых образцов реактивной техники.

Весомой заслугой Цандера в истории создания отечественной реактивной техники является организация в сентябре 1931 г. в системе добровольного общества Осоавиахим группы изучения реактивного движения (ГИРД), объединившей молодых энтузиастов разработки реактивной техники.

Поиски новых конструкторских решений в авиации, наиболее прогрессивного наукоёмкого технического направления первой половины XX века, стало велением времени. По свидетельству М.К. Тихонравова, непосредственного участника этих событий, молодому поколению советских инженеров, в первую очередь авиационным специалистам, требовалась практическая работа по созданию и реализации перспективных технических проектов.

Разработчики ракетной техники начала 30-х годов полностью соответствовали определению "энтузиасты", т.к. всё свободное время, а часто и личные средства тратили на создание образцов новой техники, не получая от этого никаких дивидендов кроме удовлетворения от результатов собственной работы, а их преданность избранному делу граничила с фанатизмом. Конструкторы ракет в отсутствии теоретических разработок и предыдущего опыта вынуждены были создавать ракеты по собственным доморощенным проектам в условиях ограниченного финансирования и без возможности привлечения заводского технологического оборудования, что отрицательно сказывалось как на качестве выполняемых работ, так и на размерах изготовляемых ракет. По сути это были единичные экспериментальные экземпляры, имеющие ограниченные энергетические характеристики.

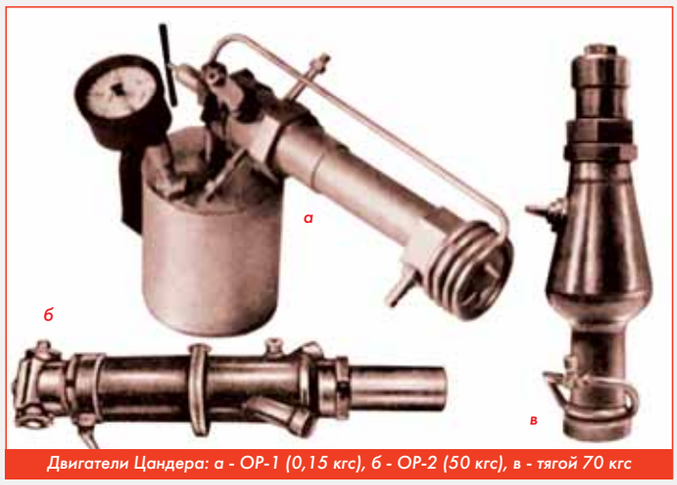
Перспективы дальнейшего развития летательных аппаратов буквально витали в воздухе. Сложилась ситуация, когда внешняя обстановка соответствовала внутренней готовности Цандера к созданию самолёта, оснащённого реактивным двигателем. Проведённые им первые опыты создания модели реактивного двигателя вселяли уверенность в возможность создания двигателя, пригодного для установки на самолёт. Для дальнейших работ необходим был партнёр для изготовления самолёта. И такой партнёр нашёлся. Им стал молодой авиаинженер и спортсмен-планерист С.П. Королёв.

О начале знакомства Цандера и Королёва в октябре 1931 г. указывается практически во всех опубликованных биографиях каждого из них, но, по-моему, эта встреча до сих пор не получила должной исторической оценки. А ведь это был поворотный момент в творческой биографии Королёва, когда он, начинающий авиационный инженер, строитель и пилот спортивных планеров, фактически стал причастным к разработке реактивной техники. Этот безусловный факт начала и дальнейшего продолжения его работы по ракетной технике имеет многочисленные документальные подтверждения в отличие от существующего мифа о начале его работ в области ракетной техники с осени 1929 г., после посещения им в Калуге К.Э. Циолковского. Этот миф создал сам Королёв, но кроме его собственных, вынужденных сложившимися обстоятельствами упоминаний в ряде автобиографий и анкет, других документально подтвержденных сведений не имеется. Как и не имеется каких-либо достоверных сведений о конкретных работах Королёва в сфере ракетной техники до его встречи с Цандером в 1931 г. Неподдельный энтузиазм Цандера, его фанатическая приверженность к идее межпланетных перелётов с помощью жидкостных реактивных двигателей, уверенность в возможности уже сейчас создать такой двигатель, не могли не оказать влияния на Королёва, стремящегося найти новое техническое направление для приложения своих интеллектуальных способностей. Знакомство с Цандером стало для Королёва первым шагом на его пути в новую для него ракетную технику.

Этот "шаг" Королёва и для ГИРД имел историческое значение, группа получила импульс для начала практической работы, "заказ" Королёва показал востребованность нового коллектива. Появившаяся целевая задача не только определила дальнейшую жизнеспособность ГИРД, но и создала возможность использовать ресурс общества Осоавиахима, которое способствовало созданию в своих ячейках простейших производственных мастерских и выделяло средства для практической реализации индивидуальных проектов.

Встречу Цандера и Королёва, ставшую знаковым событием в истории отечественной ракетной техники, можно считать случайной только в философском понимании случайности как пересечении двух необходимостей. Произошёл контакт двух ранее незнакомых, но априори заинтересованных друг в друге людей. Один из них стремился построить летательный аппарат с реактивным двигателем, другой искал возможность стать первым отечественным пилотом, совершившим полёт на таком аппарате. Это первое знакомство Королёва в 1931 г. с реактивной техникой в ГИРД имело судьбоносное значение как для самого Королёва, так и для отечественного и мирового ракетостроения. Энергичный, с организаторскими способностями Королёв вскоре стал вместо Цандера руководителем ГИРД.

Оценивая дальнейшее развитие ракетной техники, следует признать, что это была оправданная замена. В подтверждение приведём мнение Б.В. Раушенбаха: *"Нет сомнения, что Ф.А. Цандер был наиболее сведущим в ракетной технике человеком из всех соб-*



Двигатели Цандера: а - ОР-1 (0,15 кгс), б - ОР-2 (50 кгс), в - тягой 70 кгс

Члены ГИРД. В центре С.П. Королёв

равшихся вокруг него в ГИРД. [...] Но вместо Цандера начальником был назначен С.П. Королёв. Уже тогда было ясно, что для должной организации работ необходимы совершенно другие способности и знания, чем те, которые нужны для научной работы, изобретательства или сочинения книг. Здесь нужны были не пионеры, а вершители идей...".

Параллельно и независимо от Цандера теоретические разработки Циолковского заинтересовали одесского школьника Валентина Глушко. Стремясь узнать как можно больше о возможностях космических полётов, он обратился с письменной просьбой к Циолковскому присылать ему публикуемые учёным труды и получил положительный ответ. Так началось заочное знакомство Глушко с Циолковским, оказавшим решающее значение как на формирование дальнейших интересов у Глушко, так и на выбор им профессии. Ещё будучи школьником, в неполные 16 лет, в марте 1924 г. в письме к Циолковскому он признаётся, что *"...межпланетные сообщения являются моим идеалом и целью моей жизни, которую я хочу посвятить для этого великого дела"*. Верность этому обещанию Глушко сохранил на всю жизнь, до последнего дня. И в годы суровых жизненных испытаний, и в дни звёздных успехов он всегда оставался преданным одному выбранному им однажды и навсегда делу - созданию ракетной техники.

Свой путь в ракетную технику Глушко начал с разработки в 1929 г. в ЛГУ дипломного проекта на тему "Гелиоракетоплан с электротермическим двигателем". Этот проект стал для В.П. Глушко путёвкой в ленинградскую Газодинамическую лабораторию (ГДЛ), возглавляемую в то время Н.И. Тихомировым. Начав с разработки электротермического двигателя, Глушко с помощью более опытных инженеров ГДЛ вскоре понял, что он своим проектом гелиоракетоплана обгоняет время, что любой космический полёт начинается со старта с Земли, а для этого, как объяснил в своих трудах Циолковский, нужны жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) и Глушко приступил к проведению научно-исследовательских работ для создания будущих опытных ракетных моторов (ОРМ). Эти работы постепенно переросли в разработку ОРМ-50 и ОРМ-52, ставшими первыми ОРМ, имеющими целевое предназначение.

В.П. Глушко в годы работы в РНИИ

В процессе контактов руководящего и творческого состава ГДЛ и МосГИРД, предшествующих объединению в РНИИ, впервые встретились В.П. Глушко и С.П. Королёв и потом в течение 33-х лет вместе работали в отечественной ракетно-космической технике. За эти 33 года, с середины 1932 г. по январь 1966 г. (до смерти С.П. Королёва), линии производственной деятельности и личной жизни Глушко и Королёва то совпадали, причудливо и тесно переплетаясь, то шли параллельно, то временно прерывались по независящим от их желания причинам. Их взаимоотношения представляются мне интересными для любителей истории отечественной ракетной техники. В качестве фактов проявления их взаимоотношений выбраны только общественно значимые, в которых явно проявляются черты их характеров и отношения между ними как в научно-технической сфере деятельности, так и в личной жизни. И, главное, как эти отношения сказались на результатах проведения работ по созданию ракетной техники.

ОРМ-50 на азотнокислотно-керосиновом топливе тягой 150 кгс

Опытный жидкостной ракетный двигатель ОРМ-52 тягой 300 кгс

Как нельзя выбросить слово из песни, чтобы не сфальшивить, так и не следует замалчивать исторические факты и делать секреты из непростых отношений между Глушко и Королёвым. Что было, то было. Тем более что их взаимоотношения в сфере совместной деятельности подпадают под общественный закон жизни: *"Общая слава не сплачивает, дружбы у равновеликих не бывает"*. В доказательство - примеры отношений между собой заслуженных генералов и маршалов после окончания войны, наших выдающихся авиаконструкторов, знаменитых (и не очень) артистов, вспомним классику - Моцарта и Сальери. Я не ставлю задачи демонстрацией некоторых негативных фактов очернить наших Великих Конструкторов. Есть желание показать, что и наделённые природой Великим Талантом видения вектора технического прогресса, смотрящие за горизонты современных достижений науки, создающие опережающие время образцы новой техники были нормальными людьми с присущими всем нам достоинствами и недостатками характеров. Кроме того, у каждого великого научно-технического достижения есть изнаночная сторона. Такая же, как в любой парадной одежде, будь это фрак дипломата, китель генерала или пиджак министра - у всех имеется изнаночная подкладка, которая также вносит свой вклад в формирование внешнего вида.

В этой статье на фоне создания отечественной ракетной техники приводятся факты взаимоотношений её Главных Конструкторов В.П. Глушко и С.П. Королёва как в сфере их личной жизни, так и в процессе производственной деятельности.

НАЧАЛО СОВМЕСТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В XX веке сложность решаемых научно-технических задач стала не под силу учёным-одиночкам. Им на смену пришли многочисленные творческие коллективы, возглавляемые учёными-лидерами. Так появились ОКБ во главе с главным (генеральным) конструктором, являющимся талантливым генератором новых научных идей и конструкторских решений, оригинальных технологических процессов и в то же время умелым организатором работ, способным отстаивать своё видение прогресса в избранном направлении науки и техники. Люди, достигнувшие лидирующего положения в какой-нибудь значимой отрасли человеческой деятельности, должны кроме профессионального таланта обладать честолюбием и способностью увлечь за собой творческих людей, а также иметь твёрдый характер для успешного противостояния в неизбежных творческих спорах со своими оппонентами или завистниками, претендующими на лидерство.

Боевые и космические ракетные комплексы создаются кооперацией ряда ОКБ с привлечением множества заводов, НИИ и других специализированных предприятий и организаций. Разработка новой наукоёмкой техники сопряжена как с неизбежными при этом ошибками при выборе конструкторских решений, так и с проявлением новых, ранее не известных науке физических эффектов. Поскольку в конструкции ракеты применяется несколько комплексно работающих систем, между которыми существуют взаимовлияющие связи, любое отклонение от штатной работы систем ракеты и, особенно, аварийная ситуация становятся предметом коллективного выявления первопричины появления дефекта. При определении

причины и месторасположения дефекта часто возникают разногласия и споры между Главными конструкторами, в некоторых случаях это приводит к возникновению конфликтов между ними.

Для лучшего понимания дальнейшего материала приведу принятую мною в этой статье классификацию:

- спор - это разногласия по техническому вопросу;

- конфликт - это разногласия, сказавшиеся на личных отношениях между Главными конструкторами.

Первые разногласия между Глушко и Королёвым возникли на заре развития отечественной ракетной техники, в начале их работы в ГДЛ и ГИРД.

Одновременное существование двух творческих коллективов ГДЛ и ГИРД, работающих в одной тематической нише, не могло долго продолжаться без взаимных контактов. Первый такой контакт произошёл в марте 1932 г. на совещании у М.Н. Тухачевского. Однако принимающие участие в совещании Глушко и Королёв практически не общались, профессиональное знакомство и предметный разговор у Глушко состоялся с Цандером после совещания.

Знакомство Глушко и Королёва произошло летом 1932 г., когда делегация ГИРД в составе С.П. Королёва, Е.С. Параева и Ю.А. Победоносцева нанесла визит в ГДЛ. Именно визит, т.к. прибывшие гости не запаслись разрешением Техштаба НВ РККА, в чьём подчинении находилась ГДЛ, на посещение режимного предприятия. Тем не менее представителям ГИРД было рассказано об основных направлениях работы ГДЛ, но без демонстрации разрабатываемых объектов и их технических характеристик.

Естественно, что полученная информация не удовлетворила работников ГИРД и они спустя полгода получили необходимое разрешение на посещение ГДЛ. В течение трёх дней, с 13 по 15 января 1933 г., группа ведущих работников ГИРД в составе начальника ГИРД С.П. Королёва и начальников тематических бригад Ф.А. Цандера, М.К. Тихонравова, Ю.А. Победоносцева, Е.С. Параева и инженера Л.К. Корнеева ознакомилась с результатами работы ГДЛ.

По воспоминаниям работников ГДЛ, за три дня общения с гирдовцами сложились доброжелательные, откровенные отношения, им были показаны все разработки возглавляемого Глушко 2-го отдела, продемонстрирована работа ОРМ на стенде. Особенно запомнилась встреча с Цандером, его вдохновенное выступление перед работниками ГДЛ с рассказом о межпланетных перелётах, о конструкции космического корабля, как долго и увлечённо участники встречи говорили о будущем космонавтики. И в других воспоминаниях современников начального периода развития жидкостной ракетной техники в нашей стране публиковались только восторженные отзывы об успешных работах в ГИРД и ГДЛ.

Двигатель ОРМ-50 на испытательном стенде

А разве могло быть иначе? Ведь это были воспоминания о днях своей молодости, о романтических временах зарождения нового научно-технического направления. Да и как можно было негативно отзываться о "саженцах", из которых выросли роскошные "деревья" с плодами космических достижений? Не остался в стороне от таких воспоминаний и Королёв. Через много лет после посещения ГДЛ, в одной из статей он так вспоминал о посещении ГДЛ: *"Меня поразила научно-экспериментальная база, которой располагали ленинградцы. Она была несравненно лучше нашей. Мы стали свидетелями большого размаха работ, огромного энтузиазма, с которым здесь велись эксперименты. Естественно, что в ГДЛ нас прежде всего привлекли моторы, конструктором которых был В.П. Глушко. Ю.А. Победоносцев присутствовал на стендовых испытаниях одного из двигателей и дал высокую оценку его возможностям. Я же детально ознакомился с системой организации работ, с технологией, с проектами... Несколько позднее мы по-настоящему оценили перспективность экспериментальных работ Глушко"*.

Последнее предложение из приведённого воспоминания Королёва, может быть и невольно для автора, отражает объективную оценку итогов посещения им ГДЛ в январе 1933 г. Но во время этого посещения у Королёва и его сотрудников сложилось другое, негативное мнение о работах ГДЛ, особенно отдела № 2, возглавляемого Глушко. Это мнение московские гости изложили в отзыве о работах ГДЛ, написанном по просьбе начальника ГДЛ И.Т. Клеймёнова, который, видимо, рассчитывал на конструктивную критику коллег для последующего устранения отмеченных недостатков. Но и полученный отзыв можно считать полезным, т.к. он прояснил, с кем придётся сотрудничать после объединения ГДЛ и ГИРД. В изложенном тексте отзыва приведены вопросы, касающиеся только работы Глушко.

Начальнику Газо-Динамической Лаборатории УВИ НВ РККА

Тов. Клеймёнову

Осмотрев 13,14 и 15 января 1933 года 2-ой Отдел вверенной Вам Лаборатории, сообщаем Вам по Вашему предложению наши впечатления по указанным работам.

Сравнивая первое посещение нашей группой в составе: Королёв, Параев, Победоносцев) ГДЛ летом 1932 года с настоящим, можно констатировать, что сейчас нам была предоставлена полная возможность ознакомиться со всеми интересующими нас вопросами.

Работы ГДЛ по реактивным объектам представляют большой технический интерес. Отмечая большие достижения Лаборатории в этой работе, всё же считаем необходимым сделать ряд замечаний по следующим вопросам:

По 2-му Отделу (реактивные моторы на жидком топливе).

1. Работы 2-го Отдела являются по существу работами далеко не охватывающими полностью проблему создания реактивного мотора, а работами только по одной части его - камере сгорания. Иными словами уделяется недостаточно внимания другим элементам РМ, как-то устройствам для подачи горючего, регулировке работы двигателя, соплам, специальным бакам, а также вопросу сочетания и работы всех этих элементов в целом.

2. Работы над камерами сгорания, являясь по существу чрезвычайно ценной и нужной, вместе с тем носят беспредметный характер: топливо сжигается в условиях, которые нельзя считать рациональными для собственно РМ. Вопросы веса камеры, её объёма и рациональной формы обязательно должны сопутствовать всякой работе над камерами. Хорошие результаты с медными и огнеупорными облицовками подтверждают немецкие опыты (Оберт, "Мираки").

3. Недостаточно уделено внимания тепловому расчёту двигателя, который сейчас, хотя и не может опираться на достоверные коэффициенты, однако необходим для общего анализа явления в целом.

5. Конструктивная разработка рабочих чертежей объектов, не в данном проектирующем Отделе, а в особом чертёжно-конструкторском Бюро, является неверным методом работы, отвергнутым практикой всех известных нам КБ. Такого рода организация работ отрывает проектирующих инженеров от конструкторской работы, что может повлечь за собой непродуманность отдельных деталей и может дать простор отвлечённому изобретательству.

Отзыв подписали все члены делегации ГИРД.

Что же побудило в январе 1933 г. молодых авиационных инженеров (Ф.А. Цандер по образу мышления и творческому темпераменту соответствовал своим более молодым коллегам) столь критически оценить принятую в ГДЛ методику разработки новой техники? В моём представлении представители ГИРД не поняли разницы в предназначении ГДЛ и ГИРД и связанных с этим различных методов работы.

ГДЛ - научно-исследовательская лаборатория, по организаци-

онной структуре и методам работы соответствовала в некотором роде НИИ в миниатюре. Глушко занимался НИР - изучал процессы горения, подбирал конструкционные материалы и теплозащитные покрытия, исследовал эффективность различных топлив, определял оптимальный профиль сопла и т.д. Всё это сочеталось с поиском работоспособной конструкции камеры ЖРД. Проектируемые в ГДЛ в 1931-1932 гг. многочисленные ОРМ представляли собой экспериментальные установки упрощённой конструкции, предназначенные для проведения исследований и накопления опыта, необходимого для подготовки к проектированию в дальнейшем реального двигателя, пригодного для установки его на летательный аппарат. В техническом отчёте о работах в 1932 г. Глушко писал: *"В опытах с моторами не преследовалась цель получения мощного мотора. Моторы конструировались с таким расчётом, чтобы с их помощью можно было разрешить ряд важнейших вопросов, например, о зажигании, влиянии температуры на материальную часть и т.п., не требующих большой мощности мотора"*.

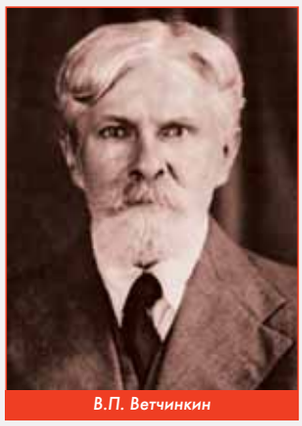
В ГИРД собрались энтузиасты реактивно движения, использующие предоставленные Осоавиахимом производственные площади, оборудование и материалы для изготовления летательных аппаратов по собственным проектам. Это можно проследить на примере Королёва, который пришёл в ГИРД, чтобы реализовать свою идею установить на планер ЖРД и первым в стране совершить полёт на аппарате с реактивной тягой. По воспоминаниям М.К. Тихонравова, Королёв, вопреки фанатической приверженности Цандера к идее межпланетных перелётов, *"принял учение Циолковского не столько из-за желания скорее лететь на Марс, сколько из-за стремления вообще летать выше, быстрее и дальше"*.

Непонимание принципиальных различий в задачах и методах работы ГДЛ и ГИРД и вызвало критику со стороны приехавших гостей.

Нельзя не учитывать и другие, более весомые причины. Это было время, когда целесообразность объединения ГДЛ и ГИРД в РНИИ не вызывала ни у кого сомнения в высших военно-государственных структурах. Выпуск соответствующего учредительного Постановления задерживался только из-за отсутствия помещения для размещения института. И всё это время вопрос о приоритетности в институте тематики ГДЛ или ГИРД находился в подвешенном состоянии. И не борьба ли за лидерство в тематике и структуре будущего института стала причиной критики работниками ГИРД состояния работ у своих конкурентов? Сейчас остаётся только догадываться и делать умозаключения, опираясь на ситуацию того времени и последующее развитие событий.

Но если спустя более 80 лет причины критики могут представлять интерес только в историческом плане, то тогда работников ГДЛ обвинения в некомпетентности задели их профессиональную гордость. Необъективность оценки их труда и имеющихся достижений возмутили творческий коллектив ГДЛ и в первую очередь Глушко, т.к. основной удар критики был направлен на его работы, составляющие конкуренцию работам ГИРД.

Дополнительным обстоятельством в столь обострённом восприятии необоснованной критики стал *"Отзыв о проекте ракеты для поднятия на высоту 100 км"*, написанный профессором ЦАГИ В.П. Ветчинкиным 20.01.1933 г., т.е. практически в то же время, что и отзыв ГИРД. Отзыв Ветчинкина был написан по итогам проведённой 30.12.1932 г. в ГДЛ презентации разработанного Глушко проекта ракеты РЛА-100 (высота полёта - 100 км, общая масса - 400 кг, масса полезной нагрузки - 20 кг, тяга двигателя - 3000 кгс, время работы - 20 с, топливо - азотный тетроксид и бензин). В обсуждении проекта участвовали видные учёные: В.П. Ветчинкин, Н.Д. Вентцель, Б.С. Стечкин, Окунев и др. По их поручению Ветчинкин составил вышеуказанный *"Отзыв..."*, в котором не только привёл замечания по проекту ракеты, но и дал оценку состоянию работ по двигателю: *"В ГДЛ была проделана главная часть работы для осуществления ракеты - реактивный мотор на жидком топливе. Было побеждено главное затруднение в работе такого мотора - найдена конструкция и материалы для горелки и сопла, которые не сгорают во время работы 1-2 минуты, несмотря на господствующие там необычайно высокие температуры - порядка 3000 С. Удалось также достигнуть главного - равномерного горения. С этой стороны достижения ГДЛ, (главным образом инж. Глушко), следует признать блестящим"*.



В.П. Ветчинкин

К этому можно присовокупить мнение М.Н. Тухачевского, который в 1932 г. присутствовал на испытаниях ОРМ-52 и так охарактеризовал эту работу Глушко: *"Особо важные перспективы связываются с опытами ГДЛ над жидкостным реактивным мотором, который в последнее время удалось сконструировать в лаборатории. Применение этого мотора ... открывает неограниченные возможности стрельбы снарядами любых мощностей и на любые расстояния"*.

В человеческом обществе принято на нанесённую обиду давать достойный ответ. Так случилось и на этот раз: адекватный ответ был дан в том же, как и нанесённая обида, эпистолярном жанре. Глушко и его ближайшие сотрудники направили начальнику ГДЛ служебную записку, в которой выразили несогласие с обвинениями в их адрес, изложенными в отзыве ГИРД. Негативная реакция коллектива ГДЛ на отзыв незваных гостей побудила начальника ГДЛ Клеймёнова провести 7 февраля 1933 г. обсуждение замечаний на техническом совещании под своим председательством. Содержание выступлений некоторых ведущих работников ГДЛ приводится с сокращениями.

И.Т. Клеймёнов

ПРОТОКОЛ

Технического Совещания Газо-Динамической Лаборатории

Рассмотрение отзыва Ц.Гирда о работе 2 Отдела .

Председатель Совещания - Начальник Лаборатории т. Клеймёнов.

Начальник Лаборатории т. Клеймёнов зачитывает отзыв Ц.Гирда о работе 2 Отдела. Далее выступили участники Совещания.

1. Пом. Н-ка Отд. т. Кулагин замечает, что отзыв Ц.Гирда неосновательный, поверхностный и неверный. Составлен он на основе беглого просмотра. Ц.Гирд сам практического опыта никакого не имеет и поэтому ценных указаний дать не может. 2-ой Отдел уже имеет пути, по которому добьётся эффекта в работе.

2. Н-к 2 Отд. т. Глушко с мнением т. Кулагина об оценке и критике Ц.Гирда согласен и добавляет, что часть представителей Ц.Гирда работу мотора не видели, относительно же того указания, какие работы следует вести 2-му Отделу, то они ведутся, что и видно из плана работ.

3. Зам. Н-ка Лаборатории т. Петропавловский с мнением т.т. Глушко и Кулагина об отзыве Ц.Гирда согласен; критика голословная, легковесная и не объективная; указывает, что Ц.Гирд опыта не имеет и проекты его практически не ценны. Путь намеченной работы на будущее 2 Отделом правилен, т.е. добиться отработки горения мотора, получив качественные показатели, после чего необходимо добиться количественных показателей. Отмечает, что в Германии опыты с керамикой, облицовкой сопла не дали никаких результатов. Мы же имеем положительные результаты. Наши проекты более проработаны, чем в Германии, мы не только повторили их опыт, но и сделали впечатлительный шаг вперёд.

4. Инженер Куткин с мнением об отзыве Ц.Гирда согласен.

5. Инженер Минаев согласен с мнением докладчиков о пове-

рхностном отзыве Ц.Гирда и добавляет, что работа 2 Отдела распределена так, что каждый сотрудник самостоятельно разрабатывает элементы мотора.

6. Начальник Лаборатории отмечает, что необходимо сделать расчёты и учесть те данные, которые даст эта работа и прийти к заключению, какая камера нужна. Нужно учесть опыт и других Научно-Исследовательских организаций по этому вопросу. Отмечает также недостаточной работу ГДЛ, в частности, 2 Отдела за 1932 год.

7. Начальник 2 Отд. т. Глушко указывает, что работа в 1932 году велась исследовательская и, главным образом, теоретическая. Добились устойчивой работы мотора; этим разрешена большая проблема. Измерительных приборов, необходимых для работы применительно к условиям 2 Отдела, нет вообще.

10. Заключение Начальника Лаборатории.

Сообщить начальнику УВИ (Управление военных изобретений - В.Р.), *какая работа велась и ведётся ГДЛ сейчас, наши выводы и решения по заключениям, и какие будут приняты шаги в дальнейшем. Отметить, что у представителей Ц.Гирда было очень мало времени для ознакомления с работой 2 Отдела.*

Начальник Лаборатории -- Клеймёнов

Выполняя поручение начальника ГДЛ Клеймёнова информировать руководство Управления военных изобретений о полученных от московских коллег замечаниях, ведущие работники 2-го отдела составили письмо, в котором подробно изложили состояние дел в ГДЛ по затронутым в замечаниях вопросам, а в конце дали собственную оценку работам, проводимым в ГИРД. Письмо, направленное в УВИ, приводится с сокращениями.

Отзыв, подписанный рядом работников МосГирда, явившийся результатом посещения ГДЛ и беглого ознакомления с работами 2-го Отдела, ни в какой мере не отражает истинного состояния и целеустремлённости работ, проводимых 2-м Отделом ГДЛ.

Заключения, изложенные в отзыве, поверхностны, необъективны и не являются деловой и серьёзной критикой.

Изложенное ниже по пунктам отзыва подтверждает сказанное.

1. Проделанная до сего времени работа во втором отделе именно и касалась всех основных элементов реактивного мотора, т.е. подачи топлива в камеру сгорания, характеристик сопла, регулирования работы реактивного двигателя, специальных баков и т.д. В этом легко убедиться, внимательно просмотрев теоретические работы и отчёты, проектные и рабочие чертежи и имеющуюся аппаратуру. План на 1933 г. также предусматривает продолжение и дальнейшее развитие всех этих, весьма важных, работ.

2. Утверждение о якобы беспредметности работ с камерами сгорания для реактивного мотора, совершенно голословно и безответственно.

Все опыты с реактивными моторами в настоящее время ведутся исключительно для определения основных элементов, определяющих работу мотора, как-то: число, расположение и конструкция форсунок, размеры и формы камеры сгорания и т.п. Ведущаяся книга опытов, а также план на 1933 г. с очевидностью подтверждают сказанное.

Указание на то, что якобы опыты с облицовкой камеры сгорания лишь подтверждают данные, полученные в Германии Обертом, свидетельствуют о недостаточной осведомлённости т.т., писавших отзыв, т.к. общеизвестно, что Оберту и другим не удалось добиться сколько-нибудь удовлетворительных результатов с изоляцией внутренней поверхности стенок камеры сгорания и опыты в этой части были прекращены.

2-ой Отдел предложил совершенно новый рецепт теплоизоляции (выдано авторское свидетельство), применяя её, получил блестящие результаты.

3. Тепловой расчёт реактивного мотора сам по себе чрезвычайно прост и элементарен, но только тогда имеет ценность, когда известен целый ряд коэффициентов, определить которые возможно лишь в результате длительной опытно-исследовательской работы. В той мере, в какой это оказывается необходимым, подобные расчёты с предполагаемыми величинами этих коэффициентов производятся.

В основном же все опытные работы ставятся в разрезе именно определения указанных коэффициентов (см. отчёты и план на 1933 г.).

Утверждение о том, что проектные данные не реальны - голословно, т.к. тов. из МосГирда не знакомились с имеющимися расчётами.

5. Наконец, последнее замечание о неправильной постановке проектной работы - не верно, т.к. во 2-м Отделе вся проектная и конструкторская работа ведётся силами и в пределах Отдела и лишь элементарная чертёжная и копировочная часть её передаётся в Техническое Бюро ГДЛ.

Необходимо отметить, что мнение МосГирда вообще не может служить направляющим для работ 2-го Отдела ГДЛ, т.к. последний, имея богатый опыт в части реактивных двигателей на жидком топливе и известные достижения, не может считать за авторитет организацию, которая сама, не имея никакого опыта в данном вопросе, ещё учится, причём идёт, как нам известно, неправильным путём.

Начальник Лаборатории - Клеймёнов.

Мнение работников ГДЛ, по всей вероятности, стало известно руководству ГИРД, однако подтверждающих это документов не обнаружено.

Несмотря на принявшее скандальную форму начало отношений между ГДЛ и ГИРД, связи в технической сфере всё-таки состоялись. Критика работ Глушко, которые по мнению ведущих работников ГИРД имели *"беспредметный характер"*, не помешала Королёву обратиться в ГДЛ с просьбой выделить разработанный Глушко ОРМ-50 для установки в ракету ГИРД "05". Этот двигатель в середине 1933 года прошёл полный цикл стендовой отработки, а затем пять успешных наземных огневых испытаний в составе ракеты "05". Лётные испытания ракеты оказались неудачными из-за неполадок в системе подачи топлива в двигатель.

В дальнейшем Глушко и Королев тесно контактировали в процессе их совместной работы в РНИИ. Этот институт был организован приказом Реввоенсовета от 21.09.1933 г. и 31.10.1933 г. Советом Труда и Обороны был переведён в Наркомат тяжёлой промышленности. Создание единого центра по исследованиям и разработкам конструкции в области реактивной техники стало, безусловно, правильным и крупным шагом в научно-техническом прогрессе. Организация РНИИ решала задачу объединения творческих сил ведущих специалистов того времени по реактивной технике, сосредоточенных в ГДЛ и ГИРД. Это был первый и, безусловно, крупный шаг на эволюционном пути развития ракетной техники в СССР.

Однако организационное объединение не привело к созданию единого творческого коллектива единомышленников. Наметившиеся ещё на стадии организации института противоречия не ограничились только выбором основного тематического направления в работе института. Конфликтная ситуация возникла и в сфере распределения новых должностных обязанностей среди бывших руководителей подразделений в ГДЛ и ГИРД по всей структурной вертикали института, начиная с его руководителей.

Начальником (с 1934 г. - директор) РНИИ был назначен начальник ГДЛ И.Т. Клеймёнов, его заместителем - начальник ГИРД С.П. Королёв. Оба получили высокие звания дивизионных инженеров (два ромба в петлице). По распределению обязанностей Королёв отвечал за работу административно-хозяйственных и вспомогательных подразделений института, включая производственные мастерские. Конечно же, Королёв не мог удовлетвориться порученной ему сферой деятельности. Казалось бы, в период становления института Королёв, с его природными организаторскими способностями, мог бы проявить себя при проведении организационных работ. Однако он этого не сделал. И не потому, что не смог, а потому, что не захотел. Через четыре месяца после назначения на должность Королёв представил Клеймёнову докладную записку, в которой подверг резкой критике работу производственных мастерских института. Но ведь эти мастерские входили в сферу ответ-

ственности Королёва, так что критика их работы как бы со стороны вызывает недоумение. Это можно объяснить тем, что причина подачи Королёвым докладной записки находилась гораздо глубже, чем изложенная в ней неудовлетворённость работой мастерских. Королёв и ранее высказывал свои претензии если не на прямое руководство тематическими работами института, то на равноправное участие в них вместе с директором. А их взгляды по этому вопросу имели существенные отличия, в частности Королёв считал ненужным заниматься пороховыми ракетными снарядами и двигателями на азотнокислотном топливе. С этим Клеймёнов был принципиально не согласен. Постоянные разногласия с Королёвым постепенно переросли в личный конфликт. Докладная записка подвела итог долготерпению Клеймёнова и по его инициативе должность заместителя директора была ликвидирована и Королёв был переведён на должность старшего инженера в сектор крылатых ракет. Одновременно он был лишён воинского звания, однако продолжал носить полюбившуюся ему военную форму, но уже без ромбов в петлицах. Вместо должности заместителя начальника института была введена должность главного инженера, на которую был назначен Г.Э. Лангемак, возглавляющий в РНИИ тематическое направление по разработке пороховых ракетных снарядов.

Г.Э. Лангемак

К сожалению, это был не единственный конфликт в РНИИ, неудовлетворённость своим положением охватила многих сотрудников института. С организацией института многие бывшие члены ГИРД связывали дальнейший прогресс по своим проектам, но объективная реальность породила чувство разочарования. Единого творческого коллектива не сложилось. Клановость породила чувство нездорового соперничества, оказавшего пагубное влияние как на производственную деятельность, так и на личные отношения. Горение страстей, ревнивая подозрительность к соперникам выливались потоками писем в государственные и партийные органы с требованиями смены руководства и изменения приоритетов в тематике института. Бывшие члены ГИРД надеялись, что их неформальный лидер Королёв поможет восстановить справедливость: поддержит их притязания на приоритетное положение в тематических планах института. Часть сотрудников, из числа недовольных своим положением, уволилась из института.

В этой обстановке в конце мая 1934 г. Королёв направил М.Н. Тухачевскому письмо, в котором жёстко критиковал методы руководства Клеймёнова, его предпочтение работам Лангемака по пороховым снарядам и обвинял в развале работ по жидкостной тематике. Особый гнев у Королёва вызвало решение Клеймёнова об увольнении Л.К. Корнеева, *"являющегося, кстати сказать, в СССР единственным специалистом по кислородным реактивным двигателям. Таким образом, с уходом сегодня-завтра из РНИИ инженера Корнеева закрываются все работы над жидкостными объектами, т.к. только он давал для них моторы. Моторы т. Глушко (Ленинград) оказались непригодными по своим данным для установки их на летающие объекты"*.

Последнее заявление явно не соответствовало действительному положению дел: у Глушко к этому времени двигатели ОРМ-50 и ОРМ-52 успешно прошли полный цикл стендовой отработки, были приняты комиссией с участием военных, а двигатель ОРМ-50 прошёл 5 огневых и стендовых испытаний в составе разработанной в ГИРД ракеты "05", о чём Королёв не мог не знать. В оправдание столь странного утверждения Королёва сделаем предположение, что он имел в виду кислородные двигатели, но в таком случае так и нужно было писать.

Заканчивалось письмо рядом предложений, главным из которых было создание комиссии для расследования положения дел в РНИИ.

В результате этого письма, а также других многочисленных писем в партийные органы были назначены комиссии для выяснения обстановки и урегулирования отношений между сотрудниками РНИИ для улучшения морального климата в коллективе.

Октябрьский райком партии г. Москвы заслушал секретаря парткома и директора института и *"указал"* Клеймёнову на *"недопустимые методы"* работы, которые *"создали обстановку паники и бегства из института лучших инженеров"*. О Королёве, не состоявшем в партии, в решении не упоминалось.

Другие выводы сделала комиссия Управления военных изобретений, курирующая РНИИ от РККА. В августе 1934 г. М.Н. Тухачевскому было доложено предложение уволить Королёва из института, так как *"по мнению райкома, оставление их обоих* (Королёва и Клеймёнова - В.Р.) *в РНИИ хотя бы на короткое время послужит продолжением нездоровой обстановки в институте. Тов. Куйбышев Н.В. временно предложил оставить Королёва на работе в РНИИ"*. (Н.В. Куйбышев - начальник военно-морской инспекции ЦКК).

Вынесенные решения должны были охладить обе конфликтующие стороны, но жизнь показала, что огонёк взаимной неприязни продолжал тлеть все годы их совместной работы.

В работе Глушко после его перехода в РНИИ тоже всё шло не очень гладко. В его секторе № 2 "Азотнокислотные ЖРД" работал упомянутый выше Корнеев, который в ГИРД после смерти в феврале 1933 г. Цандера возглавил конструкторскую бригаду по разработке кислородных ЖРД. Разница во взглядах на выбор ракетного топлива усугублялась их характерами и степенью подготовленности к научно-исследовательским работам. Несмотря на то, что кислородные "моторы", упомянутые в письме Королёва в адрес Тухачевского, не получили практического применения, Корнеев в своих письменных обращениях к Клеймёнову и в партком института требовал выделения работ по кислородным двигателям в отдельное подразделение под его руководством, но не получив положительного решения, уволился из РНИИ. После этого он в инициативном порядке на дому вместе с несколькими уволившимися из РНИИ гирдовцами занимался проектированием ракетных снарядов дальнего действия и одновременно бомбардировал своими письмами УВИ, М.Н. Тухачевского, И.В. Сталина и добился в середине 1935 г. организации КБ-7 при ГАУ РККА под своим руководством. Карьера Корнеева в качестве главного конструктора ракет дальнего действия завершилась в 1939 г. За бесплодность КБ, очковтирательство и финансовые нарушения он был арестован, а коллектив КБ-7 присоединён к НИИ-3. Целесообразность дальнейшего использования тематического наследия КБ-7 дважды обсуждалось на НТС НИИ-3, продолжение работ было признано бесперспективным, т.к. *"использование жидкого кислорода ставит под сомнение применение таких работ для целей обороны страны"*.

Конфликт между Глушко и Корнеевым нельзя воспринимать как личные отношения двух человек с неуживчивыми характерами. Этот конфликт имел научно-техническую основу: каким двигателям - кислородным или азотнокислотным - отдать предпочтение в дальнейших работах. Ответ на этот вопрос имел принципиальное значение, т.к. он определял перспективу развития отечественной ракетной техники.

В связи с важностью такого решения сделаем некоторое отступление от хронологического изложения и рассмотрим исторические истоки выбора топлива в ГИРД и ГДЛ, а также роль и значение влияние топлива на эффективность ракеты.

От используемого топлива во многом зависят основные характеристики ракеты - полётная дальность, масса доставляемого груза, удобство эксплуатации, надёжность работы двигателей и т.д. Поэтому рациональный выбор топлива при разработке жидкостных ракет имеет одно из первостепенных значений. Однако дать единый обобщающий критерий для сравнительной оценки различных топлив, учитывающих различные области применения ракет и их условий работы, не представляется возможным. Топливо, имеющее преимущество по одному или группе признаков, может оказаться малопригодным в других условиях. Поэтому при выборе топлива основываются на части тех его характеристик, которые явля-

ются наиболее важными для выполнения задачи, решаемой в данном конкретном случае ракетой.

В ракетном топливе окислитель по массовому количеству в несколько раз превышает массу горючего. Поэтому тип ракетного топлива принято определять по используемому окислителю. Чаще всего в качестве окислителя используется жидкий кислород и азотнокислотные химические соединения, а в качестве горючего - углеводороды - керосин и НДМГ. Поскольку разногласия у ГИРД и ГДЛ вызывало использование кислорода или азотной кислоты, ограничимся рассмотрением только этих окислителей.

Кислород является самым распространённым окислителем в природе. Это благодаря его наличию в составе земной атмосферы происходит горение различных веществ. Да и сам процесс горения - это окисление другого химического элемента с выделением тепла и света. Практически все тепловые двигатели, исключая атомные реакторы, основаны на использовании кислорода, как содержащегося в воздухе, так и находящегося в химически связанном состоянии с другими элементами (азотная кислота, её окислы и т.д.). Выбор работниками ГИРД кислорода в качестве окислителя определяли условия работы этой группы. Не имея достаточного финансирования, определяющим для выбора компонентов топлива стала доступность их приобретения. Кислород получали конденсацией из воздуха на многих предприятиях Москвы, а концентрированная азотная кислота в Москве не производилась. В связи с этим для запуска двигателя ОРМ-50 в составе разработанной в ГИРД ракеты "05" Глушко в 1932 г. пытался доставить из Ленинграда в вагоне "Красной стрелы" 25-литровую бутыль с азотной кислотой, но был удалён из вагона и имел неприятности за нарушение техники безопасности при перевозке ядовитых и агрессивных веществ.

Другой причиной неиспользования ГИРД азотной кислоты была её химическая активность, требующая применения стойких в кислоте материалов, что для ГИРД создавало дополнительные трудности в поиске нужных материалов. Неудобство в эксплуатации жидкого кислорода воспринималось как неизбежное обстоятельство, сопутствующее работам с криогенным веществом. О повышенном удельном импульсе тяги при использовании кислорода по сравнению с азотной кислотой в технических отчётах того времени не упоминается, до таких изысков в самом начале работ с ЖРД дело не доходило.

В отличие от ГИРД, где занимались только изготовлением ракет по собственным проектам, Глушко наряду с разработкой конструкции ЖРД вёл научно-исследовательские работы по выбору высокоэффективного ракетного топлива, отвечающего требованиям как по энергетике, так и по условиям эксплуатации. Из широкого ряда сочетаний различных химических веществ, включая кислород с авиационным бензином, Глушко отдал предпочтение топливной паре азотная кислота и тракторный керосин. Первоначально выбор такого топлива был сделан из условий обеспечения работоспособности конструкции камеры сгорания. В отчёте о проведённых работах в 1932 г. Глушко записал: *"При сжигании топлива состава жидкий кислород + авиационный бензин в камере сгорания развивается столь высокая температура, что ей не могут противостоять стальные стенки камеры ... и необходимо их защищать с помощью термоизоляции, а в случае недостаточности этого средства прибегнуть ещё и к динамическому охлаждению топливом. Реактивный мотор, работающий на азотной кислоте, не нуждается ни в термоизоляции, ни в наружном охлаждении топливом, при условии, что в камере сгорания отсутствуют острые выступы, кромки и тому подобные места"*. И хотя в дальнейшем по мере повышения рабочих параметров ЖРД Глушко применял в своих конструкциях и теплостойкое покрытие, и наружное охлаждение камеры и сопла компонентами топлива, азотная кислота в сочетании с керосином стали основным топливом в его разработках двигателей.

Не оставался в стороне от выбора оптимального топлива и идеолог применения жидкостных ракет - Циолковский. Он на протяжении всей своей творческой жизни проводил теоретический поиск оптимального ракетного топлива. Постепенно вектор его оценки различных химических веществ смещается от высокой энергетической эффективности в сторону эксплуатационной пригодности. В работе *"Топлива для ракеты"* (написана в 1932-1933 гг.) он приводит рекомендации по применению ракетного топлива:

"1. Водород не годен по малой плотности и трудности хранения в жидком виде.

2. В качестве горючего пригодны жидкие углеводороды с высокой температурой кипения: спирты, эфиры, бензол, нефтепродукты - керосин и другие, тем более, что они дёшевы.

3. Употребление жидкого кислорода представляет неудобства из-за затруднения при его хранении.

4. Для замены кислорода более всего подходит азотный ангидрид".

К теоретическим рекомендациям такого авторитета как К.Э. Циолковский, безусловно относились с должным вниманием и уважением, но для принципиального выбора направления практических работ по ЖРД этого было недостаточно.

Увольнение Корнеева не привело к прекращению работ по кислородным двигателям. Эту тематику активно пропагандировали и настаивали на продолжении работ более авторитетные сотрудники РНИИ - А.Г. Костиков, М.К. Тихонравов, Л.С. Душкин.

Л.С. Душкин

А.Г. Костиков

Выбор топлива для ЖРД неоднократно обсуждался на заседаниях техсовета института. На очередном заседании в октябре 1936 г. были заслушаны доклады Тихонравова по кислородным двигателям и Глушко - по азотнокислотным. Поскольку уже в который раз дискуссионным путём определиться с выбором топлива не удавалось, было принято решение провести тестирование этих двигателей огневыми испытаниями по единой программе. Испытания проводились комиссионно.

Кислородно-спиртовый двигатель РД-12/к, разработанный Душкиным на базе двигателя ОР-2 конструкции Цандера, разрушился при первом же пуске из-за недостаточного охлаждения камеры сгорания. А испытание азотнокислотного двигателя ОРМ-52 конструкции Глушко прошло успешно. В заключении о результатах огневого испытания этого двигателя комиссия отметила, что *"двигатель пригоден для повторного пуска... Полученные результаты следует оценить как перевыполнение самых основных пунктов технических требований на мотор... Полученные результаты ставят азотный двигатель в преимущественное положение по сравнению со всеми прочими ракетными двигателями на жидком топливе"*.

Такой исход сравнительных испытаний позволил Клеймёнову сделать выбор в пользу азотнокислотного топлива и он приказом по институту закрыл кислородную тематику. Однако это решение, сделанное по результатам объективного тестирования работоспособности двигателей, вызвало негативную реакцию у сторонников кислородных ЖРД. Спустя много лет разработчик испытываемого кислородного двигателя РД-12/к Л.С. Душкин в своём заявлении от 20.02.1989 г. в ЦК КПСС, АН СССР и МО СССР отметил: *"Эта неоправданная акция руководства РНИИ встретила бурное возмущение со стороны видных специалистов института"*.

Кроме выявленного преимущества в работоспособности азотнокислотных двигателей, Клеймёнов учитывал и малопригодность использования жидкого кислорода в боевых ракетах. Анализируя

боеготовность ракетного вооружения, И.Т. Клеймёнов писал в Наркомат обороны: *"Время на подготовку ракеты к пуску зависит от того, насколько совершенна её конструкция. Это время, вообще говоря, можно довести до очень небольшого промежутка и произвести пуск в любом месте. Что касается жидкого кислорода и других низкокипящих жидкостей, то применение их в качестве топливных компонентов для боевых аппаратов абсолютно исключается из-за эксплуатационных трудностей"*.

С позиции сегодняшних технических достижений абсолютность утверждения может быть подвергнута критике, но сама оценка использования низкокипящих жидкостей для боевых ракет правильная. В 1936 г., подводя некоторые итоги расчётно-экспериментальным исследованиям применения различных компонентов топлива в ЖРД, Глушко в курсе лекций *"Жидкое топливо для реактивных двигателей"*, прочитанных в Военно-воздушной академии, расширил свои взгляды на преимущества применения высококипящих топлив: *"Если учесть высокую температуру, развивающуюся в камере сгорания двигателя при употреблении кислорода, и трудности, связанные с транспортировкой, хранением и употреблением сжиженных газов, то все преимущества окажутся на стороне азотного тетроксида и ему подобных тяжёлых и высококипящих окислителей"*. Одновременно с такими выводами в том же курсе лекций Глушко допускает возможность использования жидкого кислорода: *"Не разделяя категорического мнения К.Э. Циолковского о непригодности жидкого кислорода, мы допускаем, что его использование в ракетной практике не исключается в некоторых случаях особого характера. [...] Однако необходимо иметь в виду, что в условиях боевого применения жидкого кислорода остро скажутся его эксплуатационные недостатки. Мы допускаем использование жидкого кислорода в ракетной практике тогда, когда его эксплуатационные недостатки не являются определяющими"*.

Солидарен с Глушко в этом вопросе в тот период времени был и С.П. Королёв. В выпущенной им в 1934 г. книге *"Ракетный полёт в стратосфере"* он указывает: *"Работа с жидким кислородом...сопряжена с целым рядом серьёзных затруднений и требует большой осторожности"*. Позднее, в одном из выступлений на техсовете института он неожиданно для бывших гирдовцев заявил: *"В настоящее время объекты с азотной кислотой выгоднее, чем с кислородом"*. Более обстоятельно такой же вывод он сделал в начале 1938 г. В *"Тезисах доклада по объекту 318 "Научно- исследовательские работы по ракетному самолёту"* он писал: *"В настоящее время можно считать, что в основном проблема создания азотного ракетного двигателя тягой 150 кг и удельной тягой 200-210 кг.с/кг решена* (приведённые параметры и время написания тезисов указывают на двигатель конструкции Глушко ОРМ-65 - В.Р.). *Применение кислородных двигателей с точки зрения полётных данных оправдывается в том случае, если удельная тяга у них будет на 20-25 % больше удельной тяги азотных двигателей (при одинаковых давлениях подачи). [...] Для выяснения возможного применения его* (кислородного двигателя - В.Р.) *для военного варианта требуется дополнительное тактико-техническое исследование"*.

Положительное отношение Королёва к азотнокислотным ЖРД не осталось без внимания у сторонников кислородных двигателей. В упомянутом заявлении Душкина от 20.02.1989 г. отмечено, что Королёв подвергался резкой критике *"...за измену коллективу бывшего ГИРД в деле развития работ по кислородным ЖРД и летательных аппаратам с ними"*.

На фоне ностальгических воспоминаний Душкиным истории прекращения работ в НИИ-3 по кислородным двигателям невольно вспоминаются изменения во взглядах апологетов использования кислорода, когда они получили государственный заказ на разработку двигателей. Это произошло после ареста в 1938 г. Глушко. Работы по ЖРД в НИИ-3 возглавил Душкин, который при поддержке А.Г. Костикова, ставшего одним из руководителей института, продолжил разработку двигателей для ракетоплана РП-318, ближнего истребителя БИ-1 и для реактивного перехватчика (проект "302") с использованием азотной кислоты. Увлечение жидким кислородом испарилось подобно этому криогенному компоненту топлива с появлением первого же задания разработать двигатель для реального летательного аппарата. В техническом отчёте за 1942 г. об отработке двигателя Д-1-А-1100 для самолёта-перехватчика БИ-1, подписанным Душкиным и Тихонравовым, утверждённым Костиковым, указано: *"В качестве компонентов топлива для двигателя приняты тракторный керосин (горючее) и крепкая азотная кислота (окислитель). Эти компоненты топлива одновременно используются и для охлаждения двигателя. Выбор данного топлива объясняется освоенностью и доступностью его эксплуатации, а также пригодностью для длительного хранения в баках самолёта без потерь на испарение в противовес жидкому кислороду, что имеет существенное значение при эксплуатации объекта в боевых условиях"*. Эксплуатационные требования, предъявляемые к реактивному вооружению, оказались важнее их научных воззрений на состав ракетного топлива.

БИ-1 с ЖРД

Сделав это отступление, вернёмся к хронологической последовательности изложения событий. В 1936 г. под руководством Глушко был разработан двигатель ОРМ-65, который по плану института предназначался для разрабатываемой Королёвым крылатой ракеты (аэроторпеды) "212", стартующей с земли с помощью катапульты. Двигатель ОРМ-65 прошёл весь комплекс стендовых огневых испытаний, в процессе которых в его конструкцию многократно вносились усовершенствования. В конце стендовой отработки в ноябре 1936 г. состоялись комиссионные приёмочные испытания. В состав комиссии входили Лангемак, Глушко, Костиков, Королёв, Душкин и Шитов. В заключении о завершении отработки комиссия записала, что *"по всем показателям, кроме веса, предъявленный двигатель удовлетворяет с превышением предъявленным к нему тактико-техническим требованиям, двигатель теперь же может быть введён в эксплуатацию на ракетных аппаратах"*.

В годовом отчёте РНИИ за 1936 г. указано: *"Отработан и сдан в эксплуатацию первый советский ракетный мотор на жидком топливе тягой в 150 кг. Мотор предназначается для установки на ракетах и торпедах, разрабатываемых в РНИИ. Таким образом, создана база разработки воздушных торпед по борьбе с воздушным противником"*. За выполнение этой работы Глушко приказом Наркома оборонной промышленности от 22 марта 1937 г. был премирован.

Сравнивая ОРМ-65 по техническим характеристикам с разработанными к началу 1937 г. ЖРД Р. Годдардом в США и двигателями для ракет "Мирак" и "Репульсор" Р. Небелем и К. Риделем в Германии, есть все основания утверждать, что в те годы двигатель Глушко был лучшим в мире.

Удачным 1936 г. был и для Королёва. Напомним, что Королёв пришёл в 1931 г. к Цандеру с предложением построить ракетный летательный аппарат и первым в СССР осуществить на нём полёт.

Р. Годдард

К. Ридель осматривает «Репульсор»

СК-9 в полёте

И все последующие годы он носил в себе это неутолённое желание. Работая в РНИИ, он несколько раз пытался включить в план работы института разработку пилотируемого ракетоплана (РП). И, наконец, его желание исполнилось, в тематическом плане института на 1936 г. была поставлена разработка эскизного проекта РП. В основе конструкции РП Королёв использовал построенный им в 1935 г. двухместный планер СК-9. Наметилось и решение с двигателем для РП: в план НИИ-3 (так с 1937 г. стал называться РНИИ) на 1937 г. была включена тема: *"Научно-исследовательские работы по применению ракетного двигателя для полётов на больших высотах"*.

С целью сокращения сроков выполнения этой работы Королёв использовал в качестве первого варианта спортивный планер СК-9 и двигатель ОРМ-65. Первое наземное огневое испытание ракетоплана "318-1" с двигателем состоялось в декабре 1937 г., затем последовало ещё 20 пусков. В отчёте о завершении испытаний Королёв записал: *"Отработка запуска двигателя... происходила без каких-либо неполадок и отказов. [...] Отработку запуска двигателя на ракетоплане "318-1" считать законченной"*. Всего в 1937-1938 гг. было проведено 30 наземных испытаний двигателя ОРМ-65 в составе ракетоплана "318-1" и 15 испытаний в составе крылатой ракеты "212", из них два в полёте.

И Глушко, и Королёв вышли на новый рубеж своей творческой работы, перед ними стояли новые задачи и они были полны сил и энтузиазма совместными усилиями их успешно решать. Но дальнейшую их жизнь можно охарактеризовать поговоркой в несколько изменённом виде: *"Человек предполагает, а власть располагает"*.

На календаре был 1938 год...

(Продолжение следует.)

Научно-Промышленная Корпорация
ДЕЛЬТА-ТЕСТ

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

СДЕЛАНО В РОССИИ

- **Новая конструкция станины и базовых механизмов,** в том числе обеспечивающая 4-х кратное повышение жесткости скоб станка* для высокой точности и стабильности реза даже на черновых режимах (с прокачкой искрового промежутка водой под высоким давлением)
- **Усовершенствованный высокопроизводительный генератор технологического тока АРТА - 5МС2** прямоточного типа*
- **Новый гидроагрегат АРТА - СВ40**** компактного исполнения с многоуровневой системой фильтрации и увеличенной мощностью прокачки (общая занимаемая площадь «станок + гидроагрегат» 3,9 м2)

* относительно модели-предшественника АРТА 450 ПРО
** опциональное (дополнительное) оснащение

Россия, 141190, Московская область, город Фрязино,
Заводской проезд, 4; +7 (495) 995 09 68,
+7 (49656) 471 44, 494 55 / www.EDM.ru / arta@edm.ru

АРТА®
ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ СТАНКИ И ТЕХНОЛОГИИ

НОВИНКА Электроэрозионный проволочно-вырезной станок АРТА 453 ПРО
(максимальные габариты детали 420 х 300 х 150 мм)

ТАНКИ
ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)

(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-3 - 2015)

Т-100 с пушкой Л-10

Т-100. В предыдущем номере журнала был показан танк СМК - один из двух экспериментальных советских двухбашенных тяжёлых танков. Одновременно с ним создавался Т-100, который отличался от СМК типом подвески и вооружением. Первоначально Т-100 должен был иметь главную башню с 76-мм пушкой и две малые башни с 45-мм танковыми пушками. Но при толщине брони 60 мм масса танка превысила 57 т, и поэтому от второй малой башни отказались. В конце лета 1939 года начались совместные заводские и полигонные испытания, которые завершались уже в боевых условиях советско-финской войны.

Корпус танка имел коробчатую форму и собирался из листов катаной брони толщиной 60 мм, соединявшихся сваркой, клёпкой и болтами.

Обе орудийные башни были литыми и имели коническую форму.

76-мм танковая пушка Л-10 (перед отправкой на фронт была заменена на более мощную 76-мм пушку Л-11) устанавливалась в главной башне и могла вести круговой обстрел. В малой башне находилась 45-мм танковая пушка 20-К. Огонь мог вестись в пределах 245 градусов.

Боекомплект: 120 выстрелов для 76-мм орудия и 393 - для 45-мм.

Пулемётное вооружение - три 7,62-мм пулемёта ДТ с боекомплектом 4284 патрона в 68 дисковых магазинах по 63 патрона в каждом.

На Т-100 устанавливался V-образный 12-цилиндровый карбюраторный четырёхтактный двигатель ГАМ-34 жидкостного охлаждения мощностью 850 л.с. при 1850 об/мин.

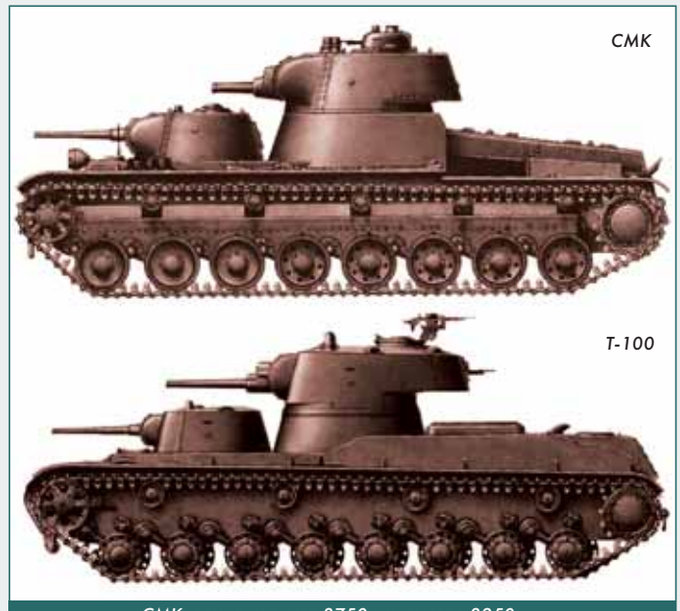
Подвеска танка - индивидуальная, с листовыми рессорами без амортизаторов. Ходовая часть одного борта: 8 двускатных опорных катков, 5 двускатных поддерживающих катков, ведущее колесо заднего расположения со съёмными зубчатыми венцами и литое направляющее колесо. Удельное давление на грунт - 0,86 кг/см^2.

Первый бой Т-100 принял в декабре 1939 г. вместе с СМК и КВ. В этом бою Т-100 получил не менее семи попаданий снарядами противотанковых пушек, но броня не была пробита. В последующих боях танк получил ещё 14 попаданий, результат тот же.

После окончания Финской войны Т-100 вернулся обратно на завод, где был полностью заменён двигатель и произведён лёгкий ремонт танка.

В отчёте по испытаниям отмечалось, что танк Т-100 полностью соответствует заданным ТТХ. Отмечались отдельные недостатки. Тем не менее, комиссией было признано нецелесообразным рекомендовать Т-100 к принятию на вооружение т.к. танк КВ превосходил Т-100 по основным ТТХ, кроме того на КВ уже устанавливался дизель

Т-100 с пушкой Л-11



СМК

Т-100

СМК: длина корпуса 8750 мм, высота 3250 мм
Т-100: длина корпуса 8495 мм, высота 3430 мм

Т-100-Y

С утратой интереса АБТУ РККА к многобашенным танкам СМК и Т-100 руководители завода N 185 были не согласны, так как, по их мнению, двухбашенный Т-100 может быть вооружен 45-мм и 152-мм пушками, тогда как КВ - только или 76-мм, или 152-мм. Кроме того, на Т-100 можно установить 130-мм морское орудие, чего на КВ сделать нельзя. Они же пытались добиться принятия на вооружение Т-100 и Т-100Z (со 152-мм гаубицей М-10 в главной башне), но безуспешно.

Тем не менее, опыт боев в Финляндии продиктовал необходимость разработки специальных машин, в т.ч. инженерного танка противоснарядного бронирования, которые предназначались для выполнения задач по эвакуации поврежденных танков, наводке мостов, перевозке саперов и взрывчатки. Лучше всего для этого подходил танк Т-100, на базе которого и началось проектирование инженерной машины. Но уже в ходе работы задание было скорректировано - потребовалась машина со 152-мм (или другого калибра) пушкой с большими начальными скоростями для борьбы с ДОТ. Последовало встречное предложение руководства завода №185 - установить 130-мм морскую пушку. В январе 1940 года чертежи новой машины, получившей обозначение Т-100-Х, были переданы на Ижорский завод.

Для Т-100-Х была спроектирована рубка клиновидной формы с 130-мм морской пушкой Б-13, скорострельность которой достигала 4 выстр./мин. Подвеска машины стала новой - торсионной. В ходе изготовления форма рубки была изменена - самоходная установка получила индекс Т-100-Y (игрек). 14 марта 1940 г. самоходка совершила свой первый выезд. Благодаря карбюраторному двигателю мощностью 890 л.с. 64-тонная машина могла развивать максимальную скорость до 32 км/ч.

Экипаж состоял из 6 человек

Многоканальность вооружения, проявившаяся на танках Т-28 и Т-35 и на ряде зарубежных образцов, была порождена идеей - обеспечить танку возможность самостоятельно и успешно бороться с различными противостоящими боевыми средствами противника. Танк должен был своим огнем прокладывать себе дорогу. Но оказалось, что командир танка не в состоянии одновременно управлять огнём со всех башен, а сами стрелки не могли определить наиболее опасную цель и вести по ней огонь

КВ с двумя спаренными пушками

Танк КВ. К проектированию этого танка приступили в конце 1938 года, когда стало понятно, что наличие нескольких башен не только не является преимуществом, но и не позволяет применить достаточно толстую броню, да и маневренность невысокая. Первый экземпляр танка был изготовлен на Ленинградском Кировском заводе (ЛКЗ) в августе 1939 года, а в конце ноября вместе с танками СМК и Т-100 отправился на финский фронт. Первый бой КВ принял 17 декабря при прорыве Хоттиненского укрепрайона линии Маннергейма. Ни одна противотанковая пушка противника танк КВ так и не поразила. 10 декабря (!) танк КВ был принят на вооружение.

Серийное производство танков КВ началось в феврале 1940 года на Кировском заводе, в декабре этого же года первый КВ был собран и на Челябинском тракторном заводе. В 1940 году было построено 243 КВ-1 (индекс "1" появился позднее, с появлением КВ-2).

КВ-1 был первой боевой машиной, воплотившей в себе самые передовые идеи того времени: индивидуальную торсионную подвеску, надёжное противоснарядное бронирование, дизельный двигатель и одно мощное универсальное орудие в рамках классической компоновки.

Броневой корпус танка сваривался из катаных броневых плит толщиной 75, 40, 30 и 20 мм. Броневые плиты лобовой части машины устанавливались под углами. Башня серийных КВ выпускалась в трёх вариантах: литая, сварная с прямоугольной нишей и сварная с закруглённой нишей. Толщина брони у сварных башен была 75 мм, у литых — 95 мм, так как литая броня была менее прочной.

Механик-водитель располагался по центру в передней части, слева от него находился стрелок-радист. Три члена экипажа располагались в башне: слева от орудия - наводчик и заряжающий, а справа - командира танка.

На танках первых выпусков устанавливалась пушка Л-11 калибра 76,2 мм. Исходный проект предусматривал установку ещё и спаренную с ней 45-мм пушку 20К. Но уже на прототипе, направленном на Карельский перешеек, 45-мм пушку сняли и установили вместо неё пулемёт ДТ-29. Впоследствии пушку Л-11 заменили на 76-мм орудие Ф-32 с аналогичной баллистикой.

На танке устанавливались три 7,62-мм пулемёта ДТ-29: спаренный с орудием, а также курсовой и кормовой в шаровых установках. Боекомплект ко всем ДТ составлял 2772 патрона.

На КВ-1 оснащался четырёхтактным V-образным 12-цилиндровым дизельным двигателем В-2К мощностью 500 л.с. (382 кВт) при 1800 об./мин. Пуск двигателя обеспечивался стартером СТ-700 мощностью 15 л. с. (11 кВт) или сжатым воздухом. Основные топливные баки объёмом до 615 л располагались в боевом и моторно-трансмиссионном отделении. Запас хода - 225 км.

Подвеска машины — индивидуальная торсионная с внутренней амортизацией для каждого из 6 штампованных двускатных опорных катков малого диаметра по каждому борту. Напротив каждого опорного катка к бронекорпусу приваривались ограничители хода балансиров подвески. Ведущие колёса со съёмными зубчатыми венцами цевочного зацепления располагались сзади, а ленивцы — спереди. Верхняя ветвь гусеницы поддерживалась тремя малыми обрезиненными катками по каждому борту. На танк устанавливались радиостанция 71-ТК-3 и внутреннее переговорное устройство ТПУ-4-Бис на 4 абонента

Компоновка КВ

КВ-1 с пушкой Ф-32

КВ-2 из установочной партии 1940 года

Эта машина была разработана конструкторским бюро ЛКЗ в январе 1940 года, а в феврале 1940 года официально принята на вооружение. Серийно КВ-2 выпускался на ЛКЗ до июля 1941 года. Всего было построено 204 машины.

Корпус сваривался из катаных броневых плит толщиной 75, 40, 30 и 20 мм.

Башня серийных КВ-2 выпускалась в двух вариантах: первоначальная установка МТ-1 и более поздняя «пониженная» башня меньшей массы. Оба варианта башен сваривались из катаных броneплит, их толщина брони равнялась 75 мм.

На КВ-2 устанавливалась 152-мм танковая гаубица М-10Т обр. 1938/40 гг. Вертикальные углы наводки гаубицы были от -3 до +18°. Боекомплект орудия составлял 36 выстрелов раздельного заряжания. Выстрелы (снаряды и метательные заряды в гильзах) укладывались в башне и вдоль обоих бортов боевого отделения. На серийном танке КВ-2 устанавливались три 7,62-мм пулемёта ДТ: спаренный с орудием, а также курсовой и кормовой в шаровых установках. Боекомплект ко всем ДТ составлял 3087 патронов.

Механик-водитель и стрелок-радист располагались в передней части бронекорпуса как и на КВ-1. Четыре члена экипажа располагались в башне: слева от орудия были места наводчика и заряжающего, а справа — командира танка и помощника заряжающего. Посадка и выход экипажа производились через кормовую дверцу башни и два круглых люка: один в башне на месте командира и один в корпусе на месте стрелка-радиста.

КВ-2 оснащался четырёхтактным V-образным 12-цилиндровым дизельным двигателем В-2К мощностью 500 л.с. (впоследствии 600 л.с.).

Механическая трансмиссия и подвеска танка КВ-2 были аналогичны КВ-1 и имели все её достоинства и недостатки.

Командир машины имел единственный смотровой прибор в башне — панораму ПТК. Механик-водитель в бою вёл наблюдение через смотровой прибор с триплексом, который защищался броневой заслонкой.

Для ведения огня КВ-2 оснащался двумя орудийными прицелами — телескопическим ТОД-9 для стрельбы прямой наводкой и перископическим ПТ-9 для стрельбы с закрытых позиций.

Коротковолновой радиостанцией 71-ТК-3 оснащались все танки КВ-2

Башня КВ-2 с наклонными (слева) и прямыми (справа) скуловыми броneплитами. Башня с прямыми броneплитами имела меньшие высоту и массу

вместе. Еще одной проблемой было то, что прицельный огонь можно было вести только при остановке танка, а на требования каждого стрелка водитель не всегда мог отреагировать, т.к. в этом случае они сами становились мишенью. Дальнейшее наращивание массы для обеспечения необходимого бронирования было невозможно, танк и так имел солидную массу и из-за этого недостаточную маневренность. Конструктивные особенности не давали возможность установить пушку высокой баллистики калибра 76 мм и более.

Развитие противотанковой артиллерии привело к необходимости усиления броневой защиты, а неизбежность прямого столкновения танков противоборствующих сторон потребовало установить мощную пушку высокой баллистики. Все эти факторы привели к отказу от многоканальности вооружения и переходу к танкам однобашенной компоновки.

Наряду с рассмотренными типами танков в Красной Армии получили развитие и малые танки. Сначала (1931 г.) это была танкетка Т-27 (за прототип взята английская машина "Карден-Ллойд"), затем она уступила место плавающим образцам с вооружением (пулеметом) во вращающейся башне (Т-27 таковой не имела). В 1933 г. появился танк Т-37, в 1936 г. - Т-38. Эти машины разрабатывались на Московском машиностроительном заводе (№ 37) под руководством главных конструкторов Н.Н. Козырева и затем Н.А. Астрова. Там же было налажено и их серийное производство. В конструкции этих машин широко использовались автомобильные агрегаты.

(Продолжение следует.)

Танкетка Т-27. Взяв за основу английскую танкетку "Карден-Лойд" Мк VI, было решено её усовершенствовать и наладить серийный выпуск.
Была усилена бронезащита, установлены крыша и откидные бронеколпаки над местами водителя и стрелка. Мотор, коробка передач и дифференциал были заимствованы от автомобиля ГАЗ-АА. В результате масса и габаритные размеры танкетки увеличились.
Т-27 приняли на вооружение в феврале 1931 года, еще до появления опытного образца. Серийное производство начали в конце года и прекратили спустя два года, после выпуска 3328 машин.
Т-27 предполагалось применять для разведки, связи и сопровождения в бою танков, но в результате танкетки передали в кавалерийские дивизии для разведки и сопровождения конницы.
У танкетки Т-27 трансмиссионное отделение находилось в передней части корпуса, в средней части размещался двигатель, а в кормовой - экипаж танкетки, который состоял из 2 человек: командира, являющегося по совместительству пулеметчиком, и механика-водителя. Командир размещался в правой части корпуса, а механик-водитель - в левой. Из-за тесноты в экипаж отбирались низкорослые красноармейцы.
Бронезащита Т-27 изготавливалась путем болтовых и заклепочных соединений стальных листов гомогенной катаной брони между собой и крепления их на уголковый каркас. Толщина броневого листа в основном составляла 10 мм, а у колпаков лобовой части - всего 6 мм.
Вооружение Т-27 состояло из 7,62-мм пулемёта ДТ, установленного в передний щиток корпуса с правой стороны. Боекомплект к пулемёту ДТ состоял из 2520 патронов (позднее его снизили до 1764 патронов).
В качестве силовой установки танкетки Т-27 использовался четырёхтактный карбюраторный 4-цилиндровый двигатель с жидкостным охлаждением мощностью 40 л.с., что позволяло танкетке развивать максимальную скорость при движении по шоссе до 40 км/ч.
Механическая трансмиссия танкетки Т-27 состояла из: однодискового сухого сцепления, механической 4-ступенчатой коробки передач (4 передачи переднего хода и одна заднего), механизма поворота (обеспечивал поворот машины на месте), дифференциала с тормозами колодочного типа и двух бортовых редукторов.
Подвеска танкетки Т-27 состояла из шести тележек со сдвоенными опорными катками, двух направляющих колес заднего расположения, двенадцати опорных катков для наружной амортизации, двух ведущих колес с передним расположением и цевочным зацеплением, а так же двух мелкозвенчатых гусеничных цепей (ширина трака 150 мм)

На базе Т-27 была создана самоходно-артиллерийская установка Т-27М, на которую устанавливалась 37-мм пушка "Гочкис" с углами наведения по горизонтали в секторе 18° и по вертикали в диапазоне от -5° до +9°.
Наводка пушки как по вертикали, так по горизонтали производилась с помощью плечевого упора. Над пушкой в автономной установке размещался пулемет ДТ. Из-за малого забронированного объема машины большая часть боекомплекта перевозилась в специальном гусеничном прицепе. Ходовая часть машины применительно к одному борту состояла из трех тележек с двумя обрезиненными опорными катками в каждой. Передняя тележка - балансирная, с осью в раме гусеничного движителя. Две задних тележки объединялись рессорой в каретку, которая крепилась к поперечной трубе. Два обрезиненных поддерживающих катка малого диаметра подвешивались на листовой рессоре.
Опытный образец самоходной установки Т-27М изготовили на заводе "Большевик" в мае 1932 года. В процессе испытаний, проводившихся на НИБТПолигоне, были выявлены многочисленные недостатки, в частности: невозможность использования прицела пушки для стрельбы из пулемета, недоработанность боеукладки, неудачная конструкция бронировки радиатора системы охлаждения двигателя, что приводило к его перегреву, затрудненное управление движением с места командира

На базе Т-27 была создана ещё одна самоходно-артиллерийская установка Т-27М, на которой пулемёт ДТ над пушкой не устанавливался.
Ходовая часть имела полужесткую подвеску с листовыми рессорами в качестве упругого элемента. Со стороны каждого борта устанавливались четыре обрезиненных опорных катка, сблокированных попарно в две каретки, оси которых закреплялись в раме движителя. По сравнению с опорными катками Т-27, катки самоходной установки имели увеличенный диаметр. Направляющее колесо было приподнято. С каждого борта имелось по два обрезиненных неподрессоренных поддерживающих катка.
Был изготовлен опытный образец этой самоходной установки в единственном экземпляре. Испытания показали, что и у него много недостатков. Работы по обеим установкам были прекращены

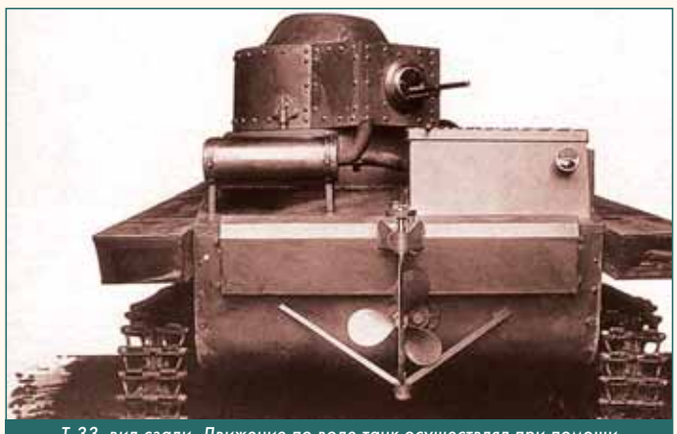
СУ-76. Слева - походное положение, внизу - боевое

В 1934 году на шасси Т-27 была спроектирована самоходная установка СУ-76. 76-мм полковая пушка образца 1927 года устанавливалась в кормовой части шасси Т-27. При стрельбе, для придания машине устойчивости, откидывались два сошника-упора. С целью уменьшения высоты линии огня до 1250 мм изменили компоновку моторного отделения машины - перенесли бензобак и радиатор системы охлаждения. Угол горизонтального наведения был возможен в секторе 36° без поворота машины. Угол вертикального наведения - от -3° до +35°. Из-за малых размеров машины в ней не удалось разместить ни полный орудийный расчет, ни боекомплект. Поэтому к СУ-76 придавалась еще одна машина, разработанная на базе танкетки Т-27 для перевозки расчета и боеприпасов. Машина оказалась перегруженной и не могла двигаться вне дорог. После изготовления в 1935 году трёх опытных образцов СУ-76 от данного проекта отказались

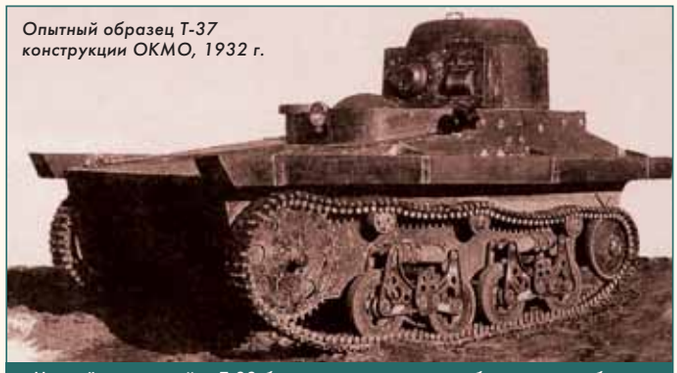
В 1935 году на военных маневрах демонстрировалось транспортирование по воздуху танкеток Т-27, подвешенных к тяжелым бомбардировщикам ТБ-3. Систему подвески разработал изобретатель А.Ф. Кравцев. С помощью этого устройства танкетки Т-27 не только подвешивались под самолетами, но и сбрасывались с малой высоты на землю

Т-33. Эксплуатация танкетки Т-27 в войсках показала, что она была достаточно простой и неприхотливой машиной. Однако опыт ее применения на учениях свидетельствовал, что для машин такого класса необходима вращающаяся башня (с установленным в ней вооружением - пулеметом). Обязательным для них считалась способность преодолевать водные препятствия на плаву.

В марте 1932 года был изготовлен и направлен на испытания опытный образец Т-33 "Селезень". Его корпус был изготовлен из неброневой стали. Двигатель АМО-3 (63 л.с.) и радиатор для него устанавливались вдоль правого борта. В передней части корпуса находилась трансмиссия, бортовые фрикционы и КПП (от автомобиля АМО-3). С левого борта располагались места экипажа, состоявшего из 2-х человек. Ближе к передней части находилось место механика водителя, для большего удобства которого подбашенная коробка была немного удлиненна. За ним размещался командир танка, обслуживавший единственный 7,62-мм танковый пулемет ДТ. Стрелковое вооружение устанавливалось в цилиндрической башне с круговым вращением. Поворот башни осуществлялся вручную. Корпус больше напоминал корпус танка A11E1, предложенного британской армии в 1932 г. Он сбирался методом клёпки из броневых листов толщиной от 4 до 9 мм и имел весьма угловатые формы. Поскольку внутреннего объема танка для поддержания его плавучести не хватало пришлось использовать бортовые деревянные поплавки с пробковым наполнителем, обитые жестью. В ходе испытаний танк развил скорость на дороге до 42 км/ч, а на плаву - 4 км/ч. Запас хода по шоссе - 165 км. Всего было изготовлено 8 танков, но в войска они не поступили



Т-33, вид сзади. Движение по воде танк осуществлял при помощи трехлопастного винта и руля направления, установленного в кормовой части корпуса. В апреле 1932 года танк был продемонстрирован высшему командному составу РККА. Наибольшее впечатление произвел "заплыв" Т-33 по Неве - танк уверенно шел среди больших льдин и без особого труда преодолел водную преграду



Опытный образец Т-37 конструкции ОКМО, 1932 г.

Но ещё до постройки Т-33 было принято решение об усилении работ по созданию плавающих танков и, помимо ленинградского ОКМО, к этой теме был привлечён 2-й автозавод Всесоюзного автотракторного объединения (ВАТО), уже выпускавший в то время бронетехнику для РККА - танкетки Т-27. В результате на 2-м автозаводе ВАТО под руководством Н.Н. Козырева построили плавающий танк Т-41 массой 3,5 т с использованием двигателя ГАЗ-АА (до освоения его производства на Горьковском автозаводе опытные машины оснащались импортным Ford-AA), который был основой силовой установки Т-27. Трансмиссия практически полностью заимствовалась от этой танкетки, а для отбора мощности на гребной винт к ней добавлялась жёсткая зубчатая муфта. Её конструкция для отключения винта требовала остановки танка и заглушения двигателя. Ходовая часть в определённой степени заимствовалась от Т-33, а гусеничные ленты - полностью от Т-27.

Ленинградские конструкторы также продолжили разработку малого плавающего танка и представили свой вариант под индексом Т-37 с тем же двигателем ГАЗ-АА, трансмиссией с широким использованием автомобильных комплектующих. Хотя на малую серию Т-41 был даже выдан заказ, по результатам длительных войсковых испытаний и он, и Т-37 оказались отвергнутыми армейскими представителями из-за большого количества разнообразных недостатков и недоработок

Т-37А

Учитывая опыт, накопленный при проектировании машин Т-41 и Т-37, Управление механизации и моторизации РККА приняло решение о разработке нового плавающего танка для принятия его на вооружение Красной армии, а Постановлением Совета труда и обороны СССР от 11 августа 1932 г., еще до изготовления опытного образца, на вооружение Красной армии был принят новый легкий плавающий танк, получивший обозначение Т-37А.

Предполагалось, что машина по компоновке будет аналогична Т-41, но с подвеской от танка Т-37. Отделение управления находилось в средней части танка и было объединено с боевым и моторным, трансмиссионное же отделение располагалось в носовой части. В кормовом отделении размещались системы охлаждения, топливный бак и привод гребного винта. Экипаж танка состоял из двух человек: механика-водителя, находившегося в левой части отделения управления, и командира, находившегося в смещённой к правому борту башне и выполнявшего также функции стрелка (в случае оснащения Т-37А радиостанцией — ещё и радиста).

Всё вооружение Т-37А состояло из 7,62-мм танкового пулемёта ДТ, устанавливавшегося в шаровой установке в лобовом листе башни.

В ходе серийного производства в конструкцию Т-37А вносилось множество изменений. Так, первоначально корпус танка собирались из брони толщиной 4, 6 и 8 мм, а с марта 1934 г. увеличили толщину лба и бортов с 8 до 10 мм. На Т-37А устанавливался 4-тактным рядным4-цилиндровым карбюраторным двигателем жидкостного охлаждения ГАЗ-АА мощностью 40 л.с. Рабочий объём двигателя составлял 3280 см^2. Силовой агрегат, выполненный в едином блоке с коробкой передач, размещался в отделении управления между местами командира и механика-водителя, со смещением к корме. Запас горючего обеспечивал машине дальность хода по шоссе до 230 км.

В 1935 г. ряд танков получили алюминиевые головки цилиндров, что позволило поднять на них мощность на 15...20 %.

Наряду с линейными танками с 1934 г. в производстве стоит также радийный танк, оснащенный радиостанцией 71-ТК.

Всего за 1932-1936 гг. было изготовлено 1909 линейных и 643 радийных танка Т-37А

"Н.В. Гоголь" - последний колесный пароход Советского Союза и России

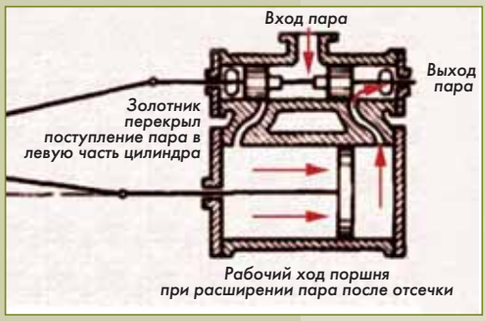
КОЛЕСНЫЕ ПАРОХОДЫ

НА ЗАРЕ ВЕКА ПАРА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

(Продолжение. Начало в №№ 1-3 - 2015)

Известно, что Д. Уатт определил единицу измерения мощности паровой машины, как 1 л.с. Известна и история с лошадью. Но в действительности дело обстояло несколько сложнее. В конце XVIII века конструкторы паровых машин уже поняли, что для повышения КПД пар в цилиндр машины нужно подавать только в начале рабочего цикла, до, например, 1/5 хода поршня. Затем клапан подачи пара перекрывался, и пар, расширяясь, завершал рабочий ход поршня. И все конструкторы, исходя из различных соображений, широко варьировали величиной "перекрыша" пара. Зачастую они находили правильное решение, проделав немало экспериментов.



Но к тому времени Д. Уатт предложил еще и формулу, по которой можно было рассчитать мощность паровой машины. В ней учитывалось среднее давление пара в цилиндре, которое определялось как разность давлений в момент впуска пара в цилиндр и в момент завершения рабочего хода. Допустим, пар подавался под давлением 9 англ. фунтов/квадратный дюйм. Затем подача пара прекратилась, и в конце рабочего хода давление упало до 2 фунтов. Значит среднее давление равно 7 фунт/дм^2. Отсюда вывод - чем выше среднее давление, тем больше мощность.

Затем в формуле учитывался диаметр цилиндра в дюймах; ход поршня в футах и частота вращения вала машины в об./мин. Со временем эта формула уточнялась, "обрастала" всевозможными коэффициентами. В результате, в литературе, когда речь заходила о мощности старинных паровых машин, допущено много ошибок и неточностей. К примеру, давление в паровых котлах измеряли количеством фунтов на квадратный дюйм, но в разных странах фунты были разными, хотя и слабо отличались по массе друг от друга. Например, английское давление 7 фунт/дм^2 в России уже будет равно 7,75 фунт/дм^2. Сам Д. Уатт определял 1 л.с. равной 550 фунт·фут/с, затем он преобразовал свою формулу и вместо оборотов, ввел в нее линейную скорость хода поршня с размерностью фут/мин., а также количество цилиндров машины. Формула получилась очень простой, но неточной, хотя во всех странах ее использовали многие изобретатели.

Памятник Уатту в Бирмингеме

Давление в фунтах на квадратный дюйм не удовлетворяло инженерный корпус по известным причинам. Поэтому позже его стали измерять в атмосферах: 1 атмосфера = 1 кг/см^2 тогда 1 фунт/дм^2 будет, приблизительно равен 0,07 атм. Так удалось достичь некоторого единообразия, но в печати также появились ошибки и неточности. И вот какие. Иногда в статьях единицу измерения давления давали как "а.т.а.", иногда - "а.т.и.". В чем тут разница? Если вам попал в руки документ, в котором говорится о давление пара в котле, равное, например, 15 а.т.а., то следует понимать, что это давление с учетом атмосферного давления. А сама аббревиатура расшифровывается - техническая атмосфера, абсолютная.

Но инженер знает, что если в котле нет давления, превышающего атмосферное, то и работы никакой произведено быть не может. Тогда и стрелка манометра должна быть на нуле. Теперь, если поднять давление в котле на одну атмосферу, то и манометр должен показать "1". Единица измерения в данном случае "а.т.и.", и эта аббревиатура читается как техническая атмосфера, истинная. Следовательно, 1 а.т.а = 0 а.т.и.

Оба манометра подключены к одной магистрали, но левый проградуирован в а.т.и., а правый - в а.т.а. Их показания отличаются на "1"

Попробуем продолжить "распутывать" клубок дальше. Предложенная Д. Уаттом формула была столь понятна и привлекательна своей простотой, что понравилась и деловым людям. Заказчики паровых машин и судов в своих контрактах и документах купли-продажи указывали мощность, рассчитанную по формуле Д. Уатта. Эта же мощность фигурировала в отчетах и донесениях должностных лиц. Так появились "номинальные лошадиные силы" или "нарицательные лошадиные силы", т.е. не соответствующие действительности. Это несоответствие особенно стало заметным при появлении двух-, трех- и четырёхцилиндровых паровых машин с двух- и трехкратным расширением пара.

Но особенно грешила формула Д. Уатта, когда появились машины высокого давления. 200 лет назад к машинам низкого давления относили машины, работавшие при давлении пара 40...50 фунт/дм^2; а двигатели, работавшие при давлении пара около 150 фунт/дм^2 относились к машинам высокого давления. Хотя, по нашим современным понятиям и пер-

Вот что бывает, если манометр не работает

вое давление (около 3 а.т.и.), и второе (10,5 а.т.и.) никак не назовёшь высокими. Такое деление было, во многом условно, но так было.

В середине XIX в. был изобретен индикатор - прибор, позволявший измерять величину работы пара в единицу времени в каждом цилиндре в отдельности. И тогда выяснилось, что формула Д.Уатта занижает мощность машины в 4...8 раз. Чем выше давление пара, тем больше ошибка. Появилась новая единица измерения - индикаторная лошадиная сила (и.л.с.). Например, в архивах завода "Красное Сормово" была найдена документация по пароходу "Ратмир" (1886 г.), где говорилось, что судно имеет машину мощностью 80 л.с., а рядом в скобках приписано 336 и.л.с. Получается, что соотношение между и.л.с. и нарицательными (или номинальными) лошадиными силами равно 4,2.

Но этим дело не кончилось. Индикаторная мощность паровой машины не учитывает силу трения, возникающую в самом двигателе, приводах, подшипниках и т.п. Поэтому, непосредственно к движителю подводится мощность, приблизительно, на 15 % ниже индикаторной. Мощность, подводимая к движителю называется эффективной, так появились эффективные лошадиные силы (э.л.с.).

Затем стали популярны и другие характеристики, в основном удельные: расход топлива в единицу времени на 1 л.с.; масса двигателя на 1 л.с., мощность на 1 кг массы двигателя и т.п. Размерность этих величин я не привожу намеренно, т.к. в каждой стране использовались свои единицы измерения, даже после того, как была общепризнана метрическая система единиц. Даже в первой половине нашего века можно было встретить барометр, шкала которого проградуирована в фунтах на кв. дюйм, а рядом с ней градуировка в мм ртутного столба. Что делать: моряки немного консервативны, но этот консерватизм несёт больше пользы, чем новые поветрия, так как "замешан" на огромном жизненном опыте поколений и присущей ему мудрости.

Были свои характеристики и у паровых котлов, это прежде всего давление пара, размерность его нам уже известна. Далее шли масса котла пустого и с водой до рабочего уровня, площадь нагрева - площадь топочного пространства и других поверхностей, омываемых пламенем и раскалёнными газами, образующимися при сгорании топлива. Важной характеристикой была площадь колосниковой решетки - поверхности топки котла, на которой сжигалось топливо, например, дрова или каменный уголь. Паросъем - масса воды превращающаяся в пар в единицу времени.

Первые паровые котлы были сделаны по принципу поставленного на огонь чайника, их называли еще котлами сундучного типа. Они обладали очень низкой паропроизводительностью, т.к. имели очень малую площадь нагрева. При их усовершенствовании" конструкторы пошли "во все тяжкие" лишь бы увеличить площадь донца "чайника". В результате поисков, появились котлы галерейного типа. В них вода окружала все топочное пространство. Была увеличена также длина дымохода, и раскаленные топочные газы омывали галерейные полости с котельной водой. На этом резерв дальнейшего увеличения площади нагрева и в этих котлах был исчерпан. Но поиск продолжался.

Дальнейшее направление поисков в совершенствовании паровых котлов хотелось бы сопроводить старым-престарым морским анекдотом, беззлобным, но актуальным. Смысл его таков: *Встретил как-то на Графской пристани в Севастополе Павел Степанович Нахимов офицера, служившего на пароходе.*

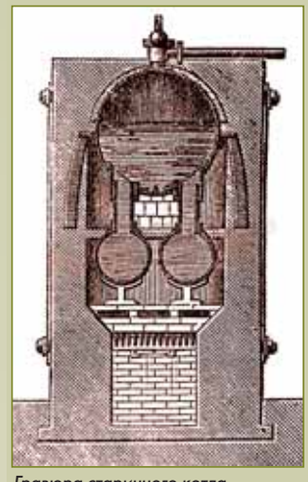
- Что ж это Вы, господин лейтенант, совсем морскую службу забросили? На "самоваре" плаваете...

Но это шутка. П.С. Нахимов прекрасно понимал пароходное дело и был его сторонником. Кстати, "самовар" (так моряки называли первые пароходы), здесь упомянут не случайно, вспомним его устройство. Вода в самоваре омывает камеру сгорания и огневую трубу, выходящую из самовара - гениальное изобретение наших предков. На огневую трубу одевается самоварная труба. Чем не судовой паровой котел? А что, если пойти по пути увеличения количества огневых труб?

Так появился новый тип огнетрубных судовых паровых котлов, просуществовавший до конца второй половины XX столетия. Он и сейчас вполне пригоден для практического применения там, где давление пара можно ограничить величиной 14...16 а.т.и. Топить его можно дровами, каменным углем, мазутом. В общем, он неприхотлив, пригоден для сжигания любого вида топлива и обладает неплохим КПД. Обычно, эти котлы имели 2-3 топки, заканчивавшиеся огневой камерой. Из нее к дымоходу шли дымогарные трубки, в которых догорали летящие в трубу мелкие частицы топлива. И топки, и дымогарные трубки омывались котельной водой.

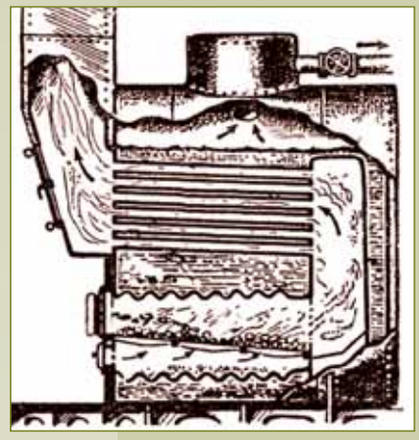
Дальнейшее наращивание площади нагрева потребовало нового подхода и других решений. Теперь уже воду поместили в специальные, расположенные в пламени топочного пространства водогрейные трубки. Так появились водотрубные котлы, которые служат и в наши дни на крупных теплоэлектростанциях. Их КПД превышает 90 %, в качестве топлива используют, преимущественно, мазут, а рабочее давление пара уже превысило 60 а.т.и.

(Продолжение следует.)



Гравюра старинного котла галерейного типа

Огнетрубный паровой котел



GRIND-X

Okamoto

OKAMOTO PRECISION SYSTEMS

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

От высокоточных инструментальных решений до нанотехнологий

80 лет инноваций и лидерства

UPZ-210Li-II - ультрапрецизионный высокоскоростной профилешлифовальный станок Okamoto с ЛД по осям XYZ и системой КЧПУ Sodick

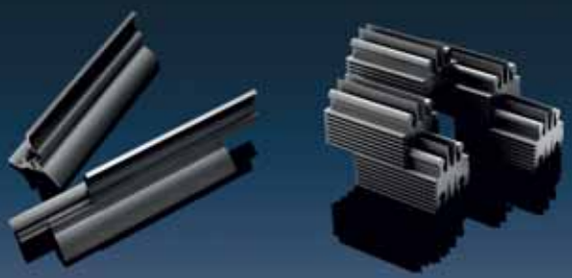
Группа компаний "СодикоМ" // www.okamoto-euro.ru // info@okamoto-euro.ru // sales@okamoto-euro.ru

Sodick

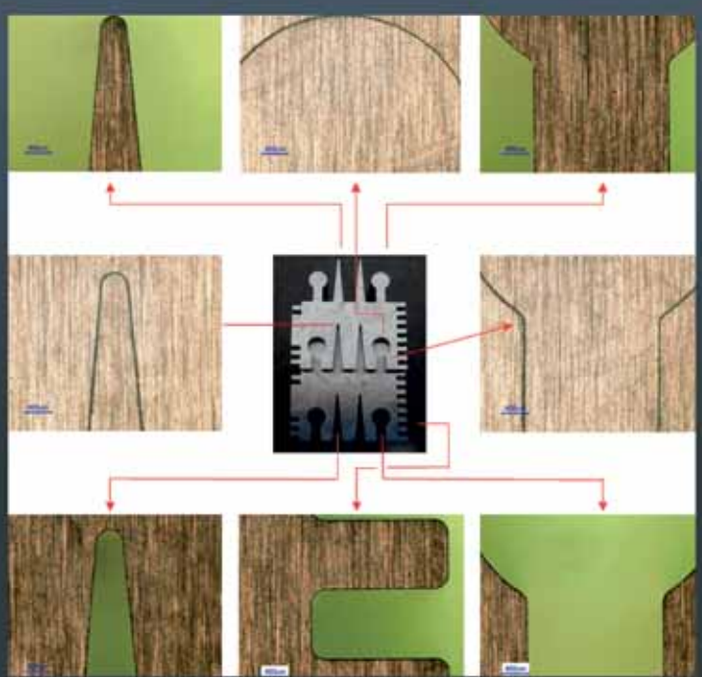
www.sodick.ru

Smart Pulse & Smart Linear

ШЕРОХОВАТОСТЬ
< Ra=0,05 мкм



SL 400G
SL 600G



ЛИНЕЙНЫЕ
ПРЕЦИЗИОННЫЕ
ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ
ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ
СТАНКИ

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ
ИННОВАЦИИ
ПИОНЕРА И ЛИДЕРА
НАНОТЕХНОЛОГИЙ В
МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ

ВИДЕОЭНДОСКОП
VUCAM XO
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АВИАДВИГАТЕЛЯ

ISSN 999-02109

Made in Germany

Артикуляция 130° в любом направлении

Возможность производить стереоскопические измерения геометрических параметров дефектов

Визуально-оптическая диагностика с применением видеоэндоскопа **VUCAM XO** позволяет выявить забоины, трещины, эрозионный износ, прогары, деформации, нарушение покрытий на деталях компрессора, турбины, камеры сгорания, реактивного сопла и других узлов без разборки двигателя.

- Современный сенсорный дисплей
- Документирование результатов контроля
- Фотоснимки во время записи видео
- Удобный файл менеджер
- Ретроспектива записи видео изображения
- Поддержка карт памяти SD
- Горячие клавиши
- Прочная и легкая конструкция
- Источник света с пожизненной гарантией
- Возможность регулировки уровня наклона монитора

viZaar industrial imaging RUSSIA

Официальное представительство viZaar industrial imaging AG в России и странах СНГ

197022, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова 37В
+7 (812) 748-28-47

info@vizaar.ru
www.vizaar.ru