

# Двигатель

Научно-технический журнал № 3 (33) 2004



Совершенствование двигателей -  
путь к повышению эффективности  
использования топлива и одновременно  
улучшению экологического состояния цивилизации

## Редакционный совет

- Абрамов Г.А.,**  
научный консультант Российского  
Речного Регистра
- Анисин Д.Д.,**  
зам. руководителя Департамента мореплавания  
Минтранспорта РФ
- Бондин Ю.Н.,**  
ген. директор ГП "НПК газотурбостроения  
"Зоря"-Машпроект", Николаев
- Гриценко Е.А.,**  
ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова,  
Самара
- Губертов А.М.,**  
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр  
им. М.В. Келдыша"
- Данилов О.М.,**  
ген. директор ЗАО "Центральная компания  
МФПГ "БелРусАвто", Москва
- Дическул М.Д.,**  
пред. совета директоров ОАО "Пермский  
моторный завод" и "Авиадвигатель"
- Жарнов В.М.,**  
ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"
- Зазулов В.И.,**  
гл. конструктор НПП "ЭГА"
- Иноземцев А.А.,**  
ген. директор - ген. конструктор  
ОАО "Авиадвигатель", Пермь
- Каблов Е.Н.,**  
ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН
- Каторгин Б.И.,**  
ген. конструктор, ген. директор НПО  
"Энергомаш", академик РАН
- Клименко В.Р.,**  
гл. инженер ОАО "Аэрофлот - РМА"
- Коржов М.А.,**  
руководитель проекта "Двигатель"  
ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти
- Крымов В.В.,**  
зам. ген. директора ФГУП "ММПП "Салют"  
по науке
- Кузнецов А.Н.,**  
зам. ген. директора Российского авиационно-  
космического агентства
- Кутенев В.Ф.,**  
зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по  
внешнеэкономическим связям
- Муравченко Ф.М.,**  
ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье
- Новиков А.С.,**  
ген. директор ММП им. В.В. Чернышева
- Русак А.Д.,**  
начальник Департамента локомотивного  
хозяйства МПС РФ
- Селезнев Е.П.,**  
ген. конструктор, ген. директор  
КБХМ им. А.М. Исаева
- Скибин В.А.,**  
ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова
- Троицкий Н.И.,**  
директор НИИ двигателей
- Фаворский О.Н.,**  
академик, член президиума РАН
- Чепкин В.М.,**  
первый зам. ген. директора НПО "Сатурн"
- Черваков В.В.,**  
декан факультета авиадвигателей МАИ
- Чуйко В.М.,**  
президент Ассоциации "Союз авиационного  
двигателестроения"

## РЕДАКЦИЯ

- Главный редактор**  
Александр Бажанов
- Заместитель главного редактора**  
Дмитрий Боев
- Ответственный секретарь**  
Александр Медведь
- Финансовый директор**  
Дмитрий Чекин
- Редакторы:**  
Александр Гомберг, Андрей Касьян,  
Валентин Шерстянников
- Литературный редактор**  
Лидия Рождественская
- Художественный редактор**  
Александр Медведь
- Техническая поддержка**  
Александр Бобылев

### В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Александра Бажанова,  
Дмитрия Боева, Валерия Машкова,  
Александра Медведя

### Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,  
ул. Авиамоторная, 2  
Тел.: (095) 362-3925  
Факс: (095) 362-3925  
engine@zstel.ru  
engine@dvigately.ru  
www.engines.da.ru  
www.engine.avias.com  
www.dvigately.ru

### УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

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

.....  
Рукописи не рецензируются  
и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в публикуемых материалах.

Мнение редакции не всегда  
совпадает с мнением авторов

.....  
Перепечатка опубликованных  
материалов без письменного  
согласия редакции не допускается.  
Ссылка на журнал при перепечатке  
обязательна.

.....  
Научно-технический журнал "Двигатель"  
зарегистрирован  
в Государственном Комитете РФ  
по печати  
Reg. № 018414 от 11.01.1999 г.  
Отпечатано  
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"  
Москва  
Тираж 5000 экз.  
Периодичность: 6 выпусков в год.  
Цена свободная



# СОДЕРЖАНИЕ

- 2. Дальние дороги двигателистов**  
Л. Берне, Д. Боев
- 6. Конструкторскому бюро перспективных разработок "Салюта" - 5 лет!**  
П. Волков
- 9. Инженер. К юбилею В. Крымова**
- 10. Качество, проверенное временем**  
В. Лесунов
- 11. V Международный форум "Высокие технологии XXI века"**
- 12. Олимпиада по истории авиации и воздухоплавания**
- 13. Десятая юбилейная межотраслевая**  
В. Гуров
- 14. Современные методы расчета динамических характеристик роторных систем. NASTRAN или DYNAMICS?**  
М. Леонтьев
- 17. Юбилей П.К. Третьякова**
- 18. Радиационная безопасность агрегатов зажигания ГТД**  
В. Зуев, Г. Перминова, Г. Березин, Р. Афанасьев
- 19. Борьба за стабильность разряда**  
Р. Федоров
- 20. Не только "аглицких блох", но и французские моторы...**  
А. Михайлов
- 21. Двигатели в нумизматике**  
А. Барановский
- 21. Продолжать традиции**  
С. Стряпунин
- 22. Цель жизни - строить моторы (Страницы жизни конструктора А.Д. Швецова)**  
Л. Берне
- 26. Из истории нефтяного дела России: к 170-летию со дня рождения Д.И. Менделеева**  
А. Мезенцева
- 28. Дизели от волжан ни в чем не уступают зарубежным аналогам**  
В. Хвостиков, В. Галушкин
- 29. Поршневой компрессор для эффективных энергоустановок**  
Б. Крутиков
- 30. Его величество - К.П.Д.**  
Е. Бугаец
- 32. Так начинались ЖРД и ракеты на жидком топливе**  
А. Николаев
- 36. Ученый и организатор научных исследований. К юбилею В. Шерстянникова**
- 37. Твердотопливные ракетные двигатели. Год 2004 - без альтернатив**  
В. Коровин
- 40. Нанометровый рубеж пройден! Впервые в мире!**





# ДАЛЬНИЕ ДОРОГИ ДВИГАТЕЛИСТОВ

Лев Берне  
Дмитрий Боев

Пора, наверное, привыкнуть, что к каждой нашей выставке обязательно цепляется целый шлейф статей в прессе, наперебой доказывающих: все-то у нас хуже некуда, нового ничего нет, а что есть – отсталое до изумления. Ну, были, были, не раз уже были такие заказные набег плакальщиков. Были – и прошли. И следа от них не осталось: одно мокрое место. И никогда же не было, на самом деле "золотого века" для создателей нового. Всегда что-то мешало: то рутина "планового хозяйства", то безалаберность хозяйства беспланового, то бестолковые советчики, то не в меру толковые анти-советчики (перекрасившиеся по моде времени). Новое всегда пробивается с трудом: потом и кровью, к сожалению. И возникший вслед за глобальным потеплением отношений и прекращением конфронтации мировой кризис в промышленности высоких технологий, особенно в той ее части, которая близка была создателям самых мощных вооружений, не мог не затронуть и нас. И если "за кордоном" объединяются или просто закрываются некогда мощные авиастроительные корпорации, то почему нам должно быть легче? Однако создатели новой техники ищут способы продолжить работу и в новых условиях существования.

И вновь мотористы разных стран собрались в Москве: обсудить наиболее эффективные направления взаимовыгодного бизнеса, ознакомиться с достижениями коллег, определиться с основными направлениями прогресса в двигателестроении. Международные выставки серии "Двигатели" проводятся по четным годам, начиная с 1990-го. Восьмая выставка, проходившая под девизом "Интеграция - повышение эффективности двигателестроения", получившая статус Салона, состоялась в период с 12 по 16 апреля на ВВЦ. В ее рамках был проведен научно-технический конгресс по двигателестроению, включавший четыре симпозиума. Открытие Салона "Двигатели-2004" не случайно совпало со знаменательным событием в истории цивилизации - днем первого полета человека в космос. Символично, что осуществление полета нашим соотечественником Юрием Гагариным стало возможно благодаря напряженной работе коллективов ученых и исследователей, разработчиков и производителей авиационно-технической техники, в том числе и двигателестроителей. Ассоциация Союз авиационного двигателестроения (АССАД), руководимая Виктором Михайловичем Чуйко, разместила на площади около 5000 м<sup>2</sup> более 2000 экспонатов, представленных 150 фирмами из восьми стран. Состоявшийся форум двигателистов был назван Салоном, что объясняется значительным расширением программы выставки в связи с проведением конгресса и круглых столов с большим числом участников и вынесенных на обсуждение актуальных проблем. На симпозиумах научно-технического конгресса в присутствии более трех сотен участников было сделано более 100 докладов.

Так же, как и весь просвещенный мир, Россия (с некоторой задержкой относительно США и Западной Европы) объявила о своей программе создания двигателей пятого поколения. Экспозиции самых крупных участников были посвящены именно этому. Само понятие "поколение

авиационного двигателя", автором которого является ЦИАМ, требует уточнения и в данном случае. На Конгрессе, проходящем в рамках Салона, было определено, что двигатель пятого поколения, в отличие от своего предшественника, должен обладать основными параметрами, улучшенными на 15...20 %, характеризоваться на 30...50 % увеличенным ресурсом, высокой эксплуатационной надежностью, уменьшенными затратами на изготовление и эксплуатацию. Конструкции, удовлетворяющие таким условиям, уже анонсированы на Западе.

Есть два пути создания новой техники. Первый путь - эволюционный, когда в двигатель последовательно вносятся конструктивные изменения, суммируя которые можно в конце концов получить принципиально новый объект. Второй путь - условно говоря "революционный", когда на основе многочисленных и многолетних исследований создается качественно новый двигатель. Оба эти подхода к созданию новой авиатехники иллюстрировались размещенными непосредственно у входа в демонстрационный зал Салона центральными стендами, которые принадлежали ФГУП ММПП "Салют" и НПО "Сатурн".

Федеральное государственное предприятие "ММПП "Салют" гордится своими "корнями" - ведь оно ведет свою историю от крупнейшего и старейшего московского авиадвигательного завода, которому недавно исполнилось 90 лет. Завод "Салют" стоял у истоков серийного производства авиационных двигателей в России. Сегодня это крупное российское специализированное предприятие, изготавливающее и занимающееся сервисным обслуживанием авиадвигателей АЛ-31Ф/ФП/ФН для самолетов семейства "Су". Это же предприятие - основная ремонтная база двигателей АЛ-21Ф для Су-22, Су-24 и Р-15Б-300 для МиГ-25. Кроме того, "Салют" по кооперации с другими предприятиями производит узлы и детали двигателя Д-436Т для самолетов Бе-200, Ту-334 (и, возможно, Ту-230), а также узлы двигателя Д-27 для Ан-70 и Бе-42. Газотурбинные установки для электростанций разной мощности также занимают законное место в перечне продукции "Салюта".

Сейчас на предприятии образовано несколько собственных конструкторских коллективов. В одном лишь недавно отметившем пятилетие КБПР "Салюта" (конструкторское бюро перспективных разработок) трудится множество специалистов, вооруженных самыми современными технологическими конструкторскими системами. А на заводе есть еще и КБ промышленных машин - энергетических, газоперекачивающих, корабельных, КБ нестандартного оборудования, КБ поршневой тематики, КБ автоматических систем (работающее совместно с НПП "ЭГА"). Кроме того, в состав "Салюта" вошло МКБ "Гранит", традиционно занимающееся сопровождением серийного производства, к нему присоединился и институт НИИД. В результате образовалась мощней-





шая конструкторско-технологическая и производственная база: и несколько заводов, и ряд КБ, и большой институт одновременно.

Для работы над двигателями нового поколения в апреле 2003 г. ФГУП "ММПП Салют" объединился с одним из наших крупнейших серийных заводов ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение (УМПО) в "Корпорацию "Газотурбинные двигатели". Цель новой корпорации - создание мощного центра газотурбостроения с собственным конструкторским бюро в Москве. Совместная экспозиция двух указанных предприятий, общее название которой на Салоне было "Корпорация "Газотурбинные двигатели" - УМПО - ММПП "Салют", отражала произошедшее объединение, органично включив в себя экспонаты УМПО.

В соответствии с концепцией, поддерживаемой руководством "ММПП Салют", развивая базовый двигатель, можно получить широкий ряд новых машин, обеспечив тем самым постоянный эволюционный переход к двигателям новых поколений, не прерывая при этом цикл "проектирование - производство - продажа". Этот подход положен и в основу "трехэтапной" концепции модернизации двигателя АЛ-31Ф, реализуемой этим предприятием в настоящее время. Каждому из этапов должен предшествовать определенный объем проектных и конструкторских работ. Предполагается, что двигатели очередного этапа модернизации будут взаимозаменяемы на борту ЛА с ТРДДФ предшествующего этапа. Зерном экспозиции "Корпорации "Газотурбинные двигатели" был макет модернизированного АЛ-31Ф с элементами двигателя следующего поколения. При этом все модернизированные элементы двигателя были показаны отдельно: компрессор низкого давления с увеличенным расходом воздуха, турбостартер повышенной на 15...20 % мощности и высотности запуска, цифровой комплексный регулятор двигателя КРД-99Ц, система автоматического управления САУ-235С без гидромеханического резервирования, всеракурсное сопло с управляемым вектором тяги (устанавливаемое по требованию заказчика). В ходе первого этапа на этом двигателе температура газа перед турбиной возросла на 25 К. В результате тяга двигателя увеличилась с 12 500 до 13 300 кгс.

Самолет с модернизированными двигателями АЛ-31Ф прошел большую часть испытаний в ЛИИ им. Громова. Испытания подтвердили эффективность первого этапа модернизации. Двигатель взаимозаменяем со штатными АЛ-31Ф и может применяться на всех самолетах семейства Су-27.

На стенде "Корпорация "Газотурбинные двигатели" - УМПО - ММПП "Салют" были также представлены модификации двигателя АЛ-31Ф, предлагаемые для модернизации самолетов семейства МиГ-23 и МиГ-27, и новейшие технологические методики по обслуживанию газотурбинных авиационных двигателей. Представлялся и двигатель АЛ-31ФН, поставляемый в КНР для одномоторных истребителей F-10.

Стенд ОАО "НПО "Сатурн" вторую выставку подряд размещает организаторами напротив стенда ММПП "Салют". Это НПО - одно из первых предприятий отрасли, которое и фактически, и формально интегрировало в рамках единой дееспособной структуры два ведущих конструкторских бюро страны - Рыбинское КБ моторостроения и ОКБ "А. Люлька - Сатурн" (Москва), имеющие солидную опытно-производственную базу в Рыбинске и Подмоскowie. В соответствии с решением правительства РФ это объединение является головным разработчиком и производителем авиационного двигателя 5-го поколения, предназначенного для перспективных боевых самолетов. "Сатурновцы", по их заявлениям, - убежденные сторонники традиционного "революционного" пути создания новой техники. Двигатель АЛ-41, который должен был стать двигателем нового поколения, создавали по этой методике в Московском ОКБ на протяжении двадцати пяти лет. Однако на экспозиции "НПО "Сатурна" этого года, не был выставлен этот двигатель, заявленный на предыдущей выставке "Двигатели-2002", зато мы увидели в экспозиции модернизированный вариант АЛ-31Ф, который, по словам генерального конструктора "Сатурна" Михаила Кузьменко, будет подвергаться последовательной многостадийной модернизации по тому же типу, как предлагают и "салютовцы".

В качестве основного экспоната в разделе "Сатурна" был представлен макет двигателя "Бурлак", иначе Д-30КП-3. Этот



двигатель - результат глубокой модернизации ТРДД Д-30КП-2 (или Д-30КП-154). Унификация "Бурлака" с двигателем Д-30КП-2 составляет около 75 %. Преемственность серийной конструкции обеспечивает высокие показатели надежности (газогенератор и турбина вентилятора заимствованы от двигателя Д-30КП-2). "Бурлак", который, в соответствии с намерениями ОАО "НПО "Сатурн", придет на смену тысячам работающих сейчас повсюду двигателей Д-30КП-2 (Ил-76 и все его модификации), станет ключом к решению проблемы, связанной с введением новых норм ИКАО по уровню шума и эмиссии. Двигатель Д-30КП-3 призван обеспечить эксплуатацию значительной части существующего парка отечественных воздушных судов без ограничений вплоть до 2020 г. Создание "Бурлака" решает сразу несколько кардинальных задач: повышается тяговооруженность самолетов, улучшается экономичность эксплуатации почти в 1,5 раза, дальность полета Ил-76 увеличивается более чем на 300 км.

У нового двигателя основные изменения коснулись вентилятора: его входной диаметр увеличен до 1662 мм. Здесь предполагается применить широкохордные рабочие лопатки ротора трехмерной профилировки, обеспечивающие стойкость к попаданию посторонних предметов, уменьшающие уровень шума и повышающие ресурс двигателя. Нововведения обеспечивают возможность замены лопаток вентилятора "на крыле" в сочетании с балансировкой лопаток для обеспечения минимального уровня вибраций. Для уменьшения уровня шума в конструкции "Бурлака" применяются широкополосные звукопоглощающие конструкции (ЗПК). Аналогичные разработки НПО "Сатурн" проводит по плану глубокой модернизации двигателя Д-30КУ, устанавливаемого на самолет Ту-154М.

Стратегически важной для НПО "Сатурн" является совместная работа с французской фирмой SNECMA Moteurs, связанная с созданием двигателя SM 146, который предназначен для оснащения перспективного семейства российских региональных самолетов RRJ, обладающих высоким экспортным потенциалом. Отличительная особенность этих разработок - унифицированная силовая установка для всех типов самолетов семейства вне зависимости от пассажироемкости и класса дальности полетов. Конструкция SM-146 включает одноступенчатый вентилятор, трехступенчатый вентилятор (компрессор) низкого давления, шестиступенчатый компрессор высокого давления, камеру сгорания, трехступенчатую турбину и одноступенчатую турбину низкого давления. Класс тяги 6130...8000 кгс. Двигатель будет поставляться вместе с гондолой, при этом масса одной силовой установки составит 2200 кг. Программа SM-146 реализуется путем создания совместного предприятия на паритетных началах (50 % SNECMA, 50 % НПО "Сатурн"). Ин-





тересно, что на НПО "Сатурн" возложена ответственность за окончательную сборку, доводку двигателя и проведение сертификационных испытаний на стенде.

Одной из наиболее содержательных на прошедшем Салоне была также экспозиция Пермского моторостроительного комплекса (ПМК). На базе нескольких моторостроительных предприятий Перми создается Федеральный российский центр двигателестроения. Идея объединения в мощную двигателестроительную компанию была поддержана всеми предприятиями области. Визит главы государства на "Пермские моторы" перед проведением выставки "Двигатели-2004" явился для Прикамья стратегически важным. Президент России поддержал создание Федерального центра двигателестроения. ПМК - российский лидер по производству ГД для магистральной авиации, вертолетных редукторов, газоперекачивающих станций и электростанций.

Сегодня на Пермскую площадку пришел новый крупный акционер - группа ГУТА. Удалось запустить процесс формирования единого холдинга. ГУТА стала одним из инициаторов создания управляющей компании "Пермский моторостроительный комплекс" (УК ПМК). Генеральным директором УК ПМК стал генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" Александр Иноземцев.

В конструкторском бюро пермского "Авиадвигателя" ведется разработка трех модификаций серийного авиационного двигателя ПС-90А (ПС-90А1, ПС-90А2, ПС-90А-76). Модернизация базовой модели ПС-90 производится с помощью известной фирмы Pratt & Whitney. Разрабатывается новый газогенератор к этому двигателю, а также двигатель пятого поколения ПС-12, макет которого был представлен на Салоне. ПС-12 имеет большие шансы победить в тендере двигателей, предназначенных для перспективных российских ближне- и среднемагистральных самолетов. По своим техническим характеристикам ПС-12 будет относиться к 5-му поколению авиадвигателей. При проектировании двигателя заложены большие запасы по температуре газа перед турбиной, что позволит обеспечить высокую надежность и заявленный ресурс на начальном этапе эксплуатации, а в дальнейшем позволит создать модификации с увеличенной на 15 % тягой без существенной переделки основных узлов базового двигателя. Одним из главных достоинств двигателя ПС-12 является соответствие перспективным требованиям по уровню шума и эмиссии вредных веществ с большим запасом.

ПС-12 создается по надежной классической схеме двухвального двухконтурного двигателя без редуктора в цепи привода вентилятора. Он имеет одноступенчатый вентилятор и десятиступенчатый компрессор (четыре ступени низкого и шесть ступеней высокого давления). Турбина высокого давления одноступенчатая, а низкого давления - пятиступенчатая. Тяга на максимальном взлетном режиме составляет 13 500 кгс. Диаметр вентилятора - 1870 мм, сухая масса двигателя - 2450 кг.

Разработка и производство двигателя ПС-12 планируются в тесной кооперации с ведущими российскими моторостроительными предприятиями: ФГУП "ММП" "Салют", ОАО "Пермский моторный завод",

ФГУП "Завод им. В.Я. Климова", ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" и другими. Планируемый срок сертификации двигателя - 2010 год.

В ходе проведения Салона "Двигатели - 2004" в рамках Дня Украины на стенде ОАО "Мотор-Сич" прошла презентация экспозиции ОАО "Мотор-Сич" и ЗМКБ "Прогресс". Также прошла презентация российско-украинского регионального самолета ("РУС") Ан-148 с двигателями Д-436-148. Этот двигатель в соответствии с соглашением между Российской Федерацией и Ук-

раиной создается в рамках кооперации четырех предприятий - ГП ЗМКБ "Прогресс" им. А.Г. Ивченко, ОАО "Мотор Сич", ФГУП "ММП" "Салют" и ОАО "Уфимское МПО". Поэтому экспозиция запорожских моторостроителей вплотную примыкала и как бы продолжала экспозицию "Корпорации "Газотурбинные двигатели" - УМПО - ММП "Салют".

"Мотор-Сич" - одно из крупнейших моторостроительных предприятий постсоветского пространства, традиционно выпускающее как "сердца" самых больших отечественных магистральных самолетов, так и небольшие авиадвигатели для вертолетов, осваивает производство малоразмерных турбовальных двигателей семейства АИ-450 мощностью от 450 до 600 л.с., которые создаются совместно с ГП ЗМКБ "Прогресс". Они найдут применение не только на вертолетах Ка-226 и "Ансат", но и на ранее выпущенных Ми-2. Турбовинтовая модификация этого двигателя может быть установлена на легкие самолеты типа Як-58 и Бе-103, учебно-тренировочные самолеты Як-152 и Су-49, а также на беспилотные летательные аппараты. Результатами большой плодотворной работы ОАО "Мотор Сич" с ФГУП "Завод им. В.Я. Климова" стали турбовальный двигатель ВК-2500 и двигатели семейства ВК-1500.

Сегодня запорожские моторостроители предлагают потребителям продукцию, выпускаемую на сертифицированной производственной базе. Производство современных авиадвигателей, а также ремонт всех выпущенных ГД сертифицированы Авиационным Регистром МАК и Государственным департаментом авиационного транспорта Украины. ОАО "Мотор Сич" признано Авиационным Регистром МАК в качестве Разработчика авиационных двигателей гражданских воздушных судов. Для обеспечения этих работ предприятиями России и Украины была специально создана компания "ВК-МС" ("Владимир Климов - Мотор Сич"), участвующая в выставке с совместными проектами.

Результат еще одного эксперимента, который производили отечественные чиновники над отечественной же промышленностью, явила нам на Салоне Российская самолетостроительная корпорация "МиГ" ("РСК "МиГ"). Это первая в России компания, в рамках которой директивно объединили предприятия, занимающиеся разработкой и выпуском как летательных аппаратов и их агрегатов, так и двигателей для них. В настоящее время в состав РСК "МиГ" входит ряд двигателестроительных заводов различной формы собственности: ФГУП "Завод им. В.Я. Климова", ОАО "ММП им. В.В. Чернышева", ГУП "ТМКБ "Союз" и ОАО "Красный Октябрь". Все это - стабильно работавшие предприятия, многие из которых связаны также с большим количеством внешних заказчиков. Например, климовцы являются монопольными разработчиками и производителями турбовальных двигателей для вертолетов и самолетов.

На Салоне "Авиадвигатель-2004" предприятия, входящие в РСК "МиГ", участвовали единой экспозицией, представляющей весь двигателестроительный дивизион этой корпорации. Экспозиция отражала всю номенклатуру продукции каждого из предприятий. Все они имеют богатую историю, во многом тесно связанную с историей самолетов марки "МиГ" и с развитием всей российской авиации. Поэтому сложное положение, сложившееся сейчас в головной структуре корпорации, "автоматом" отражается и на входящих в нее компаниях.

Сейчас "Завод им. В.Я. Климова" занимается разработкой и изготовлением опытных образцов двигателей ТВ7-117С для самолетов Ил-112, Ил-114, доводкой двигателей ВК-1500В, ВК-2500, ВК-800 для различных вертолетов, конструированием агрегатов, стартеров приводов для двигателей собственной разработки. Здесь же ведутся работы над новыми перспективными образцами силовых установок для российских и иностранных самолетов и вертолетов. В настоящее время турбовинтовой двигатель ВК-1500С готовится к прохождению испытаний в термобарокамере ЦИАМ, а затем к летным испытаниям на самолете Ан-3. 8 ноября 2002 г. состоялся первый запуск турбовальной модификации двигателя ВК-1500 - ВК-1500ВМ, предназначенной для замены отработавших свой ресурс двигателей ТВ2-117 на вертолетах Ми-8. В январе 2003 г. двигатель успешно прошел длительные испытания. Двигатели и агрегаты, разработанные на "Заводе им. В.Я. Климова", эксплуатируются на самолетах и вертолетах во многих странах мира. С точки зрения общей работы в корпорации ФГУП "Завод им. В.Я. Климова" - разработчик, а до недавнего выступления руководства РСК и держатель





конструкторской документации двигателя РД-33 и его модификаций для основной продукции ПСК "МиГ" - семейства самолетов МиГ-29. Это основное и единственное, что связывает питерцев с московским центром корпорации. Впрочем, решением руководства ПСК с прошлого лета держателем конструкторской документации на этот двигатель утверждено ОАО "ММП им. В.В. Чернышева", еще один член Корпорации - серийный завод.

Дальнейшая деятельность ПСК "МиГ", несомненно, будет целиком зависеть от политики его руководства. Перспективы для этого есть: все предприятия, входящие в корпорацию, вполне жизнеспособны сами по себе.

Как и на предыдущих выставках, в экспозиции Салона "Двигатели-2004" были представлены региональные разделы. Так, продукция примерно 15 предприятий коллективно экспонировалась в разделе "Самарская область". Здесь расположен мощный узел авиапромышленности России, и в том числе двигателестроения: ОАО "Металлист-Самара", подшипниковые заводы, СКБМ, СНТК им. Кузнецова, Самарский Государственный авиационный институт им. С.П. Королева и другие.

По инициативе руководства СНТК им. Кузнецова на выставку был приглашен руководитель фракции "Родина" в Госдуме Дмитрий Рогозин. Он оказался чуть ли не единственным представителем власти, побывавшим на Салоне с официальным визитом: начало выставки почти совпало с кардинальными переменами в руководстве промышленности, и подчиненность отрасли была совершенно неопределенной. Тем не менее, многие члены администрации и руководители министерств побывали на Салоне с визитами как частные лица, что доказывает небезразличие к нашей отрасли со стороны тех, кто руководит страной.

Среди участников Салона были практически все агрегатные предприятия России: МПО им. И. Румянцева, ОАО ПАО "Инкар", ОАО "Стар", ОАО НПП "ЭГА", ОАО УАП "Гидравлика", ОАО "Омскагрегат", ОАО "ОМКБ" и другие. Еще в ходе работы выставки "Двигатели-2002" в рамках АССАД было создано подразделение, объединяющее агрегатчиков. Прошедшие два года показали, что выбранное направление оказалось верным - нерешенных вопросов стало гораздо меньше.

Особо следует отметить активное участие в работе Салона ремонтных предприятий ВВС и гражданской авиации. Экспозиция ремонтных заводов ВВС была объединена в общий, весьма содержательный стенд. В традиционно проводившийся на Салоне день ВВС состоялась обстоятельная встреча начальников ремонтных заводов с руководителями серийных двигателестроительных заводов. Были обсуждены назревшие вопросы ремонта авиадвигателей, главным из которых, несомненно, является ритмичная поставка запасных частей.

На высоком уровне был проведен научно-технический конгресс. На пресс-конференции Государственных научных центров РФ ЦИАИ, ЦАГИ и ВИАМ по теме "Проблемы и перспективы развития авиационной науки" подчеркивалось, что именно авиационная промышленность является одной из наиболее наукоемких отраслей, пока еще сохранившей высокий научно-технический и производственный потенциал. Эффективное функционирование авиационных научных центров способствует развитию экономики страны, обеспечивает разработку и производство техники на уровне, не уступающем мировому. Авиационная наука всегда инициировала прогресс в смежных отраслях - машиностроении, металлургии, химии, электронике, приборостроении и др. Конгресс объединил четыре независимых симпозиума: "Перспективные материалы для двигателестроения", "Двигатели и экология", "Прогрессивные методы создания высокоэффективных турбин" и "Передовой опыт создания высокоэффективных компрессоров". По общему мнению на следующем Салоне непременно нужно будет провести еще и отдельный симпозиум по камерам сгорания.

Симпозиум по новым материалам, применяемым в двигателестроении, был организован и проходил в ВИАМ. Без преувеличения можно сказать, что авиация, и в том числе двигателестроение, своими успехами во многом обязаны новым материалам, большинство из которых создано в ГНЦ ВИАМ и близкородственном ВИАСе. Организатором остальных симпозиумов, прошедших непосредственно на Салоне, выступил ЦИАИ.



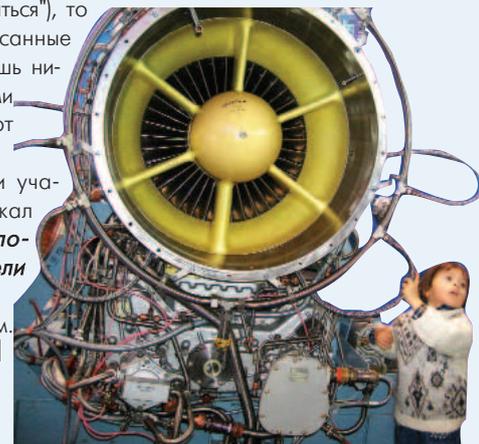
В целом конгресс показал, что следует более эффективно использовать тот мощный потенциал, который был создан в авиационно-космическом комплексе страны. Именно авиация, в отличие от многих других отраслей, несмотря на нищенское финансирование, сохранила отраслевую науку. Сегодня она способна обеспечить высокие темпы развития многих отраслей благодаря широкому использованию созданных конструкций, технологий и материалов. Нельзя не отметить растущий интерес ведущих ученых и специалистов двигателестроения к участию в работе научно-технического конгресса.

К сожалению, на этот раз не слишком представительной на Салоне оказалась экспозиция поршневых двигателей. Но были и исключения. Так, с целым спектром тракторных дизелей разной мощности выступили владимирские тракторостроители. Воронежский механический завод продемонстрировал давно уже ожидаемую конструкторами легкомоторной техники - любителями и профессионалами - девятилучевую "звезду". Ниша 400...450 л.с., в которой могут использоваться двигатели такой мощности на нашем рынке, заполняется лишь американскими и чешскими моторами. "Экспо-Волга" показывала на своем стенде экспериментальный легкий поршневой двигатель, да еще на стенде КМПО (г. Казань) был представлен 80-сильный П-1000 - две оппозитные пары, расположенные горизонтально в ряд. П-1000 имеет ряд новшеств по сравнению с более ранним вариантом: электростартер, электронное бесконтактное дублированное зажигание, два генератора по 75 Вт, бесплапковые карбюраторы и др. Отбор мощности осуществляется от середины коленчатого вала встроенным редуктором с пружинным демпфером, а полый вал воздушного винта позволяет устанавливать ВИШ. Сухая масса двигателя - 55 кг.

Можно утверждать, что Салон "Двигатели-2004" и научно-технический конгресс по двигателестроению, прежде всего, показали, что перспективы у отечественных двигателестроителей имеются. Они были сформулированы весьма определенно. Кроме того, происходящие события подтверждают, что если существующее положение не устраивает, то выбираться из него надо традиционным методом: своими силами и с опорой на надежных партнеров. Ждать появления неких инвестиций чуть ли не из космоса - по меньшей мере наивно. И было бы хорошо, если процессу хотя бы не мешали те, кто не в состоянии помочь. Так, например, если не прекратятся явно инфернального свойства наскоки на уникальную экспериментальную базу центра отечественного авиадвигателестроения ЦИАИ в Тураево (то ли с целью просто закрыть и растащить, то ли сделать там один большой таможенный склад, в общем - "побанкротить и разбежаться"), то все перспективы, расписанные ранее, могут остаться лишь ничем не подкрепленными фантазиями. И если бы этот случай был уникальным!

...У выхода гостей и участников выставки провозжал плакат: **"Добро пожаловать на Салон "Двигатели - 2006"**.

Придем. Посмотрим. Проанализируем





# КОНСТРУКТОРСКОМУ БЮРО ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК "САЛЮТА" - 5 ЛЕТ!

**Павел Волков**, начальник КБПР ФГУП "ММП" "Салют", заместитель главного конструктора

**Иногда встречаются в нашей прессе статьи, в которых действия руководства "Салюта", направленные на создание и развитие собственного конструкторского бюро, подвергаются критике: мол, собрались там неопытные мальчишки и пытаются выполнить неподъемные для них задачи. Хотя нам это и неприятно, но все же мы спокойно относимся к таким выпадам, так как понимаем, что о нас знают, нас опасаются как достаточно сильных конкурентов и именно поэтому предпринимают действия, имеющие целью опорочить наше конструкторское бюро. Но мы полагаем, что время все расставит по своим местам.**

В апреле 1999 г. по инициативе генерального директора Ю.С. Елисеева и главного конструктора Э.И. Гольдинского было принято решение о создании в составе ФГУП "ММП" "Салют" конструкторского бюро перспективных разработок (КБПР).

Это было неординарное решение, т.к. оно состоялось в тот период, когда в большей или меньшей степени происходил развал практически всех двигателестроительных конструкторских бюро в стране.

Не секрет, что создание новых авиационных газотурбинных двигателей - это очень длительный и трудоемкий процесс, который под силу промышленности лишь нескольких стран мира.

В прежние времена он дополнительно замедлялся отсутствием мощной производственной базы конструкторских бюро и потерями времени на этапе передачи новых разработок из опытно-конструкторских бюро на серийные заводы.

Сократить эти потери, объединив в рамках одного предприятия все направления работ жизненного цикла изделия (разработка, доводка, технологическая подготовка и серийное производство, эксплуатация, ремонт), обеспечить ускоренное внедрение новых разработок в серийное производство - таковы главные цели, которые ставились руководством завода при создании КБПР. С

первого дня и по настоящее время путь молодого конструкторского бюро не был усыян розами, так как пришлось с нуля создавать на заводе структуру, которой на нем ранее не было.

Костяк молодого конструкторского бюро в то время составили работники Авиамоторного научно-технического комплекса "Союз", впоследствии происходило укрепление КБ работниками, перешедшими к нам из ОАО "НПО "Сатурн", ТМКБ "Союз", МКБ "Гранит", ЦИАМ и других ведущих предприятий авиадвигателестроения.

Первые 20 человек, которые пришли в КБ в апреле 1999 г., имели перед собой чистые столы и пустые шкафы. Двенадцать из них работают и сегодня. Это - заместитель начальника КБПР А.И. Щипанов, принявший активнейшее участие в создании и комплектовании конструкторского бюро кадрами, ведущие конструкторы В.А. Алексеев и А.Г. Орловский, инженеры-конструкторы Н.П. Главный, С.Н. Дзябенко, С.С. Калачев, С.А. Мурышкин, А.Д. Новиков, начальник КБПР П.В. Волков, начальники бюро С.В. Зайцев и А.П. Царьков, а также Е.С. Иванов.



Главный конструктор ФГУП "ММП" "Салют" Эммануил Гольдинский с первыми сотрудниками КБПР

Обычно конструкторские бюро, которые разрабатывают двигатели, имеют созданные за многие годы сотни, а то и тысячи документов по спроектированному ими двигателю. Они дают если не полное, то достаточно подробное представление о двигателе. В КБ в апреле 1999 г. не было ничего. А поставленная перед коллективом задача являлась чрезвычайно сложной и была связана с разработкой новых модификаций двигателя АЛ-31Ф, серийно выпускаемого на нашем заводе, и его дальнейшей модернизацией. Ее невозможно было выполнить, не зная детально базового изделия.

Информацию о базовом изделии конструкторам приходилось собирать по крупицам, так как на заводе не было термодинамических, газодинамических, тепловых, прочностных расчетов двигателя, отчетов об испытаниях и многих других документов, разработанных в период создания этого двигателя на предприятии-разработчике двигателя АЛ-31Ф в ОАО "НПО "Сатурн".

К настоящему времени мы знаем все о базовом двигателе АЛ-31Ф, что позволяет нам серьезно заниматься его модернизацией. Сегодня КБПР - это полноценное плодотворно работающее конструкторское бюро, сплав опыта специалистов, пришедших из прославленных моторостроительных КБ, и энергии и таланта молодежи - недавних выпускников авиационных вузов. В настоящее время КБПР - это, возможно, единственное из двигателестроительных КБ в Москве, в котором укомплектованы все основные конструкторские, расчетные и испытательные службы.

Закончено оснащение рабочих мест современными средствами вычислительной техники, объединенными в единую информационную сеть, что позволяет сотрудникам КБПР производить комплексное автоматизированное проектирование с помощью новейших методов моделирования и расчета двигателя в целом, его отдельных узлов и деталей. Управление проектированием и подготовкой документации, а также все этапы конструкторской работы над изделием полностью компьютеризированы - от выполнения расчетов и создания чертежей до передачи файлов в технологические и металлургические службы завода. Все работы выполняются в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО 9001.

В процессе разработки новых двигателей современные компьютерные технологии применяются для решения таких задач, как тепловые и прочностные расчеты (пакет ANSYS), расчеты газодинамические и процессов горения (пакет STAR-CD). Применяемое при конструировании программное обеспечение - трехмерное моделирование (CAD-система UNIGRAPHICS) и подготовка чертежной документации (CAD-система Autocad) - позволяет выполнять компьютерное макетирование двигателя и его узлов (эта процедура ранее проводилась на материальной части и была сопряжена с затратами на изготовление и перделку множества деталей, а также с примерками двигателя на объекте). Информационные технологии используются и при проведении испытаний и обработке их результатов.

КБПР получило лицензию Росавиакосмоса, предоставляющую право на проектирование новых образцов авиационных двигателей, их составных частей.

Среди работников КБПР половина - это выпускники таких престижных вузов, как МГУ им. Ломоносова, Московский физико-технический институт, МАИ; в конструкторском бюро работают много выпускников МГТУ им. Баумана, МАТИ, ХАИ, МЭИ и других вузов. Практически в каждом подразделении можно встретить специалистов, которых любое конструкторское бюро считало бы за честь видеть в своих рядах.

Это первый заместитель начальника КБПР по вопросам конструирования А.И. Щипанов, ведущий конструктор Ю.А. Портланд, являющийся нашим самым главным компоновщиком со стажем работы в конструкторских бюро свыше полувека, кандидат технических наук Е.С. Иванов, опытный специалист по аэродинамическим расчетам компрессоров, имеющий стаж работы в конструкторских бюро около 50 лет. Кандидат технических наук, заместитель начальника КБПР В.А. Рыбко также почти полвека занимался испытаниями авиационных двигателей. В числе наиболее опытных сотрудников следует назвать и ведущего конструктора



Мэр Москвы Юрий Лужков знакомится с конструкцией модернизированной силовой установки самолета МиГ-27, оснащенного двигателем АЛ-31Ф 30-й серии

ра В.С. Кинзбургского - высококвалифицированного специалиста по тепловым расчетам.

В КБПР работает много выходцев из прославленных моторостроительных КБ, в том числе около полутора десятка специалистов из НПО "Сатурн", среди которых такие высококвалифицированные инженеры, как Т.Ф. Имаев, М.С. Морозов, В.А. Властовский, С.Я. Должиков, С.Н. Дзябенко и др. Выходцы из АМНТК "Союз" со стажем работы от 25 до 50 лет возглавляют около 56 % конструкторских и расчетных подразделений КБПР.

В ряду классных специалистов своего дела следует назвать также В.Т. Курганова, В.Н. Лягушкина, С.В. Зайцева, И.В. Осипова, И.И. Смирнова, А.П. Царькова, Ю.И. Боброва, М.В. Егорцева, Е.А. Шторм, Л.М. Чернышева, А.И. Лосева, В.Г. Лагутина и многих других работников нашего конструкторского бюро. Не могу не назвать также таких опытных специалистов по системам автоматического управления, как И.М. Шайхелисламов, А.Г. Лунин, А.Ф. Федякин, которые до самого последнего времени работали в КБПР, а с января 2004 г. переведены в созданное новое КБ автоматик.

За эти годы рядом с опытными специалистами выросли вчерашние выпускники вузов, которые в настоящее время играют не последнюю роль в решении различных производственных вопросов. Это А.Д. Новиков и М.В. Жук (обвязка двигателей), Е.А. Корлюк (конструкция реактивного сопла), Г.В. Попов и О.Ю. Воронин (аэродинамический расчет компрессоров), С.А. Мурышкин и С.С. Калачев (расчеты на прочность), А.Н. Зубаревич (гидравлические и тепловые расчеты камеры сгорания), Л.Б. Зведенюк и С.С. Грибова (гидравлические и тепловые расчеты турбин), молодой кандидат физико-математических наук В.В. Малинин (газодинамические расчеты турбин и поворотного сопла), А.М. Попов и С.А. Якушин (испытания двигателей и их узлов), В.В. Антипин и А.В. Матренин (конструк-



О новых разработках КБПР главному ВВС генералу армии Михайлову рассказывает генеральный директор "Салюта" Юрий Елисеев



Представители ОКБ П.О. Сухого поздравляют КБПР с юбилеем

ция турбокомпрессора), А.А. Ломакин (термодинамические расчеты двигателей) и многие другие.

Создание работоспособного коллектива КБПР - это главный результат напряженной работы прошедших лет, достигнутый совместными усилиями работников КБПР, энергичными действиями по поддержке молодого КБ со стороны генерального директора Ю.С. Елисеева, главного конструктора Э.И. Гольдинского, главного инженера В.А. Поклада, заместителя главного инженера А.Ю.Потапова, заместителя главного конструктора В.Д. Лабзина, а также доброжелательными рабочими отношениями со специалистами ОГК-1, ОГК-3, КОИН, НТЦ "Гранит", ОГТ, ОГМет, ОГС, а также службами, цехами производства, возглавляемыми заместителем генерального директора А.Г. Самаркиным.

За пять лет, наряду со становлением КБ, проделана огромная работа прежде всего в направлении дальнейшего совершенствования двигателя АЛ-31Ф. Для его модернизации и улучшения основных технических характеристик в конструкции применены новые решения, осуществлен переход на изготовление деталей двигателя из более совершенных материалов. В настоящее время производится доводка модернизированного двигателя по основным параметрам.

С участием КБПР был создан модифицированный двигатель АЛ-31ФН с нижним расположением агрегатов. Расширены его функции, увеличен ресурс. Успешно завершены длительные стендовые испытания, задачей которых являлось подтверждение заявленного ресурса двигателя. Осуществляется поставка АЛ-31ФН заказчиком.

Осуществляется трехэтапная модернизация двигателя АЛ-31Ф. Двигатель первого этапа модернизации (изделие 99 М1), имеющий



Юрий Елисеев рассказывает Борису Алешину о перспективных разработках КБПР

новый компрессор низкого давления и улучшенные тяговые характеристики, полностью взаимозаменяем с выпускаемым серийно, при этом модернизация может осуществляться путем замены модулей, например, в ходе ремонта.

В настоящее время после проведения предварительных испытаний двигатель готовится к государственным испытаниям. Хочу подчеркнуть, что весь цикл создания двигателя - это работа не только конструкторского бюро, но всего коллектива завода, ведь 90 % стоимости создания нового двигателя составляет стоимость изготовления и испытательных опытных образцов. Поэтому первые успехи сегодня и будущие победы завтра являются достижением всего коллектива завода.

В настоящее время осуществляется изготовление газогенератора и усовершенствованных узлов двигателя второго этапа модернизации. Спроектированы с применением 3D-пространственного профилирования новые лопаточные аппараты турбин высокого и низкого давления. Повышена эффективность охлаждения лопаток. Усовершенствована система запуска. Указанные мероприятия позволяют улучшить эксплуатационные характеристики, заметно увеличить температуру газа перед турбиной и получить дополнительное повышение тяги по сравнению со значением, уже



Разработанный с участием КБПР двигатель АЛ-31ФН предназначен для самолета J-10 ВВС Китая

достигнутым на первом этапе. Этот двигатель будет также полностью взаимозаменяем с выпускаемым серийно.

Начаты испытания перспективного компрессора низкого давления, который будет использован при модернизации АЛ-31Ф на третьем этапе.

На базе глубокой модернизации двигателя АЛ-31Ф создается научно-технический задел для его реализации в перспективных двигателях этого класса.

В сферу деятельности КБПР входят работы не только по совершенствованию АЛ-31Ф, но и по созданию других двигателей, предназначенных для использования в качестве силовых установок на летательных аппаратах военной и гражданской авиации.

За эти годы у КБПР сложилось тесное рабочее взаимодействие с ведущими отраслевыми институтами (ЦИАМ, ВИАМ, ВИЛС и др.), институтами Министерства обороны, с другими двигателестроительными предприятиями.

В пятилетнюю годовщину КБПР хочется поздравить коллектив с его достижениями, которые стали результатом упорного труда, и пожелать ему дальнейших успехов. Больших успехов я также желаю всему коллективу нашего завода, который является главной силой при реализации проектов конструкторского бюро.





# ИНЖЕНЕР

**22 июля 2004 г. исполняется 70 лет Валентину Владимировичу Крымову – заместителю генерального директора по науке ФГУП "ММПП "Салют", заслуженному машиностроителю Российской Федерации, доктору технических наук, профессору, лауреату двух премий Совета Министров СССР, почетному авиастроителю. Юбилей будет двойным, поскольку в этом же году Валентин Владимирович отметит другое знаменательное событие – он уже полвека трудится на Московском машиностроительном производственном предприятии "Салют".**

Свою трудовую деятельность Валентин Владимирович Крымов начал на заводе "Салют" в 1954 г., работая мотористом в эксплуатационно-ремонтном отделе по техническому обслуживанию авиационной техники. После окончания Московского авиационного моторостроительного техникума непрерывно трудился на предприятии на различных технических должностях - инженера-конструктора, руководителя ряда лабораторий и отдела механизации, а с 1976 г. - заместителя главного инженера по новой технике.

С 1981 по 2000 г. В.В. Крымов являлся главным инженером предприятия. Это было время активного технического перевооружения завода, создания новых производств и участков, широкого внедрения прогрессивного оборудования, станков с ЧПУ. Осваивались принципиально новые технологические процессы, такие как литье лопаток турбины методом высокоскоростной направленной кристаллизации, вальцевание лопаток компрессора, нанесение различных видов защитных покрытий ответственных деталей двигателя и многое другое. Все это было связано, в первую очередь, с подготовкой серийного производства газотурбинного двигателя 4-го поколения АЛ-31Ф, с работами по его доводке и увеличению ресурса.

В 1981 г. началась опытно-серийная поставка узлов, сборка и испытания двигателей АЛ-31Ф, что стало большой победой всего коллектива завода. В конце 1982 г. за выполнение этого сложного задания завод награжден орденом Трудового Красного Знамени с формулировкой: "За заслуги в производстве новой авиационной техники". Но это было только начало огромной работы, направленной на повышение ресурса и развертывание крупномасштабного производства.

В 1985 г. после завершения работ по доводке, повышению надежности и увеличению ресурса двигатель АЛ-31Ф успешно прошел Государственные испытания и был принят на снабжение Военно-Воздушных Сил.

В последующие годы при непосредственном участии и руководстве В.В. Крымова продолжалось техническое и организационное совершенствование производства, освоение новых видов продукции, была создана успешно функционирующая в настоящее время система качества, проведена сертифи-

кация производства. В результате структурной перестройки, начатой в конце 90-х годов, создания конструкторских бюро и развертывания широких научно-технических исследований распоряжением Правительства РФ предприятию был присвоен статус Федерального научно-производственного центра.

В.В. Крымов - известный ученый, высококвалифицированный специалист в области производства газотурбинных двигателей. Ему принадлежат более 100 печатных трудов в области технологии и производства ГТД. Валентин Владимирович является автором 12 научно-технических монографий и учебных пособий. Он неоднократно выступал с докладами на международных и

русских симпозиумах, конференциях, был отмечен медалями и дипломами выставок за разработку и внедрение новых технологических процессов и оборудования.

В последние годы, работая заместителем генерального директора предприятия по науке, В.В. Крымов большое внимание уделяет развитию научных направлений на предприятии, подготовке кадров, повышению квалификации персонала, передавая свой богатый научно-производственный опыт. При его непосредственном участии создан заводской Институт целевой подготовки специалистов по двигателестроению, обладающий статусом филиала РГТУ-МАТИ им. К.Э. Циолковского, разработана целостная система подготовки кадров всех уровней, налажено четкое взаимодействие с учебными заведениями Москвы - университетами, колледжами, профессиональными училищами. В том, что в 2003 г. предприятие награждено дипломом Правительства РФ "За достижения в развитии образовательной базы", немалый вклад Валентина Владимировича.

В.В. Крымов является членом Ученого совета РГТУ-МАТИ, докторского совета МГТУ им. Н.Э. Баумана, заместителем председателя Ученого совета ИЦПС и НТС предприятия, членом редакционных советов научно-технических журналов. Он принимает активное участие в общественной работе, являясь членом ряда общественных организаций и структур.

Редакция журнала "Двигатель" с большим удовольствием присоединяется к поздравлениям Валентину Владимировичу Крымову в связи с его семидесятилетием. 



Главнокомандующий ВВС П.С. Кутахов знакомится с состоянием изготовления узлов двигателя АЛ-31Ф (1981 г.)



В.В. Крымов докладывает министру авиационной промышленности СССР И.С. Силаеву о подготовке производства узлов АЛ-31Ф (1982 г.)



# КАЧЕСТВО, ПРОВЕРЕННОЕ ВРЕМЕНЕМ!

**Валерий Лесунов**, генеральный директор ОАО "УМПО"

Открытое акционерное общество "Уфимское моторостроительное производственное объединение" является одним из признанных лидеров отечественного двигателестроения. Основанное в 1925 году предприятие на протяжении всей своей почти восьмидесятилетней истории выпустило более 50 типов и модификаций двигателей, установленных на 170 моделях самолетов всемирно известных фирм.

Объединение производит турбореактивные двигатели АЛ-31Ф и АЛ-31ФП для самолетов Су-27, Су-30, Су-35; Р-95Ш и Р-195 для семейства самолетов Су-25; Р25-300 для МиГ-21; Р29Б-300\Р29БС-300 для самолетов МиГ-23БН, МиГ-27; Д-436Т1 для Ту-334 и Д-436ТП для самолета-амфибии Бе-200, осуществляет изготовление, ремонт и обслуживание колонок для вертолетов Ка-27, Ка-28, Ка-29, Ка-32.

Надежность нашей продукции проверена временем и получила признание в более чем 50-ти странах мира. Президент Российской Федерации В.В. Путин назвал двигатели, выпускаемые нашим объединением, безусловной гордостью России.

Постановлением Правительства РФ ОАО "УМПО" включено в состав предприятий, задействованных в серийном производстве авиадвигателя пятого поколения.

Авиационная тематика - не единственная сфера деятельности уфимских моторостроителей. Учитывая увеличение спроса на отечественном рынке газоэнергетического оборудования, еще до начала кризиса в российской экономике ОАО "УМПО" сделало первые шаги, связанные с применением двигателей авиационного типа в наземной технике, а именно в газоперекачивающих и энергетических установках. На базе выпускаемого авиационного двигателя АЛ-31Ф для истребителя Су-27 уфимские моторостроители освоили производство газотурбинного привода АЛ-31СТ, применяющегося в составе газоперекачивающих агрегатов мощностью 16 МВт и АЛ-31СТЭ для электростанций на 20 МВт в блочно-контейнерном исполнении. К.п.д. у таких станций значительно выше, чем у больших ТЭЦ, так как потери электроэнергии при передаче по проводам на большие расстояния отсутствуют. Подобные электростанции нужны не только в России, на них имеется стойкий экспортный спрос на Ближнем Востоке.

В объединении накоплено большое число авторских технических и конструкторских наработок в области производства газоэнергетического оборудования. УМПО получило лицензии на проектирование, изготовление, а также строительство-монтажные и пусконаладочные работы газоперекачивающих агрегатов, разрешение на применение, сертификат соответствия.

Мы предлагаем потенциальным заказчикам целую гамму продукции в различной компоновке, включая сдачу "под ключ" полноразмерных агрегатов.

Объединение изготавливает пять видов изделий для российских газоперекачивающих агрегатов: двигатель АЛ-31 без силовой турбины, то есть чистый газогенератор. Основным в модельном ряду идет двигатель АЛ-31СТ. Первая модификация представляет собой конструкцию с верхним расположением коробки агрегатов, традиционной для УМПО. Она применяется в газоперекачи-

вающем агрегате ГПА-16Р "Уфа" собственной разработки. Вторая модификация двигателя АЛ-31СТ спроектирована с нижним расположением коробки агрегатов, которое автоматически устраняет проблему откачки масла. Отказ от приводных насосов, обязательно имеющих в изделиях традиционной схемы, позволяет упростить конструкцию, значительно повышая надежность двигателя. Кроме того, такое техническое решение обеспечивает удобство обслуживания в эксплуатации. Третья модификация АЛ-31СТ схожа с АЛ-31СТН нижней коробкой агрегатов, но у нее есть важное отличие - низкоэмиссионная камера сгорания. Четвертая компоновка стационарного газотурбинного двигателя - газоэнергетическая станция.

Сегодня ОАО "УМПО" занимает достойное место в сообществе ведущих производителей газотурбинных приводов и энергостанций. Потенциал, накопленный уфимскими моторостроителями в области высоких технологий, организация производства на базе самых совершенных разработок и идей позволяют ОАО "УМПО" успешно конкурировать на рынке газоэнергетического оборудования. Учитывая рост спроса на продукцию для нужд топливно-энергетического комплекса, потенциал этой тематики для предприятия, пожалуй, вскоре станет сравнимым с авиационной тематикой. Развивая производство наземной техники, мы закладываем фундамент для дальнейшего роста и процветания предприятия. **П**

**450039, Башкортостан, г. Уфа, ул. Ферина, 2**  
**Телефон: (3472) 38-58-02 для справок**  
**38-75-44 отдел маркетинга**  
**39-58-11 отдел поставок**  
**(095) 911-13-11 представительство в г. Москве**  
**Факс: (3472) 38-37-44**  
**<http://www.umpo.ru>**  
**E-mail: [umpo@umpo.ru](mailto:umpo@umpo.ru)**



# В МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ "ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА"

С 19 по 23 апреля 2004 г. в выставочном комплексе ЗАО "Экспоцентр" проводился ежегодный Международный форум "Высокие технологии XXI века".

Организованные по инициативе правительства Москвы форумы под общим названием "Высокие технологии оборонного комплекса" вызвали большой интерес как у отечественных заказчиков продукции оборонно-промышленного комплекса, так и у потенциальных потребителей наукоемких разработок за рубежом и, по сути, стали общероссийскими и международными мероприятиями.

В последующем, изменив свое название на "Высокие технологии XXI века", форум по-прежнему предоставляет свои основные выставочные площадки предприятиям ОПК, которые остаются ядром его постоянных участников.

В подготовке и проведении Форума приняло активное участие Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации, Министерство обороны Российской Федерации, Федеральные агентства, связанные с оборонными отраслями, Российская Академия наук. Форум проводился под патронажем Торгово-промышленной палаты Российской Федерации. Проведение Международного Форума в этом году было поддержано Правительством РФ.

**Основные цели и задачи прошедшего Форума:**

- содействие технологическому инновационному развитию промышленности и определение приоритетов в сфере высоких технологий;
- совершенствование механизмов продвижения на рынок наукоемкой продукции и технологий, развитие объектов инновационной инфраструктуры (технопарков, инновационно-технологических центров и центров трансфера технологий);
- привлечение инвестиций для реализации перспективных высокотехнологичных проектов;
- расширение и укрепление межрегионального и международного сотрудничества;
- защита, коммерциализация и управление интеллектуальной собственностью.

Открытие Юбилейного форума прошло в первом павильоне ВК "Экспоцентр", на котором присутствовали мэр Москвы Ю.М. Лужков, президент Торгово-промышленной палаты Российской Федерации Е.М. Примаков, полномочный представитель Президента Российской Федерации в Центральном федеральном округе Г.С. Полтавченко и другие официальные лица.

Основными мероприятиями Форума стали Международная выставка "ВТ XXI-2004" (организатор выставки - ООО "ЭКСПО-ЭКОС") и Международная конференция "Высокие технологии XXI века" (организатор конференции - Российский фонд развития высоких технологий).

На выставке были представлены достижения предприятий в различных областях науки и техники: авиационно-космические технологии; радиоэлектроника и связь; информационные технологии; мирный атом; машиностроение и металлообработка; лазерные технологии; медицина и биотехнология; химия и новые материалы; энергетика; технологии безопасности. Общая площадь экспозиции составила

около 3300 м<sup>2</sup>. Экспозиция выставки была построена по тематическому и региональному принципам. Свои объединенные стенды представили Московская область, Российская академия наук и ее региональные отделения, Федеральное агентство по атомной энергии, предприятия малого инновационного бизнеса города Москвы, Юго-Восточный административный округ города Москвы, ФГУП ВИМИ, концерн "Компьютерные технологии", Московский комитет по науке и технологиям и др. Национальные экспозиции представили Украина и Республика Беларусь.

На выставке были представлены многие известные фирмы, среди которых можно назвать: ММПП "Салют", концерн "Тактическое ракетное вооружение", НПП "Полет", "Мотор Сич", ГНЦ ВИАМ, корпорацию "Фазотрон-НИИР", Казанский вертолетный завод, фирму "Камов", ОАО ВИЛС, фирму "АСКОН" и многие другие.

На выставке было продемонстрировано более 7000 экспонатов. Всего в выставке приняли участие около 470 экспонентов из России, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Германии, Украины, Японии и Латвии. Участие в выставке приняли представители 34 регионов России. Украина была представлена 33, а Белоруссия - 21 предприятием.



Международная конференция "Высокие технологии XXI века" включила в себя пленарное заседание Конференции: "Технологическая основа промышленной политики - задачи, ресурсы и перспективы" и 16 тематических конференций и "круглых столов" под руководством ведущих специалистов и всемирно известных ученых.

Всего на международной конференции было представлено более 200 докладов по актуальным вопросам технологической и инновационной политики нашей экономики. Особенностью юбилейного форума было проведение заседаний круглых столов "Россия-НАТО", на которых обсуждались вопросы сотрудничества России и североатлантического блока, а также производился обмен опытом в решении проблем, актуальных в настоящее время.



**Соб. инф.**

# ОЛИМПИАДА ПО ИСТОРИИ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

14 мая 2004 г. в московском Доме культуры "Чайка" проводился молодежный симпозиум, на котором подводились итоги 2-го тура Первой ежегодной региональной Олимпиады по истории авиации и воздухоплавания для юношей и девушек в возрасте от 12 до 18 лет. В этом году Олимпиада была посвящена 100-летию первого полета братьев Райт и 100-летию со дня рождения нашего замечательного соотечественника летчика-испытателя В.П. Чкалова.



С докладом о самолетах с ЯРД выступает Денис Гусев

презентацию и развернутый вариант реферата по разработанной теме, а затем выступить на молодежном семинаре, о котором было сказано в начале сообщения.

В организации Олимпиады и работе семинара принимали участие многие известные в авиации люди, в том числе дочери В.П. Чкалова - Валерия Валерьевна и Ольга Валерьевна, а также летчики-испытатели Герои Советского Союза С.А. Микоян,



Тринадцатилетняя Анастасия Голощапова получила поощрительный приз

Олимпиада проводилась по инициативе и при самом активном участии некоммерческой организации "Фонд авиационно-космических технологий" ("Авиакосмофонд"). В перечне организаторов Олимпиады почти два десятка организаций, в том числе Министерство культуры Российской Федерации, департамент образования города Москвы, комитет города Москвы по развитию ОПК, комитет по делам семьи и молодежи города Москвы, ФГУП "ММПП "Салют", ОАО НПП "ЭГА", МГУ им. Н.Е. Баумана, МАИ им. С. Орджоникидзе, МАТИ им. К.Э. Циолковского, РГГУ и др.

Целями Олимпиады были объявлены:

- популяризация достижений технической мысли в области авиации и воздухоплавания;
- профессиональная ориентация подрастающего поколения в области конструирования и строительства летательных аппаратов;
- поиск молодых людей, мотивированных на трудовую деятельность на предприятиях авиационной промышленности, и организация помощи им в профессиональной подготовке;
- укрепление взаимодействия между руководством предприятий авиационной промышленности и учреждений образования (в том числе школ, колледжей, лицеев и др.) в деле ранней профессиональной ориентации молодежи.

Олимпиада проводилась в два тура. Первый тур прошел заочно: участники должны были прислать ответы на поставленные организаторами вопросы и реферат по одной из предложенных тем (задания размещались на сайте [olimp.aviacosmofond.ru](http://olimp.aviacosmofond.ru)) по почте или с использованием средств Интернета.

Во второй тур вышли семь участников Олимпиады, в том числе три девушки. Им было предложено представить компьютерную



Летчик-испытатель Виктор Пугачев вручает приз за первое место Андрею Киселеву



Летчик-испытатель Владимир Кондауров вручает приз за второе место Сергею Жилину

В.Н. Кондауров и В.Г. Пугачев. Нужно было видеть, с каким интересом зал слушал сообщения участников молодежного семинара. Как признавали маститые авиаторы, многое из того, о чем говорили юные конкурсанты, оказалось для них новым и чрезвычайно любопытным.

Победителями 2-го тура были объявлены:

Андрей Киселев, лицей № 1550 - первое место (тема реферата - "История развития самолетов с дисковым крылом");

Степан Жилин, лицей № 1550 - второе место (тема реферата - "Знаменитые конструкторы мирового авиостроения: вклад в развитие авиационной науки");

Денис Гусев, школа № 222 - третье место (тема реферата - "Летающие ядерные реакторы, или некоторые интересные факты из истории авиации").

Победители получили дипломы и ценные подарки (карманные персональные компьютеры), предоставленные организаторами и

спонсорами Олимпиады - "Авиакосмофондом", коммерческим банком "Нацпромбанк" и акционерным страховым обществом АСТО.

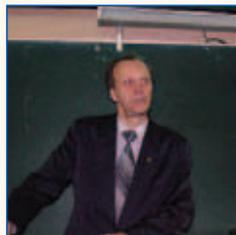
Поощрительных призов были удостоены Никита Мартынович из школы № 672 (тема реферата - "Самые выдающиеся летательные аппараты мира") и Анастасия Голощапова из школы "Знак" (тема реферата - "Двухсредные летательные аппараты").

Подводя результаты Олимпиады по истории авиации и воздухоплавания, организаторы отметили ее успешность и пообещали, что впредь это мероприятие будет проводиться ежегодно. Высказывалось мнение о том, что с каждым годом состав участников будет расширяться, а уровень работ победителей - возрастать.



Соб. инф.

# ДЕСЯТАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ



Основной успешного развития промышленно-бытового комплекса Тюмени, служит подготовка высококвалифицированных кадров во всех областях хозяйства области. Это - приоритетная задача

руководства области. Многочисленные тюменские вузы готовят теплофизиков, энергетиков, специалистов нефтегазового, строительного (в том числе - дорожного), комплексов, других отраслей. Особое место в сфере подготовки кадров наряду с нефтегазовым университетом и строительной академией занимает государственный университет. С учетом филиалов в нем учится около 30 тысяч студентов.

По утверждению ректора университета заслуженного деятеля науки России Г.Ф. Шафранова-Куцева, крупнейший в стране научно-учебный центр смог на рубеже веков успешно работать и высокодинамично развиваться без видимой финансовой поддержки государства. Яркой иллюстрацией этого стал состоявшийся 12-13 мая в Тюмени X межотраслевой семинар по региональным проблемам развития отраслей, научной основой

которых являются теплофизика и гидрогазодинамика. Семинар, традиционно проводимый на физическом факультете государственного университета, рассматривал вопросы теплофизики, гидрогазодинамики и теплотехники применительно к нефтегазовому комплексу. Руководит семинаром со дня его организации заведующий кафедрой механики многофазных систем (ММС) профессор А.Б. Шабаров - выпускник МВТУ им. Н.Э. Баумана и МГУ имени М.В. Ломоносова, ученик профессора В.В. Уварова и академика РАН А.И. Леонтьева. Не только представителями эксплуатационных служб региона, но и студентами тюменских ВУЗов был проявлен большой интерес к тематикам семинара. На пленарном заседании заслушано 6 докладов по проблемным вопросам малой энергети-

ки, особенностям эксплуатации нефтяных и газовых скважин в условиях вечной мерзлоты, проведению надзорных мероприятий, по системам учета и распределения энергоносителей при его транспортировке и хранению, а также повышению эффективности математического моделирования при его сопровождении обоснованной экспертизой.

Сочетание классических университетских основ с инженерным подходом к решению специфических задач - таков основной стиль работы кафедры ММС, что нашло свое достаточно полное отражение и на семинаре. И этим, прежде всего, объясняется успех семинара, на котором встретились профессора трех из 12 факультетов ТГУ, студенты старших курсов практически всех вузов Тюмени, эксплуатационщики нефтегазового комплекса региона, специалисты проектных организаций, а также приглашенные ученые из других городов России, в том числе из Москвы.

Тюмень, на мой взгляд, дает остальной России очень действенный пример грамотного решения кадровых вопросов в тесной увязке их с потребностями региона.



**Валерий Гуров**



## ИНФОРМАЦИЯ

22 апреля 2004 г. состоялась торжественная церемония награждения победителей "Конкурса АСов 3D моделирования 2004". Организатором конкурса выступила Группа компаний АСКОН. Участниками стали ведущие промышленные предприятия и вузы России и стран СНГ, использующие известную систему трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D. Первая версия КОМПАС-3D была выпущена в феврале 2000 г. КОМПАС-3D построен на математическом ядре и параметрических алгоритмах собственной разработки АСКОН. Система внедрена более чем на 300 предприятиях России и СНГ. Трехмерное моделирование в конструкторско-технологической подготовке производства стало важным фактором повышения точности проектирования, ускорения выхода новой промышленной продукции на рынок. Сообщество пользователей КОМПАС-3D постоянно растет.

В конкурсе приняли участие и лауреаты прошлого года, и новые участники. Промышленные предприятия представили проекты, выполненные с помощью новой версии системы КОМПАС-3D V6 Plus. В ней значительно ускорена работа со сложными моделями, добавлены новые функции создания и редактирования деталей и сборок. Нужно отме-



тить рост мастерства инженеров-конструкторов, эффективно воспользовавшихся новыми возможностями системы. От профессиональных конструкторов не отстают студенты, их работы практически не уступают промышленным проектам. Всего на конкурс поступило 59 проектов от 43 предприятий и 13 учебных заведений.

Церемония награждения открыл директор по маркетингу АСКОН Евгений Бахин. Жюри определило шесть номинаций, в которых были награждены 13 участников, а также два специальных приза.

Среди промышленных предприятий первое место в конкурсе занял Харьковский вагоностроительный завод с проектом "Кузов пассажирского вагона".

Второе-третье место поделили два участника: ГП НПКГ "Зоря"-Машпроект", Центр

НИОКР "Машпроект" (Николаев, Украина) с проектом "Осевой компрессор низкого давления (КНД) шестиступенчатый" и ОАО "ЮЖНИИГИПРОГАЗ" (Донецк, Украина) с проектом "Обустройство Анерьяхинской площади Ямбургского ГКМ. Промбаза в районе УКПГ - 4. База ДРЭУ".

Специальный приз "За интеграцию прогрессивных технологий в проекте" был вручен ММПП "Салют" (Москва) за проект "Газотурбинный двигатель ГТД 1000".

Специальный приз "Самому юному участнику конкурса" получил Сергей Воронцов, ученик 9 класса средней специализированной физико-математического профиля школы № 1 Луганска (Украина). Проект "Редуктор спасательного аппарата АВИМ".

Руководители АСКОН поздравили участников и победителей конкурса, вручив им почетные дипломы и призы.

Проведенный конкурс стал еще одним подтверждением того, что компания АСКОН стремится всемерно содействовать оснащению промышленности современными системами проектирования и поддержки жизненного цикла изделий, внося свой вклад в конкурентоспособность отечественной экономики.



**Соб. инф.**

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНЫХ СИСТЕМ. *NASTRAN* или *DYNAMICS*?

Михаил Леонтьев, профессор, д.т.н.

## Современные тенденции

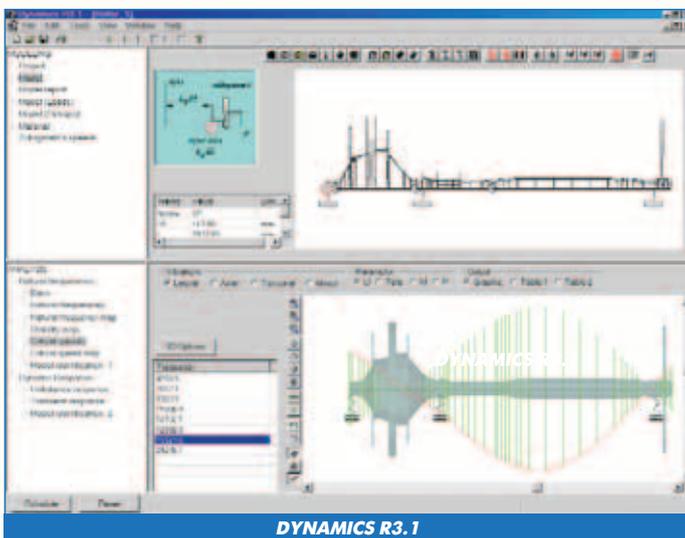
Последнее время для разработчиков машин и механизмов все большее значение приобретают конечно-элементные системы общего назначения типа NASTRAN, ANSYS, позволяющие решать задачи прочности и динамики деталей и узлов сложных форм в условиях разнообразного нагружения. Появились тенденции использования такого рода программ для решения задач, которые изначально разработчиками соответствующих программных продуктов не рассматривались, и, в частности, для задач динамики роторов и сложных роторных систем турбомашин. При этом исчезает ориентация на применение специализированных программных комплексов, которые и были предназначены для решения всего многообразия существующих задач динамики роторов.

Проводимая реклама, семинары, различного рода конференции по понятным причинам ориентируют пользователей на применение программ типа NASTRAN, ANSYS, недостаточно четко определяя решаемые ими задачи и трудности в их использовании. Такой подход, в ряде случаев не подкрепленный соответствующей квалификацией пользователей в данной области, не дает положительных результатов с точки зрения общего процесса проектирования турбомашин.

В настоящей статье анализируются возможности существующих программных продуктов для решения задач динамики роторов.

## Краткое описание программы DYNAMICS R3.1

Программа относится к новому поколению программных средств решения задач роторной динамики турбомашин различного назначения. Назначение программы - предсказывать вибрационные характеристики и динамическое поведение сложных роторных систем, в том числе многовальных, с учетом корпусов и подвески. Анализ может проводиться на всех этапах жизненного цикла машин - как на этапах проектирования, так и в процессе их эксплуатации. Мощный интерфейс, графический и текстовые редакторы, многочисленные математические и численные процедуры, выходящие за рамки стандартных представлений и решений, дают возможность исследователям проводить анализ роторных систем быстро и эффективно с высокой точностью.

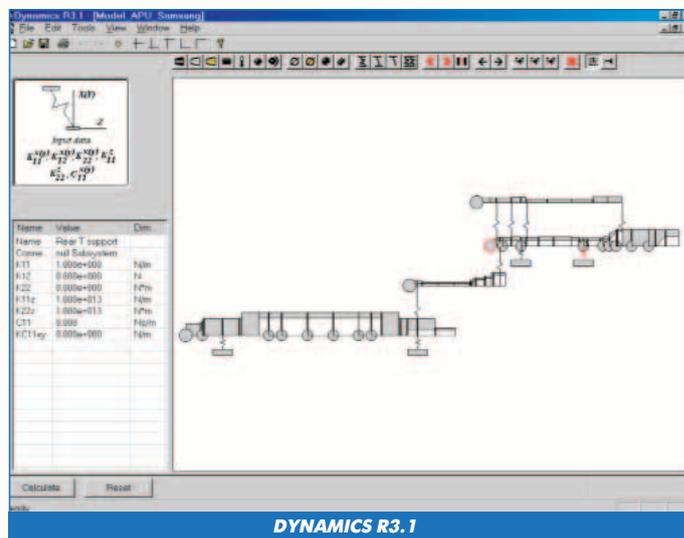


В основе расчетных модулей программы - метод начальных параметров, методы модального анализа и синтеза, методы полиномиальной аппроксимации, методы прямого интегрирования нестационарных уравнений движения и т.д.

Общая архитектура программного комплекса DYNAMICS R3.1 может быть представлена в виде двух основных блоков - моделирования и анализа.

Блок моделирования предназначен для подготовки расчетных моделей и включает в себя:

- блок команд, который вводит идентифицирующее имя проекта и/или роторной системы, его описание;



- блок команд для создания новой динамической роторной системы с помощью графического или текстового редактора или ее редактирования. Он использует библиотеку типовых изотропных (осесимметричных) или ортотропных (анизотропных и не обладающих осевой симметрией) элементов;

- блок для редактирования текстовых данных создаваемой модели, а также сортировки и вывода данных в виде соответствующих протоколов на экран или принтер;

- блок ввода нагрузок (значений и мест их приложения) для использования в анализе динамического поведения;

- блок определения точек и параметров вывода в анализе динамического поведения роторной системы;

- блок определения данных по материалам, которые использу-



ков тысяч долларов. Программа американской компании ROMAC (США, [www.virginia.edu/romac](http://www.virginia.edu/romac)) вообще не продается, а передается для использования только членам соответствующего клуба пользователей с ежегодным взносом \$16 тыс.

Преимуществом DYNAMICS R3.1 является возможность решения задач о собственных и критических частотах вращения для многовальных роторных систем с учетом корпусов и подвески, задачи о дисбалансом динамическом поведении, задачи о динамическом поведении от действия различных нестационарных нагрузок, наличие мощного графического редактора расчетных схем роторных систем, системы базы данных, графического постпроцессора для вывода различных результатов расчетов и анализа. Программа обладает высокой точностью получаемых результатов и функциональностью.

В системе DYNAMICS R3.1 обобщен опыт создания программ для решения задач газотурбинного двигателя строения более чем за 40 лет, а также учтен опыт их эксплуатации в различных КБ СССР и России - НТЦ им. А. Люльки (Москва), ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова" (Самара), ГП "НПКТ "Зоря"-Машпроект" (Николаев), ЗМКБ "Прогресс" (Запорожье), ОАО "Мотор Сич" (Запорожье), ТМКБ "Союз" (Москва), АМНТК "Союз" (Москва).

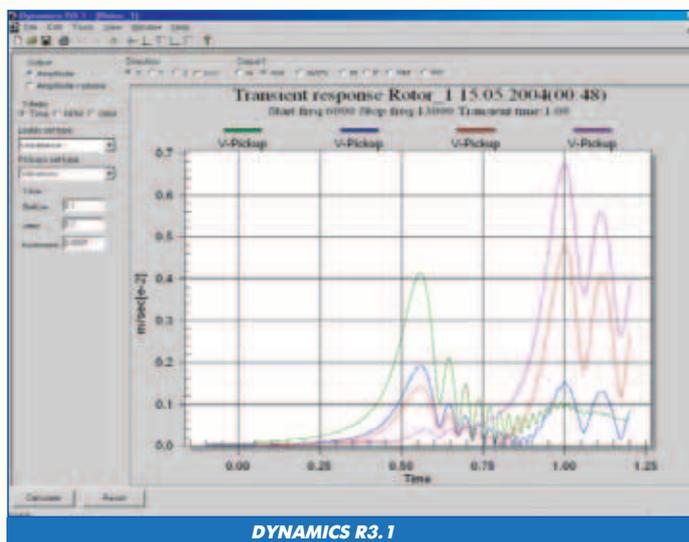
Использование системы в работе КБ позволит сократить

<b>Достоинства и недостатки программных продуктов DYNAMICS R3.1 и NASTRAN, ANSYS при решении задач динамики роторов турбомашин</b>		
<b>Наименование функции</b>	<b>DYNAMICS R3.1</b>	<b>NASTRAN, ANSYS</b>
Время подготовки расчетной модели роторной системы (в зависимости от сложности)	От нескольких минут до нескольких дней	От нескольких дней до нескольких недель
Возможность проведения вариантных расчетов (проверка и идентификация расчетной модели, исследование конструкции)	Незначительное время (несколько минут) на подготовку и расчет нескольких вариантов	Большое время и большая трудоемкость подготовки варианта
Время расчета частот и форм собственных колебаний роторной системы практически любой сложности	Несколько секунд	Несколько десятков минут
Время расчета критических частот вращения и форм роторов практически любой сложности	Несколько секунд	Несколько часов
Возможность расчета критических частот вращения и форм колебаний многовальной роторной системы с корпусами	Имеется	В настоящее время отсутствует
Точность расчетов без идентификации	Хорошая	Хорошая
Точность расчета после идентификации	Высокая	Высокая
Возможность расчета совместных колебаний роторов, дисков, лопаток	Отсутствует	Имеется
Наличие сопровождающей программы типа DYNAMICS R3.1 для оценки правильности и контроля результатов	Не требуется	Требуется в силу большой сложности расчетной модели
Требуемые данные для проведения идентификации и проверки расчетных моделей	Экспериментальные, данные программ NASTRAN, ANSYS	Экспериментальные, данные программ типа DYNAMICS R3.1
Возможность расчета вынужденных колебаний роторных систем от дисбалансов, ускорения-замедления, нестационарных нагрузок различных типов	Имеется	В настоящее время проблематична
Возможность проведения расчетов нелинейных роторных систем (гидродинамические демпферы, подшипники, уплотнения и т.д.)	Имеется	В настоящее время отсутствует
Требуемый уровень подготовки в роторной динамике	Высокий	Высокий
Возможность эффективного обучения проблемам роторной динамики	Имеется	Отсутствует
Время обучения работе с программой (при наличии знаний предметной области - роторной динамики)	Незначительное (1-2 дня)	Значительное (требуется высокая квалификация оператора)

время и трудозатраты при проектировании и доводке динамических систем турбомашин.

**Выводы**

1. Целесообразно применение программ типа DYNAMICS R3.1 и ей аналогичных на всех стадиях проектирования изделий. Такие программы позволяют в короткие сроки и с высокой точностью оценивать различные варианты конструкции роторов и роторных систем, в том числе многовальных.
2. Проведение расчетов с помощью программ типа NASTRAN или ANSYS целесообразно для решения задач идентификации расчетных моделей роторов и корпусов роторных систем, используемых в программе DYNAMICS R3.1, а также на завершающих этапах проектирования двигателя.
3. Для успешного решения задач роторной динамики конструкторским бюро, занимающимся проектированием турбомашин, требуется использование обоих типов программ, дополняющих друг друга на различных этапах проектирования. **■**



**www.alfatran.com**  
**Тел.: (095) 768-7129**  
**E-mail: lemka@alfatran.com**

## 4 ИЮЛЯ 2004 ГОДА ИСПОЛНЯЕТСЯ 65 ЛЕТ ЗАВЕДУЩЕМУ ЛАБОРАТОРИЕЙ СВЕРХЗВУКОВОГО ГОРЕНИЯ ИТПМ СО РАН ПАВЛУ КОНСТАНТИНОВИЧУ ТРЕТЬЯКОВУ

Павел Константинович вот уже 30 лет является верным соратником нашего ЦИАМ в одном из сложнейших направлений авиационной ракетной техники: гиперзвуковом полете в атмосфере. Все, что было институтом выдвинуто в качестве рабочих гипотез, проверено и подтверждено в его лаборатории, а после - развито и закреплено в новых опытах НИЦ ЦИАМ 2000-2004 г.

Основные направления научной деятельности Третьякова - изучение процессов горения топлив в высокоскоростных, высокоэнтальпийных потоках окислителя; управление обтеканием осесимметричных тел при подводе массы и горении; газодинамика течений с оптическим пульсирующим разрядом и воздействие на обтекание тел; исследование процессов в ламинарных и турбулентных пламенах, в том числе при инициировании горения сфокусированным излучением  $\text{CO}_2$  - лазера (плазмой оптического разряда и от поглощения части энергии излучения горючей средой).

За первый цикл экспериментальных исследований в этом направлении П.К. Третьяков получил Гос. Премию СССР, но это ничуть не снизило темпа его исследований, его творческого напора. Сегодня он один из немногих "старой гвардии сверхзвукового горения", который по-прежнему в строю, вооружен и чрезвычайно опасен для противников и нерешенных задач.

Павел Константинович - один из авторов первой в мире книги по сверхзвуковому горению ("Горение в сверхзвуковом потоке", 1984г.), которая была переведена в США и выпущена в виде отчёта НАСА (NASA TM-77822, 1985 г.). Он автор около 220 работ (из них 116 открытых публикаций), более 20 публикаций в закрытых изданиях и 12 изобретений, остальное - научные отчёты, учебные пособия для студентов физического факультета и препринты.

Под его руководством выполнен большой объем исследований по изучению турбулентных пламен, газодинамики высокоэнтальпийных течений с горением. Им предложена квазиодномерная газодинамическая модель горения в псевдоскачке, использующая закономерности изменения газодинамической структуры при теплоподводе, которая позволяет обобщить протекание процесса сгорания топлива и предсказать оптимальную геометрию камеры сгорания ГПВРД (для чисел  $M < 7 \dots 8$ ). Под руководством Третьякова выполнен цикл исследований по управлению сверхзвуковым обтеканием затупленных осесиммет-



ричных тел при подводе массы и тепловыделении от горения газообразных топлив в передней и донной отрывных зонах. Результаты проведенных исследований имеют большое прикладное значение и внедрены в ведущие НИИ и КБ страны.

Павел Константинович руководит исследованиями по экспериментальной реализации в сверхзвуковом потоке источника тепловыделения на основе использования мощного оптического пульсирующего разряда от энергии лазерного излучения (совместно с Институтом лазерной физики СО РАН). Это направление является принципиально новым для воздействия на обтекание летательных аппаратов и может привести к разработке принципиально новых компоновок, в частности приводящих к снижению интенсивности "звукового" удара, возможности управления подъемной силой и моментными характеристиками. Цикл исследований был отнесен к основным научным достижениям СО РАН и Отделения механики и энергетики РАН в 2001г.

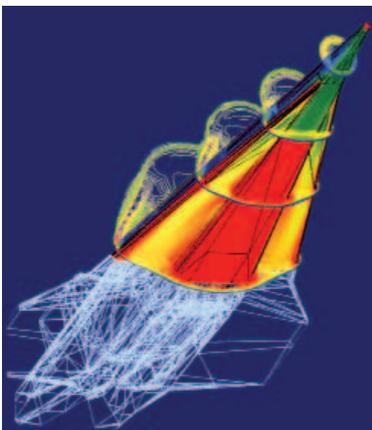
В последние годы научные интересы Третьякова П.К. связаны с применением импульсно-периодического лазерного излучения для управления процессом горения топливовоздушных смесей. Было показано, что стабилизация горения лазерной плазмой существенно расширяет пределы устойчивого горения по скорости и составу.

Третьяков принимает участие в подготовке научных кадров. Он в течение 20-ти летнего периода занимался научно-педагогической деятельностью, был доцентом на кафедре "Физическая кинетика" физического факультета НГУ. Под его руководством подготовлено 5 кандидатов наук.

Павел Константинович - член Сибирского отделения Совета по горению РАН, член редакционной коллегии журнала "Физика горения и взрыва", член диссертационного совета Д 003.035.02 по защите диссертаций на соискание учёной степени доктора наук.

Деятельность Третьякова отмечена государственными ведомственными и общественными научными организациями. Он неоднократно награждался почётными грамотами и знаками отличия. В 1998 г. он избран член-корреспондентом Российской академии Естественных наук (РАЕН).

Мы, коллеги Павла Константиновича по РАЕН из ЦИАМ и многих других предприятий и институтов сердечно поздравляем его с юбилеем и желаем ему крепкого здоровья и столь же крепко поставленных научных работ. Что всегда было, есть и надеемся будет характерно для него. 



# 2004

РОССИЯ, ГЕЛЕНДЖИК

2 - 5 СЕНТЯБРЯ 2004 Г.

## ГИДРОАВИАСАЛОН

ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКАЯ

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ГИДРОАВИАЦИИ

Испытательно - экспериментальная база ТНТК им. Г.М. Бериева

Аэропорт "Геленджик"





# РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## АГРЕГАТОВ ЗАЖИГАНИЯ ГТД



**Владимир Зуев**, ведущий научный сотрудник ГНИИИ Военной медицины МО РФ, к.м.н., с.н.с.

**Галина Перминова**, начальник отдела радиационной гигиены департамента Госсанэпиднадзора Минздрава РФ

**Геннадий Березин**, старший преподаватель ВВИА им. Н.Е. Жуковского, к.т.н., доцент

**Роман Афанасьев**, начальник отдела ГНИИИ Военной медицины МО РФ, к.м.н., доцент

**В системах запуска авиационных газотурбинных двигателей летательных аппаратов государственной и гражданской авиации используются агрегаты зажигания, укомплектованные радионуклидными разрядниками. Большинство этих агрегатов разработано в 60-80-е годы прошлого века, поэтому ввод в действие новых федеральных норм и правил в области радиационной безопасности требует приведения в соответствие с ними порядка обращения с агрегатами и узлами, содержащими радионуклиды. Техническая документация на вновь разрабатываемые изделия должна учитывать требования современных нормативных документов, а условия труда при использовании изделий, находящихся в эксплуатации, должны быть приведены в соответствие с требованиями санитарных правил. На агрегаты зажигания и условия труда оформляются санитарно-эпидемиологические заключения о соответствии требованиям санитарных правил.**

Источниками ионизирующего излучения (ИИИ) в агрегатах зажигания (АЗ) являются разрядники Р-22 или Р-26, представляющие собой стеклянные двухэлектродные приборы длиной 43...64 мм и диаметром 22...27 мм. В них помещены β-излучатели, создающие начальную ионизацию газовой среды, которая благодаря большей крутизне переднего фронта импульса тока обеспечивает более надежное зажигание. Каждый разрядник, а в АЗ смонтировано по два прибора, помещен в амортизатор (плотно закрытую коробку из резины или прессматериала) и установлен в герметичный металлический корпус АЗ.

В приборах 1-го поколения использовались источники излучения БИП-10 с радионуклидом прометий-147 (разрядник Р-22) и НИ-5 с радионуклидом никель-63 (разрядник Р-26), а в приборах 2-го поколения - газообразный тритий. Перечисленные радионуклиды излучают только β-частицы, которые, тормозясь в материале корпуса разрядника, генерируют тормозное рентгеновское излучение, кроме того, незначительный (не более 1 % от общей активности) вклад вносят γ-излучающие технологические примеси.

Эффективность всех элементов радиационной защиты (стенки корпусов разрядника и амортизатора, алюминиевые стенки кожуха АЗ) такова, что мощность дозы фотонного излучения и плотность потока β-частиц на поверхности АЗ находятся на уровне естественного радиационного фона. Тем не менее, вне АЗ разрядник условно считается открытым радионуклидным ИИИ. Следует особо подчеркнуть, что отсутствие γ- и β-излучения за пределами корпуса АЗ не позволяет отыскать его войсковыми измерителями мощности дозы при летном происшествии.

Активность радионуклида в разряднике на 2...4 порядка меньше минимально значимой активности (МЗА - активности открытого ИИИ в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов госсанэпидслужбы на использование этих источников, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности), поэтому разрядник не является радиационным источником, требующим производственного контроля за радиационной безопасностью (РБ) его эксплуатации. Разрешение (лицензия) на работу с АЗ не требуется при соблюдении условий п. 1.8 ОСПОРБ-99, о чём указывается в санэпидзаключении на него. Если общая активность радионуклида в разрядниках (в составе АЗ и вне их), находящихся в организации, превышает более чем в 10 раз значение МЗА (более 135 разрядников с прометием-147, 540 с никель-

лем-63, 1350 Р-26 или 13 500 Р-22 с тритием), или сумму отношений активности разных радионуклидов к их табличным значениям, приведенным в Нормах радиационной безопасности НРБ-99, то необходимо получение санэпидзаключения о соответствии условий работы санитарным правилам СанПиН 2.6.1.1015-01. Если же разрядники (исправные и неисправные) в таком количестве находятся вне АЗ, то организации необходимо иметь лицензию на право проведения работ.

В государственной авиации АЗ эксплуатируются в авиачастях, частях тыла (складах) и на авиаремонтных заводах (АРЗ). В авиачастях и на складах вскрытие кожухов АЗ не производится, поэтому эксплуатация АЗ не представляет какой-либо опасности для обслуживающего персонала. Так как активность радионуклида даже во всех АЗ одного ЛА не превышает МЗА, то, согласно Основным санитарным правилам обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99, инженерно-технический состав, осуществляющий эксплуатацию АЗ, не относится к группе облучаемых лиц. На АРЗ кожухи АЗ вскрываются и производятся различные операции непосредственно с разрядниками, при этом на АРЗ может находиться большое количество разрядников как в составе АЗ, так и вне их.

Все имеющиеся АЗ (разрядники) должны быть учтены в приходно-расходном журнале радиоизотопных приборов (РИП) и ежегодно подвергаться инвентаризации комиссией, назначенной руководителем предприятия. Неисправные, а также отработавшие установленный срок службы АЗ отправляются на АРЗ или сдаются по акту на пункт захоронения радиоактивных отходов (ПЗ РАО) НПО "Радон" как радиоактивные отходы (РАО). Неисправные разрядники передаются на ПЗ РАО, необходимые для этого средства могут быть получены за счёт реализации цветных и драгоценных металлов, содержащихся в АЗ.

Организация, занимающаяся проектированием и производством АЗ (разрядников) с радионуклидами, должна иметь лицензию на этот вид деятельности, при этом серийное производство, реализация и использование таких агрегатов и узлов допускаются только после проведения их гигиенической оценки и оформления санэпидзаключения федерального органа госсанэпиднадзора. Санэпидзаключение о соответствии условий работы санитарным правилам выдает курирующий ЦГСЭН. В технической документации, поставляемой потребителю вместе с АЗ, должны быть приведены: группа радиационной опасности АЗ (разрядника); тип и активность (удельная активность) используемых ИИИ;



Разрядники Р-22 (слева) и Р-26

мощность эквивалентной дозы излучения на поверхности АЗ и на расстоянии 1 м от него; необходимость получения эксплуатирующей организацией санэпидзаключения территориального органа госсанэпиднадзора и лицензии регионального органа Госатомнадзора на эксплуатацию, хранение и ремонт АЗ; вид группы облучаемых лиц (персонал группы А или Б) для лиц, осуществляющих эксплуатацию и ремонт АЗ, а также для работающих с поврежденными разрядниками и АЗ (в том числе и при летном происшествии); тип дозиметрических приборов для проведения радиационного контроля. Раздел "требования безопасности" должен включать вопросы ликвидации последствий возможных радиационных аварий при эксплуатации, транспортировке и ремонте АЗ (действия специалистов в ходе ликвидации аварии; необходимые средства индивидуальной защиты при поиске и маркировке АЗ, проведении исследований, а также выкладывании схемы разрушенных частей и обломков конструкции ЛА; технические средства ликвидации последствий аварии; порядок отправки АЗ, у которого разрушен кожух и разрядники). В паспорте на АЗ указываются количество, марка и индивидуальный номер установленных разрядников, а также активность и удельная активность радионуклида в разряднике. В паспорте на разрядник необходимо указать его марку, марку используемого ИИИ, радионуклид, содержащийся в ИИИ, его активность и удельную активность. АЗ должен быть маркирован знаком радиационной опасности (на наружной или внутренней поверхностях корпуса агрегата или непосредственно на разряднике).

Весьма актуальными становятся вопросы обеспечения РБ при утилизации ЛА. Применительно к  $\beta$ -активным радионуклидам ЛА считается радиоактивно загрязненным, если плотность потока  $\beta$ -частиц на расстоянии не более 10 см от поверхности ЛА превышает 24 част./мин·см<sup>2</sup>. Для исключения радиоактивного загрязнения металлолома ЛА перед разделкой должен в обязательном порядке пройти производственный радиационный контроль с оформлением санэпидза-

ключения о соответствии санитарным нормам. Санэпидзаключение о соответствии ЛА санитарным нормам выдается органом госсанэпидслужбы, осуществляющим санитарный надзор за объектом, по результатам радиационного обследования ЛА лабораторией радиационного контроля, аккредитованной на право проведения таких измерений. По окончании разделки ЛА проводится радиационный контроль партии металлолома, подготовленной к транспортированию и реализации, и на неё выдается санэпидзаключение.

В целях исключения загрязнения окружающей среды и необоснованного облучения личного состава, участвующего в разделке ЛА, а также в ходе хранения РАО технология разделки ЛА и порядок хранения РАО должны быть разработаны с учетом положений новых санитарных правил и нормативов. Вопрос о судьбе ИИИ должен обязательно учитываться при разработке технологии утилизации ЛА. Не подлежащие дальнейшему использованию АЗ учитываются в журнале учёта РАО. Своевременная утилизация АЗ позволит снизить уровень возможного радиоактивного загрязнения в местах их хранения (складирования).

Все проектные материалы по утилизации на объектах разделки ЛА должны пройти Государственную экологическую экспертизу. Одним из обязательных документов для финансирования реализации объекта экспертизы является положительное заключение экспертной комиссии.

Для исключения какого-либо радиационного воздействия на лиц, работающих с АЗ и разрядниками, а также исключения расходов на удаление и захоронение РАО необходима модернизация серийных АЗ путём замены радионуклидных разрядников на приборы, не имеющие в своём составе радиоактивных веществ. Если же в настоящее время подобная замена невозможна, то целесообразно применять газонаполненные разрядники, предварительно проведя исследования по выбору радиоактивного газа в соответствии с гигиеническими требованиями к устройству и эксплуатации РИП 2001 г. **П**

## **БОРЬБА ЗА СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗРЯДА**

**Маленький прибор в руках автора статьи - это разрядник, который отвечает за дозирование энергии, подаваемой на свечу зажигания газотурбинного двигателя.**

Когда авиация стала переходить на газотурбинную тягу, обнаружилось, что системы зажигания, отлично работавшие на поршневой технике, для реактивной непригодны. Пришлось "городить огород": применять специальные воспламенители, продувку кислородом, использовать бензин или спирт в качестве пускового топлива (последнее было особенно по душе летчикам и техникам!), в систему добавились десятки пусковых элементов и узлов, чтобы быстро и вовремя запустить двигатель и взлететь.

Первыми создали систему, исключаящую все эти устройства для подготовительного пуска, англичане, за ними и американцы. Однако в результате борьбы за стабильность энергии разряда на свечах зажигания, где применялись простые воздушные искровые разрядники, масса системы зажигания доходила до 20 кг. Когда разрядник заключили в стеклянную колбу, стало легче, но не очень. Как известно, в то время бурно развивалась атомная промышленность. Учитывая существующий опыт, попробовали применить для стабилизации энергии разряда радиоизотопы. Помогло, только мощность излучения первых приборов была великовата. У нас специалист носил разрядник в кармане брюк, не расставаясь с ним (т.к. деталь была очень важной), и заработал незаживающую язву. Проведя многочисленные и сложные эксперименты, требуемую мощность излучения удалось существенно снизить. С тех самых пор они и производятся практически без изменений. Нужно отметить, только три страны в мире создали и производят такого типа приборы: Великобритания, США и СССР (теперь Россия).



Достигнутый в настоящее время уровень стабильности энергии в традиционных конденсаторных системах зажигания определяется разбросом пробивного напряжения двухэлектродных разрядников, используемых в качестве пороговых коммутирующих устройств. Этот разброс достигает 40 % в зависимости от типа разрядника. Работы по уменьшению разброса пробивных напряжений разрядников велись непрерывно с конца 50-х годов. Для решения этой проблемы было принято несколько постановлений ВПК, в исследовательских работах принимали участие академические и ведомственные институты нескольких министерств. От ЦИАМ в этих работах участвовали Н.Г. Максимов и О.А. Попов. Одна из важнейших задач, которую необходимо было решить, заключалась в создании специального эрозионно стойкого электродного материала. Его удалось найти только в начале 90-х годов. Окончился первый этап из запланированного цикла работ, связанных с созданием высокостабильных двухэлектродных разрядников "Лайнер", у которых разброс пробивного напряжения разряда не превышает 12 %. К сожалению, продолжения эти работы по известным причинам не получили, однако при возобновлении финансирования их можно довести до логического конца.

В последнее время для обеспечения стабильности энергии разряда американцы (Unison) начали применять электронные схемы на основе высоковольтных тиристоров; наши (УНПП "Молния") пошли похотим путем. Увы, не везде можно использовать эти системы, потому и в XXI веке разрядники на основе РИП широко применяются. **П**

**Ростислав Федоров, специалист по системам зажигания ЦИАМ**

# НЕ ТОЛЬКО "АГЛИЦКИХ БЛОХ", НО И ФРАНЦУЗСКИЕ МОТОРЫ...

**Александр Михайлов**, доцент, к.т.н., советник ПАРАН

**В** Государственном архиве Тульской области хранится ряд документов из переписки Главного артиллерийского управления русской армии, Гатчинской воздухоплавательной школы и Императорского Тульского оружейного завода о возможности организации производства и ремонта на заводе авиационного двигателя "Гном" мощностью 70 л.с. Документы датированы декабрем 1912 - октябрем 1913 г.

**Документ № 1** - предписание заведующего техническими артиллерийскими заведениями начальнику ИТОЗ генерал-майору А.В. Куну от 6 декабря 1912 г.:

"Предлагаю Вам представить мне свои соображения установить на вверенном Вам заводе, в видах обеспечения работ на случай уменьшения казенных заказов, изготовление двигателей для аэропланов".

Проанализировать предложение ГАУ и возможности завода для его осуществления было поручено помощнику начальника завода по технической части генерал-майору Федорову.

**Документ № 2** - рапорт генерал-майора Федорова начальнику ИТОЗ от 11 декабря 1912 г.:

"...Решить вопрос о возможности установить производство указанных двигателей по уменьшению работ при существующей в Заводе литейной можно лишь по получении детальных чертежей двигателей и указания, в каком количестве и на какой срок могут быть заказаны такие двигатели. Во всяком случае, существующая литейная для такого точного и сложного литья, какое требуется для аэроплановых двигателей, будет мало пригодна... Не зная детального устройства двигателей и в каком количестве они будут заказаны, в настоящее время трудно сказать, потребуется ли приобрести какие-либо новые станки или представится возможность обойтись имеющимися механическими средствами.

Во всяком случае, для детального изучения такого производства потребуется командировать с Завода офицера на заграничный завод, изготавливающий такие двигатели".

О серьезности намерений ГАУ свидетельствует присылка на завод двигателя.

**Документ № 3** - отношение Главного управления Генерального Штаба начальнику завода от 31 марта 1913 г.:

"...мотор высылается для детального ознакомления чинов вверенного Вам завода с устройством двигателей, которые в настоящее время применяются у нас в воздухоплавании и для соображений о возможности установки производства этих двигателей, а равно и ремонта их..."

**Документ № 4** - письмо и.д. начальника Авиационного отдела Гатчинской воздухоплавательной школы штабс-капитана Горшкова начальнику ИТОЗ от 20 июня 1913 г.:

"Наиболее подходящая литература для ознакомления с моторами "Гном" следующая:

- 1) Описание 70HP Гнома Лебедева и Тереньтьева - "Техника воздухоплавания" № 11 и 12...
- 2) Неисправности Гномов - военного инженера штабс-капитана Борейко, редакция журнала "Воздухоплаватель"...
- 3) Французский каталог - можно получить у фирмы Эльмет - С-Петербург, Литейный 40.

В авиационном отделе свободных руководств не имеется".

На последнем документе резолюция: "Штабс-капитану Барташевичу".

**Документ № 5** - рапорт штабс-капитана Барташевича помощнику начальника завода от 14 октября 1913 г.:

"При сем представляю 4 сметы на производство моторов Гном 70 л.с. на установку их, на специальное оборудование и на оборудование станками обыкновенного типа.

Независимо от сего, нахожу нужным донести... Особые условия работы моторов заставляют предъявлять к ним соответственные требования, а именно: относительная легкость, надежность действия и минимум расхода бензина и смазочных масел. К дальнейшему увеличению относительной легкости мотора едва ли следует стремиться, так как вес мотора составляет около 1 % полного веса аэроплана. Надежность действия заставляет желать многого... Расход бензина пока очень велик (330 гр. на 1 л.с.)...

По причинам, только что изложенным, все фабриканты воздухоплавательных моторов выпускают все новые и новые модели последних.

Если какой-нибудь казенный завод установит производство воздухоплавательных моторов для снабжения армии, то очень скоро последняя будет вооружена моторами устаревшей модели по сравнению с другими армиями. Для того, чтобы этого не случилось, надо производство моторов поставить на иных началах, из которых главные:

1) предоставить заводу право изменять чертеж мотора, если на опыте это изменение окажется полезно и

2) дать возможность строить новые модели моторов.

Для того, чтобы с возможной полнотой судить о пользе или вреде изменений... необходимо, чтобы лицо, непосредственно ведающее этим производством, было компетентно в этом вопросе не только с точки зрения механика, но и как летчика..., а для опытов на заводе должен быть аэроплан.

Для того же, чтобы выпускаемые заводом моторы не отставали от рынка, необходимы периодические командировки лица, ведающего производством моторов на все крупные заводы, строящие воздухоплавательные моторы.

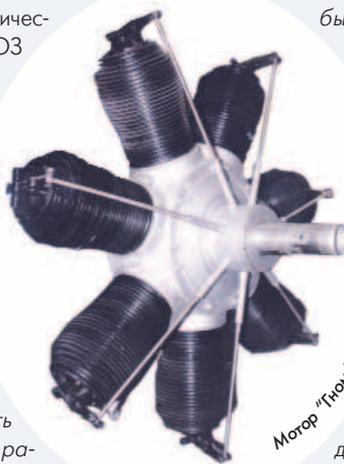
Подлинный подписал: гв. шт. капитан Барташевич".

На рапорте резолюция начальника завода: "Представить в Гл. Ар. А. Кун".

Военный инженер А.М. Барташевич, один из лучших специалистов завода, правильно разобрались в сути проблемы постановки производства авиационных двигателей и внес компетентные предложения по ее решению. В дополнение к рапорту, инженером Барташевичем были составлены подробные сметы для организации производства "Гномов".

Запланированная постройка новой литейной мастерской и наличие прекрасно оборудованных кузнечной, механической, инструментальных мастерских и химико-технической лаборатории давали заводу возможность взяться за изготовление двигателей. Квалификация инженеров, техников и рабочих, освоивших к 1913 г. выпуск сложнейшей военной продукции, станков и инструментов на европейском уровне не вызвала сомнений в успехе.

...Однако увеличение основных военных заказов перед Первой мировой войной не позволило реализовать эти планы. **ПА**



Мотор "Гном 70"



Гв. штабс-капитан А.М. Барташевич

## ДВИГАТЕЛИ В НУМИЗМАТИКЕ

**Наверное все мы отдали в свое время дань коллекционированию. У большинства марки, монеты, открытки - друзья далекой юности, но многие пронесли это увлечение через всю жизнь. Наш журнал ранее не затрагивал этой темы, хотя она, как нам представляется, многим может быть интересна.**

Многие страны изображают на своих монетах и банкнотах различные виды транспорта - от повозок до реактивных пассажирских самолетов. А по паровозам и самолетам можно подобрать серию, начинающуюся детищами Джефферсона и братьев Райт и заканчивающуюся последними моделями их. А вот изображения отдаленно двигателей отчеканены только на двух монетах и одной банкноте.

Медно-никелевая монета в 1 крону с изображением дизельного двигателя, портретом его создателя Рудольфа Ди-

зеля и годами жизни конструктора была выпущена на острове Мэн, расположенном в проливе Ла-Манш и принадлежащем Англии. Монета вышла в 1995 г. в серии, посвященной великим ученым. Вообще для этого острова выпуск монет, рассчитанных на любые вкусы нумизматов, составляет значительную часть доходов.



Вторая монета - золотая номиналом в 100 канадских долларов. Ее выпустили в 1994 г., чтобы отметить роль, как у нас говорят, "трудового фронта" Канады во Второй мировой войне. На монете мы видим женщину устанавливающую какую-то деталь в авиационном моторе.



Великобритания на банкноте в 5 фунтов стерлингов поместила портрет Дж. Стефенсона и первый в мире построенный им паровоз с очень четко просматривающейся паровой машиной.

**Андрей Барановский**

Компания "Белмонт груп", российский системный интегратор, поставщик комплексных решений по построению и развитию IT-инфраструктуры предприятий, внедрению бизнес-приложений и сетевых решений, работающая на российском рынке с 1997 г., провела в отеле "Золотое кольцо" двухдневный семинар, посвященный выводу на российский рынок программного продукта VISaer, предназначенного специально для авиационной промышленности и предприятий сферы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. В семинаре приняли участие представители четырнадцати крупных российских авиакомпаний.

Система VISaer в настоящее время используется по всему миру в области

обслуживания, ремонта и инжиниринга воздушных судов. Пользователями системы являются такие компании, как UPS, Lufthansa Technik, FLS Aerospace, China Southern Airlines, Pratt & Whitney и Wood Group и другие. Разработчик пакета программного обеспечения VISaer является корпорация VISaer (США).

VISaer - это комплексное WEB-ориентированное программное решение, объединяющее процессы планирования и обеспечивающее решение технических, эксплуатационных и коммерческих вопросов, связанных с обслуживанием авиационной техники. Система предоставляет инструменты, необходимые для управления процессом обслуживания воздушных судов.

Система VISaer позволяет авиакомпаниям, независимым сервисным и ремонтным организациям, государственным подрядчикам и производителям оборудования эффективно планировать работу всего предприятия повысить эффективность работы и сократить общие затраты.

Комментируя решение об установлении партнерских отношений с VISaer, директор по развитию бизнеса компании "Белмонт Групп" - Григорий Главин - отметил, что впервые на российском рынке будет предложено решение, которое выгодно отличается от конкурентных предложений своей проработанностью, разумной ценой и небольшим сроком внедрения.

**Соб. инф.**

## ПРОДОЛЖАТЬ ТРАДИЦИИ!

С 15 по 16 апреля 2004 года в Москве, в рамках работы Восьмого международного салона "Двигатели-2004", состоялся семинар "Нам продолжать традиции", организатором которого явился Совет молодых ученых и специалистов ЦИАМ. Семинар был посвящен обмену опытом работы молодых специалистов двигателестроительных предприятий аэрокосмической промышленности. В нем приняли участие представители Советов молодых специалистов 19-ти предприятий авиационно-космической отрасли из Москвы, Московской области, Самары, Уфы, Комсомольска-на-Амуре, Рыбинска, Перми, Запорожья.

Впервые в ходе форума двигателестроителей прозвучали доклады, посвященные молодежной политике, проводимой ЦИАМ им. П.И.Баранова, НПО "Сатурн", ММПП "Салют", ОАО "Авиадвигатель", ОАО "Мотор Сич", ОКБ "Сухого", прошли обсуждения и дискуссии. Экскурсия, проведенная Президентом Союза авиационного двигателестроения Виктором Михайловичем Чуйко по стендам салона, запомнит-

ся участникам семинара, без всякого преувеличения, на всю жизнь.

Отсутствие должного внимания со стороны государства к наукоемким отраслям промышленности в последние годы привело к катастрофическому снижению престижност-



ти работы в авиационно-космической промышленности. Как следствие - беспрецедентное повышение среднего возраста сотрудников предприятий и организаций отрасли. Разница в возрасте между работающими на предприятиях и приходящими сейчас им на смену превысила ...40 лет!

Для сохранения и развития отечественной авиационно-космической техники на многих предприятиях авиационно-космической отрасли созданы и успешно действуют Советы молодых специалистов. Именно они должны принять на себя основную тяжесть решения задач преемственности в отрасли, отстаивать неотъемлемое право молодых специалистов на участие в научно-технических исследованиях, опытно-конструкторских работах и производстве новой авиационно-космической техники.

Безусловно, прошедший семинар "Нам продолжать традиции" был полезен. Об этом говорит и активность участников, и география предприятий, приславших своих представителей молодежи на это мероприятие, и внимание и забота организаторов салона "Двигатели-2004".

Всю полноту информации о семинаре можно найти на сайте <http://smc.ciam.ru>.

**Сергей Стряпунин,**  
председатель Совета молодых ученых и специалистов ЦИАМ



# ЦЕЛЬ ЖИЗНИ - СТРОИТЬ МОТОРЫ

*Страницы жизни конструктора А.Д. Швецова*

(Продолжение. Начало в № 1, 2 -2004)

**Лев Берне**

На всех девятицилиндровых моторах А.Д. Швецова для устранения крутильных колебаний коленчатого вала применялись демпферы колебаний. Для этого один из противовесов вала был закреплен на щеке вала не жестко, а на двух пальцах, которые позволяли противовесу прокачиваться в противофазе основным колебаниям. На моторах М-62ИР с 1941 г. такие демпферы устанавливались на обеих щеках коленчатого вала для демпфирования крутильных колебаний, передаваемых на его носок от воздушного винта через редуктор. В связи с тем, что транспортные и гражданские самолеты в то время практически не летали выше 2000...2500 м, мотор М-62ИР оснащался простым и надежным односкоростным приводным центробежным нагнетателем (ПЦН).

В 1939-1940 гг. в ОКБ Швецова был сделан последний однорядный опытный мотор М-64, форсированный по взлетной мощности до 1200...1300 л.с. Мотор имел довольно напряженные удельные параметры: его взлетная литровая мощность составляла 41,3 л.с., а среднее эффективное давление на том же режиме 15,5 кгс/см<sup>2</sup>, т.е. существенно больше, чем у М-71 и М-81. Тем не менее, мотор, как говорится, "получился". Он прошел госиспытания в 1940 г. и мог быть сравнительно легко запущен в серию, так как его внедрение не сопровождалось коренной технологической перестройкой серийного завода. Одновременно с проведением комплекса госиспытаний в производство была запущена малая установочная серия. Однако в полномасштабное серийное производство М-64 не пошел по двум важнейшим причинам. Во-первых, его доводка оказалась сопряженной с определенными трудностями, а, во-вторых, его мощность к этому времени была уже недостаточна для новых боевых самолетов.

Таким образом, к 1939-1940 гг. взлетная мощность однорядных звездообразных моторов воздушного охлаждения конструкции ОКБ А.Д. Швецова увеличилась с 625 до 1100 л.с., а номинальная - с 625 до 930 л.с. Это, естественно, привело к утяжелению моторов: до 515 кг у М-63 по сравнению с 440 кг у М-25, однако удельная масса при работе мотора на номинальном режиме снизилась с 0,704 до 0,554 кг/л.с. Высотность увеличилась от 2000 м у мотора М-25 до 4500 м у М-63.

## Двухрядные "звезды" А.Д. Швецова

В конце тридцатых годов ОКБ приступило к разработке трех основных типов двухрядных звездообразных моторов: 14-цилиндровых М-81 и М-82 и 18-цилиндрового М-71. Двигатели М-71 и М-81 имели такие же размеры цилиндров, как и все девятицилиндровые "звезды" Швецова - диаметр цилиндра 155,5 мм и ход поршня 174,5 мм. По конструкции цилиндров, поршней и шатунов они мало отличались от своих однорядных предшественников. При создании двухрядных моторов довольно много деталей позаимствовали от серийных моторов - это облегчало изготовление опытных образцов и внедрение их в серию, поскольку производственные возможности опытного цеха ОКБ были еще недостаточными.

В 1940 г. мотор М-81 взлетной мощностью 1600 л.с. (номинальная - 1300 л.с. на высоте 5200 м) прошел госиспытания и был установлен на истребителе Н.Н. Поликарпова И-185 вместо предполагавшегося по проекту двигателя М-90, который еще не был доведен запорожским заводом до требуемого уровня мощности и надежности. Первый вылет И-185 М-81 состоялся 11 января 1941 г. В указанный период времени М-81 оказался самым мощным из оте-

**Однорядные звездообразные моторы конструкции А.Д. Швецова**

Характеристика		М-25	М-25А	М-25В	М-62	М-62ИР	М-63
Год выпуска		1935	1936	1937	1938	1939	1939
Число цилиндров		9	9	9	9	9	9
Диаметр цилиндра, мм		155,5	155,5	155,5	155,5	155,5	155,5
Ход поршня, мм		174,5	174,5	174,5	174,5	174,5	174,5
Рабочий объем, л		29,87	29,87	29,87	29,87	29,87	29,87
Степень сжатия		6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	7,2
Масса сухого мотора, кг		433	445	453	520	560	515
Взлетный режим	Частота вращения вала, об/мин	1950	2100	2200	2200	2200	2300
	Давление наддува, мм рт. ст.	875	940	955	1050	1050	1065
	Мощность, л.с.	625	720	775	1000	1000	1100
Номинальный режим	Частота вращения вала, об/мин	1950	2100	2100	2100	2100	2200
	Давление наддува, мм рт. ст.	875	875	865	900	900	915
	Мощность, л.с.	700	730	750	800	840	900
Номинальные удельные параметры	Расчетная высота, м	2000	2500	2900	4200	1500	4500
	Литровая мощность, л.с./л	20,9	21,76	23,43	27,79	27,43	31,13
	Удельная масса, кг/л.с.	0,69	0,685	0,647	0,626	0,683	0,554
	Средн. эфф. давление, кгс/см <sup>2</sup>	9,65	9,33	10,04	11,91	11,77	12,74
Габаритный диаметр, мм		1365	1365	1365	1375	1375	1375

чественных моторов, пригодных для проведения летных испытаний. Однако он имел мощность на 400 л.с. меньшую, чем М-90, поэтому истребитель продемонстрировал недостаточную максимальную скорость и скороподъемность. Вскоре проблемы с М-90 в определенной мере разрешились, да и ОКБ А.Д. Швецова стало предлагать самолетикам значительно более мощный мотор М-71. В связи с этим дальнейшую разработку М-81 прекратили и самолеты, на которых предполагали его устанавливать, стали переделывать под М-71 и М-90. Среди этих самолетов были, кроме И-185, высотный бомбардировщик ДВБ-102 конструктора В.М. Мясищева, штурмовики Су-6 и Су-8 конструктора П.О. Сухого и некоторые другие.

Мотор М-71 имел взлетную мощность 2000 л.с. и номинальную 1550 л.с. на высоте 5500 м. Впоследствии в варианте М-71Ф, предназначенном для штурмовиков Су-6 и Су-8, взлетную мощность довели до 2200 л.с., а номинальную - до 1800 л.с. на высоте 3800 м. Естественно, что с двигателем М-71 истребитель И-185 имел значительно лучшие летные данные, нежели с менее мощным М-81. Первый полет И-185 с М-71 состоялся 8 апреля 1941 г. После завершения летных испытаний весной 1942 г. двигатель М-71 и истребитель И-185 были рекомендованы к серийному производству. Несколько самолетов успешно прошли войсковые испытания на Калининском фронте в 728-м истребительном авиационном полку. Строевые летчики отмечали прекрасные летные характеристики истребителя и рекомендовали срочно развернуть его серийное производство. Так, командир полка В.С. Василяка в своем отзыве указывал: *"В настоящее время самолет И-185 является лучшим самолетом истребительного типа по своей простоте в управлении, по скорости, по маневру (особо на вертикали), по вооружению и живучести"*.

Параллельно проводились государственные испытания первого серийного образца (эталона) И-185. В ходе их было отмечено несколько отказов мотора, один из которых привел к аварии. А.Д. Швецов получил задание срочно устранить обнаруженные дефекты, что и было сделано. Однако в апреле 1943 г. во время доводочных испытаний самолет потерпел катастрофу, погиб известный летчик-испытатель В.А. Степанченко. Непосредственной причиной аварии явилось засорение жиклера карбюратора грязным бензином, но в итоге доверие к самолету и мотору было подорвано. Это оказалось на руку тем силам в наркомате авиапромышленности, которые недоброжелательно относились к Н.Н. Поликарпову и всячески вставляли ему "палки в колеса". Вскоре все работы по И-185 были прекращены (между тем, в акте НИИ ВВС КА по результатам госиспытаний эта машина оценивалась как "лучший из известных отечественных и иностранных истребителей"). Решение наркомата нанесло серьезный удар и по программе мотора М-71, но у Швецова оставалась надежда на более мощный, хоть и менее высотный вариант М-71Ф, который предназначался для штурмовиков Су-6 и Су-8. Однако очень неплохой штурмовик Су-6, имевший серьезные преимущества перед широко известным Ил-2, также не стал серийным несмотря на то, что его конструктор П.О. Сухой получил за создание машины Сталинскую премию. Сыграло свою роль вполне понятное в годы войны нежелание начинать серьезную перестройку производства, чреватую сокращением выпуска самолетов и моторов. Кроме того, отношение к П.О. Сухому у руководства страны в те годы было негативным (говорят, И.В. Сталин был серьезно рассержен на него из-за отказа Павла Осиповича возглавить ОКБ-22 после гибели конструктора В.М. Петлякова в авиационной катастрофе).

При анализе причин весьма сдержанного отношения отечественных авиационных руководителей к моторам воздушного охлаждения в конце тридцатых - начале сороковых годов прошлого столетия следует также иметь в виду, что именно тогда на самолетах, оснащенных "звездами" М-87 и М-88, погибли известнейшие всей стране летчики-испытатели В.П. Чкалов и Т.П. Сузи. "Ишаки" и бипланы И-15бис с моторами М-25 в небе Испании не смогли "на равных" сражаться с новейшими немецкими истребителями В. Мессершмитта. Моторы водяного охлаждения и оснащенные ими самолеты на какой-то период времени по ряду важнейших характеристик (моторы - по удельной мощности и так называемому "удельному лбу", то есть по мощности, отнесенной к площади миделевого сече-



Истребитель И-185 с мотором М-71

ния, а самолеты, главным образом, по скорости и скороподъемности) вырвались вперед, в определенной степени скомпрометировав "звезды". Почти все серийные истребители нового поколения во всем мире в конце тридцатых годов создавались в расчете на V-образные моторы жидкостного охлаждения. *"Видимо, немецкий самолет Мессершмитта с подобным двигателем у многих стоял перед глазами"*, - заметил впоследствии нарком А.И. Шахурин.

Однако не прошло и двух-трех лет после безоговорочного триумфа моторов, охлаждаемых водой или этилен-гликолем, как двигателистроители смогли найти технические решения, обеспечившие резкое улучшение важнейших характеристик моторов воздушного охлаждения. Более того, многие дальновидные специалисты, в том числе начальник истребительного отдела НИИ ВВС КА военинженер I ранга А.С. Воеводин и сам начальник научно-исследовательского института ВВС в предвоенный период генерал-майор А.И. Филин, считали мотор воздушного охлаждения принципиально более подходящим для истребителя (он отличался повышенной живучестью и при атаке "в лоб" служил своеобразной броней для пилота).

Из трех двухрядных моторов, проектирование которых было начато в ОКБ А.Д. Швецова, больше других повезло разработанному в инициативном порядке принципиально новому двигателю М-82, ведущим конструктором по которому был И.П. Эвич. "Восемьдесят второй" представлял собой 14-цилиндровую двухрядную "звезду" с тем же диаметром цилиндров, что и у предшествующих шведовских моторов, но с укороченным до 155 мм ходом поршня. Это позволило существенно уменьшить габаритный диаметр - до 1260 мм вместо 1375 мм у прежних моторов. Удлиненный носок картера обеспечивал хорошее капотирование и снижал аэродинамическое сопротивление мотоустановки. Оригинально была решена задача создания картера сложной конструкции. Новыми, естественно, стали коленчатый вал и редуктор.

Мотор М-82А оснащался беспоплавковым карбюратором АК-82БП. По сравнению с аналогичными поплавковыми агрегатами АК-82БП отличался простотой регулировки и мог работать при любом положении самолета без изменения качества питания. Для обеспечения постоянной частоты вращения винта применялся регулятор типа Р-7. Приводы к агрегатам на задней крышке М-82А были расположены так же, как у моторов М-62 и М-63. В приводном центробежном нагнетателе на всех передачах применялись шестерни с удлиненными зубьями. В отличие от мотора М-62 запуск мог быть осуществлен как электроинерционным стартером, так и при помощи сжатого воздуха.

Судьба серийного производства М-82 не раз повисала на волоске. В первый раз это случилось весной 1941 г., когда полным ходом шло перевооружение ВВС истребителями с моторами жидкостного охлаждения. "Ишаки" и "Чайки" со звездообразными однорядными двигателями доживали свой век, и в наркомате авиапромышленности родилась идея: переориентировать пермский завод № 19 на производство рядных V-образных двигателей, которых остро не хватало. В то время секретарем Пермского обкома партии был Н.И. Гусаров, который оказывал всемерную поддержку ОКБ и серийному заводу. Может быть, известное значение имело то, что Гусаров по образованию был авиационным инженером - он окончил МАИ в одном из первых выпусков. Именно ему довелось сообщить А.Д. Швецову печальную весть о том, что завод решено перепрофи-

лироваться на выпуск моторов водяного охлаждения. А это, по существу, означало, что темпы работ по созданию и внедрению в серию новых шведских двигателей резко снизятся, а может быть и прекратятся вовсе, так как без помощи серийного завода трудно было рассчитывать на их быстрое освоение. Другого серийного завода с аналогичным технологическим уровнем в стране не было. Казалось, все кончено. Однако Гусаров, поверив в высокие качества мотора М-82, направил в ЦК ВКП(б) письмо с выражением несогласия с принятым решением. Вскоре раздался звонок из Москвы, из оборонного отдела ЦК. В решительном тоне Гусарову выговорили за опрометчивый поступок. Секретарь обкома попросил об одном: вызвать его в Москву для личного объяснения. Его вызвали и направили на завод № 24 - учиться, как налаживать производство двигателя водяного охлаждения. На выполнение этого указания выделили десять дней.

На четвертый день утром он написал заявление - еще раз прошу пересмотреть принятое решение ...и уехал в Пермь. В ночь на 28 апреля 1941 г., ровно в три часа, из Москвы позвонил Поскребышев - секретарь И.В. Сталина:

- *Товарищ Гусаров? Будете говорить с товарищем Сталиным...*

После пятиминутного разговора по телефону упрямый Гусаров был вызван к Сталину вместе с А.Д. Швецовым. Вождь принял их не сразу. После нескольких дней ожидания, в ночь с 4 на 5 мая, снова зазвонил телефон. Поскребышев сообщил, что машина уже вышла и скоро будет у гостиницы. Меньше чем через полчаса они въехали в Кремль. Поскребышев пригласил к Сталину Гусарова, Швецов остался в приемной.

Сталин встретил Гусарова раздраженным вопросом:

- *Ну, добились своего?*

Гусаров не понял, чего он, по мнению Сталина, уже добился и ответил неопределенно:

- *Не знаю, товарищ Сталин.*

Сталин потребовал объяснить, чем вызваны возражения против переключения завода на выпуск двигателей водяного охлаждения, но пропустил все доводы мимо ушей. Когда Гусаров закончил, Иосиф Виссарионович сказал, что все же придется отказаться от моторов воздушного охлаждения: они не устраивают... Гусаров снова заговорил о новом двигателе Швецова, выложив основные характеристики. Сталин повел головой:

- *Не убедительно.*

Гусаров решился на последний шаг - сам обратился с вопросом:

- *Товарищ Сталин, сколько Вы сможете дать нам станков на перестройку?*

И сам же ответил:

- *Двести, ну триста единиц в год? А нам понадобятся не менее семисот. Ведь у Швецова "звезда", для их производства нужны одни станки (которые есть), а для двигателей Микулина - другие (которых нет).*



Фронтальной бомбардировщик Ту-2 с моторами М-82Ф

Сталин вызвал Швецова и сразу же спросил: в чем состоят преимущества моторов воздушного охлаждения? Швецов начал перечислять сильные стороны "звезд". Сталин прервал его: Гусаров об этом уже говорил. Последовал другой довод. Сталин опять прервал: и об этом говорил Гусаров.

Заволновавшись, Аркадий Дмитриевич сказал:

- *Я не слышал, о чем говорил Гусаров. Разрешите мне высказать свою точку зрения.*

Нужно было донести до генсека главное, и он стал говорить о возможностях совершенствования двигателя. Сталин задал еще один вопрос: в случае перестройки, сколько потребовалось бы единиц оборудования. Швецов повторил цифру, названную Гусаровым. Сталин задумался: получалось, что решение наркомата действительно было недостаточное взвешенным.

В конце концов постановление о перепрофилировании завода № 19 было отменено, и 22 мая 1941 г. мотор М-82, успешно прошедший госиспытания, был запущен в серийное производство. Через месяц началась война. Однако, поскольку отмененное постановление предусматривало также и отказ от разработки самолетов, оснащенных двухрядными моторами Швецова, то к началу войны на М-82 не нашлось "потребителя". К концу июля 1941 г. на заводском складе уже находились 700 новых моторов М-82, которые никому не были нужны. Впрочем, наркомат авиационной промышленности разослал всем самолетным ОКБ задание срочно спроектировать модификации машин с новым мотором воздушного охлаждения, но в условиях начавшейся войны главные конструкторы не спешили выполнять это распоряжение. В наиболее короткие сроки отреагировали П.О. Сухой, выпустивший малую серию легкого бомбардировщика Су-2 с М-82, а также А.Н. Туполев, которому из-за отсутствия двигателя АМ-37 пришлось переделать силовую установку своего самолета "103" (впоследствии название изменилось на Ту-2). Что касается опытных машин, то тут быстрее всех отреагировало микояновское ОКБ - первый полет самолета И-210 (фактически варианта МиГ-3 с мотором М-82) состоялся 23 июля 1941 г. В августе 1941 г. к созданию варианта истребителя Як-7 с М-82 приступили в ОКБ А.С. Яковлева. Заводские испытания машины начались в январе 1942 г. Следует признать, что ни микояновцам, ни яковлевцам на первых порах не удалось создать истребитель, оснащенный М-82, с "приличными" летными данными. Успех выпал на долю третьего отечественного истребительного ОКБ, во главе которого находился С.А. Лавочкин.

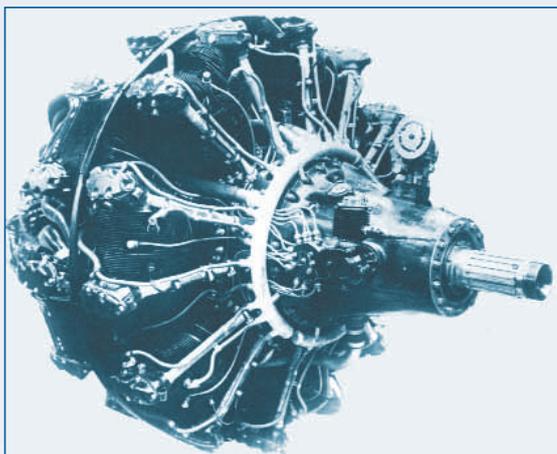
Напомню читателю о том, что при организации серийного производства летные данные самолета ЛаГГ-3, оснащенного V-образным мотором М-105П, не удалось сохранить на уровне опытного образца (И-301). Более того, "ЛаГГ" в этом смысле пострадал, видимо, больше любого отечественного самолета того периода: его масса выросла на 200...300 кг, а скорость уменьшилась почти на 60 км/ч. Столкнувшись в небе с более совершенными "мессершмиттами", наши фронтовые летчики с горечью расшифровывали "ЛаГГ" как "лакированный гарантированный гроб". Необходимо было срочно увеличить мощность установленного на истребитель двигателя, и единственным реальным кандидатом на роль обновленного "сердца" для ЛаГГ-3 был мотор М-82.

О внедрении мотора М-82 на ЛаГГ-3 вспоминал Александр Иванович Валединский. В феврале 1942 г. его вызвал к себе Швецов и сказал: *"На заводе № 21 конструктор С.А. Лавочкин по заданию правительства переделал свой ЛаГГ-3 под установку на него М-82, но что-то там не ладится. Организуйте бригаду, поезжайте, разберитесь, в чем дело, постарайтесь помочь"*.

Бригада в составе А.И. Валединского, механика Б.Я. Вертошко, ведущего конструктора И.П. Эвича срочно выехала в Горький. Там они застали печальную картину. Конструкторскому бюро Лавочкина приказали переехать на другой завод, уже были поданы вагоны. Доложили о цели приезда, командированные из Перми прошли в цех к единственному еще не отправленному самолету. Здесь же приняли решение: изменить воздухозаборник карбюратора, сделать его более коротким. Семен Алексеевич согласился с этим доводом - мотору не хватало воздуха. За ночь медник выколотил новый заборник воздуха, который, кстати, обеспечивал использование еще и скоростного напора от набегающего потока воздуха.

Заводской летчик Мищенко, сделав один полет, не узнал самолета. Он показал скорость, которую не имел в то время ни один немецкий истребитель.

О результатах сообщили в Москву, и нарком А.И. Шахурин приказал срочно создать государственную комиссию для проведе-



Мотор воздушного охлаждения М-82ФН



Изучение конструкции силовой установки истребителя Ла-5 с мотором М-82Ф

ния официальных испытаний. Через несколько дней на заводе № 21 стало известно, что ГКО принял самолет с двигателем М-82 на вооружение, присвоив ему наименование Ла-5.

Мотор был довольно быстро доведен, он получился очень хорошим, вполне надежным, простым в эксплуатации и очень живучим. Были случаи прихода истребителей с боевого задания с пулевыми и осколочными пробоинами цилиндров, причем мотор сохранял работоспособность, обеспечивая выход из боя и благополучное возвращение на аэродром. На самолетах с моторами водяного охлаждения любая пробоина, скажем, в блоке цилиндров приводила к почти немедленному выходу мотора из строя.

В 1942 г. была выпущена модификация под маркой М-82Ф, которая отличалась от М-82А неограниченным временем работы на взлетном (форсажном) режиме. Этого удалось добиться после анализа дефектов (их было немного), выявленных при эксплуатации и при проведении нескольких длительных испытаний. В декабре 1942 г. соответствующие конструктивные улучшения были введены в механизм двухскоростной передачи ПЦН и в маслосистему. Кстати, уже тогда Швецов предложил методику проведения испытаний с использованием так называемых эквивалентных циклов, когда превалирует наработка на режимах, особо напряженных для двигателя.

Несколько слов об отношении Швецова к испытаниям. Он всегда считал, что их результат окончательный и исключает дискуссии. Аркадий Дмитриевич всячески поддерживал такой порядок, и однажды прямо на испытательной станции рассказал поучительный случай.

Было это давно - в 1870 г. Когда английское адмиралтейство спустило на воду броненосец "Кэптэн", малоизвестный инженер Рид сделал модель судна и проверил, как оно будет вести себя при морском волнении. Модель опрокидывалась даже при появлении

небольших волн, и инженер немедленно сообщил об этом адмиралтейству. Его заявление, основанное на опытах с какой-то "игрушкой", было осмеяно. Но вскоре броненосец перевернулся вверх дном, и 523 моряка погибли.

- Каждый из нас, - заключил Аркадий Дмитриевич, - должен быть тем инженером Ридом, а проще говоря - человеком с неподкупной совестью испытателя.

Нет надобности говорить о том, какое значение для боевой работы истребителя имела способность М-82Ф работать без ограничения времени на форсаже: до высоты примерно 1500...1600 м мотор в условиях боя имел лишних 200...300 л.с. мощности!

Наиболее распространенные серийные двухрядные "звезды" союзников (американские "Райты", "Пратт энд Уитни" и английский Бристоль "Геркулес") заметных достоинств перед М-82 не имели, но по габаритам все они были больше. Вместе с тем, следует заметить, что немецкий мотор BMW-801 обладал важным преимуществом - он оснащался единым блоком управления режимами. Все управление работой мотора было выведено на один рычаг, связанный с системой, которая автоматически устанавливала соответствующий состав смеси, величину давления наддува, шаг винта и пр. На наших моторах летчику приходилось действовать при этом тремя рычагами: сектором газа, ручкой регулятора наддува и управлением регулятора числа оборотов (шагом винта). Это, конечно, усложняло работу пилота.

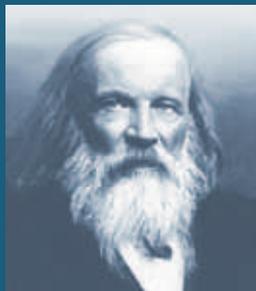
За создание мощного авиационного мотора М-82 руководителю ОКБ-19 А.Д. Швецову 24 января 1942 г. было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Кроме того, постановлением СНК Союза ССР № 485 от 10 апреля 1942 г. за создание авиатора М-82 А.Д. Швецову присуждалась Сталинская премия. **▲**

(Продолжение следует).

**Двухрядные звездообразные моторы конструкции А.Д. Швецова периода Великой Отечественной войны**

Характеристика		М-71	М-81	М-82	М-82Ф	АШ-82ФН	АШ-83
Год выпуска		1941	1940	1941	1942	1943	1945
Число цилиндров		18	14	14	14	14	14
Диаметр цилиндра, мм		155,5	155,5	155,5	155,5	155,5	155,5
Ход поршня, мм		174,5	174,5	155	155	155	155
Рабочий объем, л		59,6	46,37	41,2	41,2	41,2	41,2
Степень сжатия		7,0	6,4	7,0	7,0	7,0	6,9
Масса сухого мотора, кг		1100	935	850	850	900	915
Взлетный режим	Частота вращения вала, об/мин	2300	2300	2400	2400	2500	2500
	Давление наддува, мм рт. ст.	950	1030	1140	1140	1180	1260
	Мощность, л.с.	2000	1600	1700	1700	1850	1900
Номинальный режим	Частота вращения вала, об/мин	2200	2300	2400	2400	2400	2450
	Давление наддува, мм рт. ст.	825	825	950	1140	1000	-
	Мощность, л.с.	1700	1300	1330	1760	1460	1500
Расчетная высота, м		5000	5200	5400	800	4600	5750
Номинальные удельные параметры	Литровая мощность, л.с./л	28,5	28,04	33,98	38,92	38,13	38,83
	Удельная масса, кг/л.с.	0,647	0,719	0,621	0,621	0,621	0,621
	Средн. эфф. давление, кгс/см <sup>2</sup>	11,83	-	12,74	12,74	13,93	14,27
Габаритный диаметр, мм		1375	1375	1262	1262	1262	1262

# ИЗ ИСТОРИИ НЕФТЯНОГО ДЕЛА РОССИИ: К 170-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА



Антонина Мезенцева, старший научный сотрудник Политехнического музея

**Общим местом стало известное высказывание Д.И. Менделеева (1834-1907) относительно того, что топить печь деньгами и топить ее сырою нефтью - почти одно и то же. Но широким инженерным кругам мало известна роль Дмитрия Ивановича в становлении нефтедобычи в нашем Отечестве. А что мы, благодарные потомки, вообще помним о деятельности этого ученого кроме популярной "таблицы элементов" и 40-градусной российской водки? А ведь он, профессор Московского университета и автор более 500 научных трудов в разных областях знаний, чуть не полжизни положил на становление нефтяного дела в Отечестве.**

Нефтью люди пользуются более 5000 лет: в сыром виде, в качестве лекарств, стройматериалов, в военном деле и т. д. Для добычи "земляного масла" чаще всего использовалась самородная нефть, выступающая на поверхность земли или воды. Самое большее, рыли мелкие ямы - "копанки" в районах близ поверхностных месторождений. Нефть вычерпывали и в бурдюках, бочках на арбах, запряженных лошадьми, быками или верблюдами перевозили потребителю. Нефтепереработка и нефтехимия, естественно, не существовали до самой середины XIX века. Единичные случаи более глубокой переработки нефти или получения сложных соединений нефти с другими веществами могли наблюдаться ("греческий огонь", лекарственные препараты), но они представляли интерес скорее для историков и музейных работников в качестве первых precedентов технических решений этого рода.

Завершение "периода сырой нефти" в России связывают с прекращением в 1872 г. действия откупной системы владения нефтяными месторождениями. По этой системе казна, единственный хозяин месторождений, продавала право использовать их откупщикам на ограниченные сроки. Естественно, арендатор-откупщик не был заинтересован в развитии производства и вложении средств в его модернизацию. В борьбе за ликвидацию откупов активное участие принимал Д.И. Менделеев. И он же был одним из убежденных сторонников возможно более глубокой переработки нефти, организации нефтехимического производства и пр.

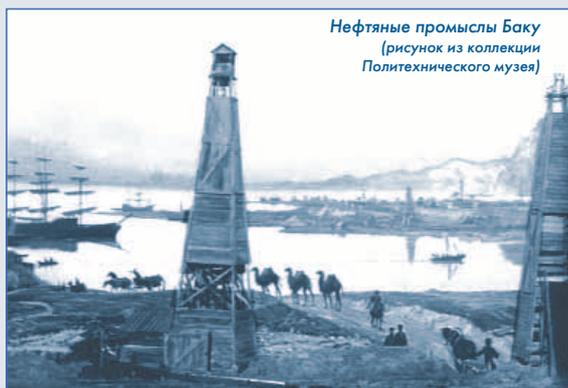
Ближайшее знакомство Д.И. Менделеева с нефтяным делом началось в 1863 г. в Баку, когда он, по предложению нефтепромышленника В.А. Кокорева, посетил нефтеперегонный завод в Сураханах. Там он ознакомился с заводской технологией получения из нефти осветительного масла и дал ряд предложений для рационализации этого нового для российской промышленности производства. С тех пор Менделеев интересовался проблемами и успехами нефтяной промышленности вплотную и много содействовал ее развитию в России. Он не раз возвращался к вопросам нефтяного дела в докладах и печати, на публичных лекциях и в экспериментальных исследованиях.

Нефтяной промысел России был истари сосредоточен в Бакинском районе. Техника добывания, хранения и транспортировки нефти складывалась веками и развивалась очень медленно: в первой половине XIX в. она была практически такой же, как в XVII - XVIII вв. Са-

мородная нефть в этих местах добывалась очень давно, а развитие нефтепромышленности в этих местах планировал еще Петр Великий. По заключенному в 1723 г. Петербургскому трактату шах Тахмаспа уступил России Дербент, Баку, весь запад и юг Прикаспия. Движимый интересом к нефти Петр I лично осмотрел в окрестностях Дербента два нефтяных колодца. В инструкциях генералу Матюшкину в 1722 г. был наказ "разведать о пошлинах и доходах, особенно о нефти". Результатом стало подтверждение доходов от нефти и составлена опись нефтяных колодцев и погребов. В 10 км от "Баки" оказалось "... годных колодезей с черной нефтью 66, негодных - 15... в 21 км от города ... годных колодезей с белой нефтью 4, негодных - 5 ..." Во главе управления промыслами была поставлена военная администрация, но так как Бакинская область вскоре опять отошла к Персии, этим планам не суждено было осуществиться. В 1735 г. в царствование Анны Иоанновны бакинские источники нефти были вновь возвращены Персии, но только в 1813 г. по Гюлистанскому трактату Баку окончательно отошел к России.

Добыча нефти производилась и при персидском владычестве, составляя монополию шахов и принося им значительный доход. После 1813 г., право владения всеми нефтяными колодцами Бакинского района перешло к Казне России. Казна стала отдавать их частным лицам на откуп. Но количество добытой нефти увеличивалось очень медленно. Например, в 1825 г. ее получили лишь 210 000 пудов, затем ежегодная добыча несколько увеличилась до 269,8 тыс. пудов в 1848 г. Зато в это время уже начала развивалась технология нефтепереработки. В 1823 г. в Моздоке братья Дубинины, крестьяне графини Паниной из Владимирской губернии, Гороховецкого уезда, села Нижнего Ландиха, Василий, Герасим и Макар сооружают и запускают первый в истории промышленный куб для перегонки тяжелой Вознесенской нефти. В 1837 г. в селении Балаханы по проекту Н.И. Воскобойникова было построено несколько кубов для перегонки нефти и получения осветительного керосина.

В 1857 г. промышленники В.А. Кокорев и П.И. Губонин заложили в Сураханах, окрестностях г. Баку, завод для получения керосина. Упорная работа по переработке нефти увенчалась успехом. Известнейший нефтепромышленник того времени Виктор Иванович Рагозин писал: "Благодаря предприимчивости Кокорева и Губонина десятилетие 1863...1873 годов представляет собственно первый период жизни нефтяной промышленнос-



Нефтяные промыслы Баку  
(рисунок из коллекции  
Политехнического музея)

ти, начиная от покорения Бакинского ханства в 1813 г." На Всемирной выставке в Филадельфии 1872 г. смазочные масла русских заводов, возникших в 70-х годах, значительно превосходили по качествам зарубежные масла.

А в Америке в это время в нефтепромысловое дело было введено так называемое "артезианское бурение", с помощью которого в 1859 г. в Пенсильвании (Титусвил, Ойл-Крик) была получена первая нефть. И всего за три года (с 1859 по 1861 г.) добыча нефти из скважин в Пенсильвании возросла более, чем в 1000 раз (с 16 000 до 16 900 000 пудов). Добыча же Бакинской нефти в России продолжала увеличиваться очень медленно, и к 1872 г. она составляла всего 1 250 000 пудов.

Профессор Д.И. Менделеев, командированный министерством финансов на Парижскую всемирную выставку 1867 года, высказал в своем отчете следующее мнение о развитии нефтяного промысла. "Препятствия нефтяному делу в сущности лежат в эксплуатации нефтяных источников. Нефтяные источники Кавказа отдаются откупщикам. Откупщикам нефти нет никакого расчета, имея краткосрочный откуп, заводят большое и хлопотливое дело, затрачивают капиталы на разведки и пробные бурения, рыть 9 колодцев для того, чтобы десятым окупить все свои расходы. Может быть, этот десятый придется в то время, когда настанет срок окончания откупа, или когда откупщик не в состоянии уже будет долгое время пользоваться плодами своей предпримчивости при некоторой степени риска, неизбежного в нефтяном деле..."

Ликвидация откупной системы открыла новый период в нефтяном деле, это стало ясно сразу же. Были проданы последние участки частным владельцам, и уже с 1 января 1873 г. начались отводы проданных участков и работы на них новых хозяев. В. Рагозин пишет: "Несмотря на значительные затраты на приобретение участков; несмотря на то, что уничтожение откупа застало наших предпринимателей неприготовленными к работе; несмотря на то, что никто из них не имел еще определенного рынка для своих продуктов; несмотря, наконец, на скорое и быстрое падение цены с 45 к. до 2 к., - они деятельно принялись за разработку нефти, и в первый же 1873 год получено ее втрое более, чем в предыдущем. Спустя еще два года, в 1875 году добыто нефти больше, нежели в 18 лет казенного управления, с 1832 г. по 1850 г."

Менделеев подходит к понятию технологии в широком смысле, в данном случае - как к необходимости разделения и самостоятельного развития добычи, транспортировки и переработки нефти. Он может быть, как никто в России, осознал широчайший диапазон возможных нефтепродуктов и предвидел многоотраслевой характер будущей нефтяной промышленности. "А то у нас и г. Кокорев, и г. Мирзоев, и г. Новосильцов, и г. Нобель сами стремятся быть все-бурильщиком, возчиком, перегонщиком, владельцем земли и складов, чуть не мелким торговцем. Это всесторонность - крупнейшее зло нашей, хорошо начавшейся нефтяной промышленности. Каждое большое дело требует хорошего изучения, специального знания. Взвываясь за все, - ничего нельзя выполнить ни в совершенстве, ни в таких размерах, которые возможны и желательны. На все - ни денег не хватает, ни энергии, ни умения. Надо поступиться одним, сосредоточиться на другом. Тогда промысел может быть и большим и выгодным, и только тогда нефтяное дело перестанет быть кокоревским, мирзоевским, новосильцовским, станет важным народным - русским и получит возможность соперничества с американским".

Большое внимание Д.И. Менделеев уделял разрешению проблемы транспорта нефти и нефтепродуктов. Примитивные способы перевозки караваном на верблюдах, на двухколесных арбах и т.п. были дороги и малоэффективны. Вот как оценивал Д.И. Менделеев транспортное дело: "Дело перевозки солиднее, вернее, не требует большого основного капитала, чем бурение. Эти дела - скорее всего компанейские... Часть заводов для перегонки нефти, конеч-

но, останется в Баку, но главную массу нефти должно отправлять в сыром виде по трубам и водою в цистернах к местам, где выгодно устроить заводы, где потребители близко, где необходимые для заводов механическое и химическое производства находятся в развитии, где всякое масло, всякие остатки продать выгодно. Трубы и вода - выгоднее железных дорог".

Нефтепромышленники и правительство, особенно иностранные предприниматели, на несколько лет задержали осуществление строительства нефтепровода, опасаясь создания конкуренции своим перерабатывающим заводам. Только через 15 лет в Баку был сдан в эксплуатацию принадлежавший Нобелю нефтепровод из Балаханов в Черный Город. Его производительность была рассчитана на 80 тысяч пудов в сутки. В 1884 г. балаханские промыслы имели уже пять нефтепроводов пропускной способностью свыше 200 тыс. пудов нефти в сутки. Первые же нефтепроводы доказали высокую экономичность этого вида транспортировки нефтяных грузов, предсказанную Д.И. Менделеевым. Затраты на нефтепроводы, соединившие места добычи и переработки в одном нефтеносном районе, окупались в первый же год эксплуатации.

На съезде русских естествоиспытателей и врачей в декабре 1879 г. Д.И. Менделеев произнес программную речь о роли естество-

вознания в жизни народа, получившую восторженную оценку слушателей. Событие развитию промышленности стало, как говорил сам Менделеев, его "третьей службой родине" (первой была наука, второй - просвещение). И все три "службы" были для него неразрывно связаны. Развитию нефтяной промышленности он уделял наибольшее внимание, хотя сам он скромно оценивал свою роль. В 1886 г. он писал, что все его участие ограничивалось: провозглашением при всяком возможном случае всего того, что призывает к нефтяным делам на-



Нефтепромыслы товарищества Нобеля  
(фото из коллекции Политехнического музея)

ибольшее число деятелей; изучением нефти нашей и американской (ее состава, происхождения, переработки и применения); защитой интересов нашей нефтяной промышленности в правительственных сферах, в ученых обществах, на съездах и т. д. - "особенно же противу всяких явных и прикрытых монополий и монополистов, налогов и проповедников пользы от налога"; наконец, - советами и рекомендациями некоторым предпринимателям. Менделеев всегда стоял на защите интересов отечественной промышленности в целом, а не отдельных частных фирм. Он посвятил около 70 научных работ нефтяному делу, коснувшись практически всех его сторон. Кроме того, что он сконструировал первый в мире куб для непрерывной перегонки нефти (в 1881 г.) с использованием принципа противотока, Менделеев много занимался различными исследованиями нефтей и способами очистки их дистиллятов, создал ряд аналитических приборов. Влияние его научных взглядов и практических рекомендаций не раз помогало в нефтяном деле при выборе направления развития как нефтедобывающей, так и нефтеперерабатывающей отраслей. И влияние это не ослабевает до сих пор.

И хотя больше века прошло со времени работы Менделеева в области нефтедобычи, мы все равно не исполняем его рекомендации в полном объеме: используем чистую нефть как топливо, не полностью перерабатываем ее (при этом допускаем здесь на том же Кавказе, например, низкоэффективное и даже кустарное производство), упорно продолжаем торговать сырой нефтью в интересах отдельных монополистов, а не России в целом. Энергетические машины разного рода - стационарные и транспортные двигатели - основные потребители нефтяного топлива, и они же основные загрязнители окружающей среды. Совершенствование двигателей - путь к повышению эффективности использования топлива и одновременно улучшению экологического состояния цивилизации, а вместе - это следование заветам великого российского ученого Дмитрия Ивановича Менделеева, 170-летие которого отмечается в этом году.



# ДИЗЕЛИ ОТ ВОЛЖАН НИ В ЧЕМ НЕ УСТУПАЮТ ЗАРУБЕЖНЫМ АНАЛОГАМ

ОАО "Волжский дизель им. Маминых":

**Виктор Хвостиков**, генеральный директор

**Владимир Галушкин**, технический директор - главный конструктор

**ОАО "Волжский дизель им. Маминых", известное ранее как завод "Волгодизельмаш" и отмечающее в этом году 105-летие со дня основания, является одним из старейших производителей дизельной продукции в России.**

Основавшие завод в 1899 г. братья инженеры Яков и Иван Мамины положили начало созданию эпохи первых русских двигателей. Новым импульсом предприятие получило в 70-х годах прошлого века

с созданием на базе дизельного института (ЦНИДИ) собственного конструкторского отдела. Разработанные им четырехтактные дизели 6ЧН 21/21 имеют непосредственный впрыск топлива, турбонаддув и промежуточное охлаждение наддувочного воздуха.

Характерными особенностями этих двигателей являются:

- высокие надежность и ресурс (40 тыс. ч);
- достаточно высокая мощность при приемлемых массогабаритных характеристиках;
- высокая экономичность ( $g_t = 155$  г/л.с.ч (210 г/кВт.ч),  $g_m = 1$  г/л.с.ч (1,36 г/кВт.ч));
- простота конструкции и удобство в эксплуатации и ремонте.

Завод активно работает над повышением технического уровня, качества и надежности выпускаемой продукции. В конце 2000 г. на предприятии внедрена и сертифицирована фирмой TUV-Sert (Германия) система менеджмента качества по ISO 9001 - 2000 г.

ОАО "Волжский дизель им. Маминых" предлагает ряд модификаций силовых агрегатов на базе дизелей 6ЧН 21/21:

- силовые агрегаты CA10-1 мощностью 375 кВт, которые применяются для привода буровых установок 125ДГУ (3000ДГУ) и 160ДГУ (5000ДГУ). CA10-1 поставлялся практически во все регионы бывшего СССР, а также эксплуатировался во многих зарубежных нефтедобывающих странах, проявив при этом высокие эксплуатационные качества. И сегодня силовые агрегаты CA10 (с 15-20-летним стажем) работают на буровых Узбекистана, Украины, Белоруссии и России;

- силовые агрегаты CA20 мощностью 662 кВт, предназначенные для замены дизелей MB820 на буровых установках Ф320-ЗДХ (Ф400-ЗДХ) румынского производства. Эти агрегаты успешно используются в "Черниговнефтегазгеологии" (Украина), Кокандском УБР (Узбекистан), "Геотехнологии" (г. Печора) и других организациях;

- силовые агрегаты CA30 мощностью 442 кВт, предназначенные для привода новых установок или замены выработавших свой ресурс двигателей типа B2 и польских агрегатов Wola 24ANE-71H12A на установках НБО-Д, ЗД-76, ЗД-86-1, ЗД-86-2, БУ3000БД. Проект использования агрегатов CA30 в данных установках разработан при непосредственном участии ОАО "Уралмаш". Агрегаты успешно работают в таких нефтедобывающих организациях, как "Нижневолжскнефть", "Туркменгеология", НК "Роснефть", "Северная нефть", БК "Альянс", ФГУ "Недра", ДО "Бургаз", "Томскнефтегазгеология", "Технологии", "Печеранефтегазразведка", "Прикаспийбурнефть", "Лукойл-Бурение-Пермь" и др.

Параметры	Технико-экономические показатели дизелей				
	CA (6ЧН 21/21)		Caterpillar	Wola	B2
	218Д	225Д-1	3412 TA	71H12A	
Максимальная мощность, кВт	482	650	485	331	331
Удельный расход топлива, г/кВт.ч	199	208	219	224	224
Удельный расход масла, г/кВт.ч	1,0	1,0	0,487	2,0	2,0
Количество агрегатов на буровой	4	4	5	5	5
Общая стоимость ГСМ за год, тыс. руб.	13 256	-	14 303	14 757	14 757

- силовые агрегаты CA25 мощностью 600 кВт, предназначенные для привода буровых насосов УБН-600, УНБТ-600, УНБТ-950А, УНБТ-1180А.

Сегодня ОАО "Волжский дизель им. Маминых" предлагает также серийные дизельные и газовые электростанции стационарного и блочно-транспортного исполнения мощностью от 315 до 1000 кВт с номинальной частотой вращения вала 1000 и 1500 об/мин, ресурсом до капитального ремонта до 60 тыс. ч, с разной степенью автоматизации, с утилизацией тепла, отводимого от двигателя с отработавшими газами, маслом и охлаждающей жидкостью, что позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели агрегатов.

Эти дизель-генераторы и газовые двигатели-генераторы успешно и надежно работают на объектах МО РФ (Чеченская Республика - 16 единиц, о. Новая Земля - 12 единиц), в КЖКХ (Нарьян-Мар, Салехард, Чебоксары), на предприятиях нефтегазового комплекса (Чимкент, Пугачев, Краснодар, Астрахань, Новороссийск и др.).

Особое место занимает выпуск электростанций на газовом топливе (природном и попутном газе), наиболее эффективном для потребителя с точки зрения воздействия на экологию и затрат на выработку электроэнергии. Созданные на базе дизелей 6ЧН 21/21 газовые двигатели, имеющие безредукторную систему распределения газа, форкамерно-факельную систему воспламенения рабочего заряда, электронную систему зажигания фирмы "Альтроник" (США) и электронный регулятор скорости фирмы "Хайнцманн" (Германия), позволяют снизить затраты на электроэнергию в три-четыре раза и при этом обеспечивают бесплатное теплоснабжение.

Завод осуществляет гарантийное и сервисное обслуживание своей продукции, обеспечивает своевременную поставку запчастей, которые достаточно дешевы по сравнению с запчастями импортных дизелей, и производит капитальный ремонт. По желанию заказчика выполняются комплексные решения проектных, производственных и организационных вопросов изготовления дизель-электрических станций "под ключ", установка и пусконаладка.

Осуществляется выезд ремонтных бригад на места эксплуатации.

Срок окупаемости выпускаемого предприятием оборудования составляет восемь - десять месяцев. **П**

**413800, Россия, Саратовская область, г. Балаково,**

**ул. Коммунистическая, д. 124**

**Тел.: (8453) 29-24-46, 66-44-54, 66-41-74, 35-63-65, 35-36-69**

**Факс: (8453) 35-64-14, 35-64-97**

**www.vdm-plant.ru**

# ПОРШНЕВОЙ КОМПРЕССОР ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Борис Крутиков, к.т.н.

**Поршневой компрессор - широко распространенное изделие машиностроения, эффективность которого в значительной мере определяет также технико-экономические параметры двигателя внутреннего сгорания (ДВС), воздушного теплового насоса и холодильной установки.**

В предлагаемой мною конструкции цилиндропоршневая группа представляет собой тандем двух плоских поршней диаметром по 200 мм, закрепленных на одном штоке, который перемещается вдоль оси в двух подшипниках скольжения, расположенных в нижнем и среднем фланцах. Между каждым поршнем и цилиндром существует гарантированный радиальный зазор с бесконтактным газодинамическим уплотнением. Такая конструкция не требует смазки, что позволяет получить необходимое давление воздуха без загрязнения его маслом. Кинематика нагнетателя гарантирует отсутствие боковых усилий в поршнях, что в совокупности с крайне малым трением в паре цилиндр-поршень способствует повышению к.п.д. компрессора и увеличению ресурса его работы.

Пакет из трех фланцев и двух цилиндров, установленных между ними, стянут шпильками. На верхнем и среднем фланцах размещены по 24 пластинчатых обратных впускных клапана. Там же располагаются по 8 выпускных штуцеров. В цилиндрах предусмотрено по 12 отверстий для впуска и выпуска воздуха из-под поршневого пространства, прикрытые сетчатыми фильтрами. Пространства под поршнями могут быть использованы для получения сжатого воздуха при двойном действии процесса сжатия.

Подшипники скольжения, в которых ходит шток, не испытывают боковых усилий, поскольку шатуны на этом компрессоре двояковы и боковые усилия от них симметрично распараллелены через коромысло в нижней части штока. Шатуны соединены с двумя дисками-шестернями двух составных коленчатых валов. Обе шестерни находятся в зацеплении между собой, что обеспечивает согласованное движение шатунов.

Четыре выходных конца двух коленчатых валов предназначены для установки вентильных электродвигателей мощностью по 50 кВт с управляемым крутящим моментом, и двух масляных насосов Ш-32.

При сохранении габаритов и массы (до 100 кг) производительность компрессора 2-ПК (размерность 21/23) можно повысить до 100 м<sup>3</sup>/мин, а рабочее давление до 40 атм.

Для сравнения покажем параметры австрийского серийного аналога - винтового компрессора VLEA 200.D-18: производительность 32 м<sup>3</sup>/мин, степень сжатия воздуха 8, масса - 4650 кг, потребляемая электрическая мощность 204,6 кВт, расход масла 6 г/ч.

Исходя из энергетических возможностей экспериментальной базы для привода компрессора использован электродвигатель постоянного тока с постоянными магнитами ЭДМ-16У с номинальной мощностью 1,6 кВт, с возможностью кратковременной (до 2 минут) перегрузки до 12 кВт. С противоположной стороны того же коленвала была присоединена свободная турбина с планетарным редуктором от турбостартера ТС-21, на которую осуществлялась подача воздуха из-под нижнего поршня.

В процессе проведения опытов были выявлены заложенные в проекте особенности работы схемы разработанного компрессора 2-ПК. Так, процесс одностороннего сжатия воздуха осуществляется при одновременном движении поршней из нижней мертвой точки (НМТ) к верхней мертвой точке (ВМТ). При этом, в случае минимального сопротивления сжатию воздуха (все штуцеры открыты, сняты двигатель и свободная турбина) максимальный крутящий момент сопротивления вращению коленвала составил 7,4 Н·м. При этом масса обоих поршней, штока, коромысла и двух шатунов составила 9,3 кг.

При движении шатунно-поршневой группы от ВМТ до НМТ шатуны проскакивают НМТ на углы до 60° за счет энергии маховиков составных коленвалов. Такой способностью не обладают большинство серийных поршневых компрессоров. Это известный и широко используемый эффект накопления и передачи энергии маховика к поршневой группе является основой для резкого снижения потребляемой мощности. Эта идея была проверена экспериментально. Компрессор 2-ПК электродвигателем плавно выводился на частоту вращения валов 60...80 мин<sup>-1</sup>, при этом постоянное напряжение составило 120 В, а сила тока достигла 100 А (потребляемая мощность - 12 кВт).

При подаче выхлопа воздуха (даже с большими потерями) на свободную турбину потребляемая мощность ЭДМ-16У снизилась до 8 кВт, а частота вращения валов возросла до 120 мин<sup>-1</sup>. Таким образом, с ростом частоты вращения турбопривода, к.п.д. компрессора 2-ПК может нарастать и приобретать весьма большие значения.

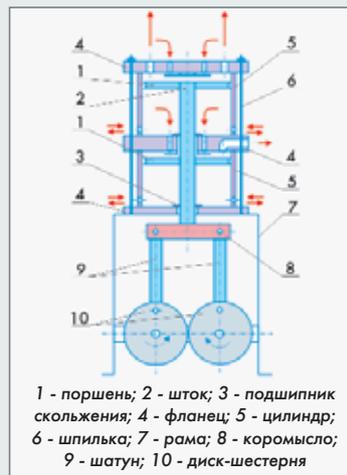
Оценочные расчеты показали, что свободная турбина с частотой вращения 26 000 мин<sup>-1</sup> (частота вращения коленвалов 1800 мин<sup>-1</sup>) запасает энергию маховика, которая на участке сжатия воздуха от НМТ до ВМТ отдает мощность около 400 кВт шатунно-поршневой группе при кратковременной потере только 10 % энергии маховика.

Перспективным источником энергии для газовой турбины может быть камера сгорания с детонационным сверхзвуковым горением топливоздушная смеси импульсного типа, когда сила давления продуктов взрыва на турбину осуществляется на участке всасывания воздуха в компрессор, т. е. от ВМТ до НМТ, а процесс сжатия воздуха происходит за счет энергии маховика турбины.

Запуск компрессора с турбоприводом можно осуществить стартер-генератором или паровой турбиной - от пневмоаккумулятора - ресивера, а также любым иным приводом

Наш коллектив надеется на взаимовыгодное сотрудничество по доводке 2-ПК с заинтересованными партнерами.

Справки по тел. 8-498-584-0944 с 20.00 до 22.00



Проектные параметры двухпоршневого компрессора 2-ПК	
Производительность сжатого воздуха по условиям на входе, м <sup>3</sup> /мин	30
Степень сжатия воздуха в одной ступени	9
Потребляемая электро мощность, кВт	100
Частота вращения каждого коленвала, мин <sup>-1</sup>	3000
Ресурс работы, ч	40 000
Габариты (без привода), м	0,5x0,3x0,9
Масса (без привода), кг	67
Рабочий объем компрессора (размерность 20/16), л	10



# ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО - К.П.Д.

Евгений Бугаец, д.т.н.

"Не так страшен черт,  
как его малюют".  
Народная поговорка

(Окончание. Начало № 1, 2, 4, 5, 6 - 2003, 1, 2 - 2004)

Откуда следует уверенность в возможности создания революционного двигателя? Это наличие "истинных систем" (см. "Журнал НОУ-ХАУ", 1995, № 1-2), которые в первую очередь отличаются предельной экономичностью. Понятие "истинная система" является универсальным, то есть не имеет исключений. Поэтому обязательно должен быть "истинный" двигатель - предельно экономичный и эффективный.

Проанализируем последовательно все 16 видов потерь энергий в существующем двигателе и выясним возможность их минимизации.

## 1. Химическая энергия топлива

### 1.1. Прямые потери в выхлопную трубу

Чтобы исключить прямое попадание топлива из впускного тракта в выпускной есть несколько возможностей:

1. Устранить перекрытие фаз ВПУСК и ВЫПУСК.
2. Максимально разнести впускные и выпускные отверстия и газовые потоки.
3. Осуществить прямой впрыск топлива в камеру сгорания.

### 1.2. Потери из-за неполного сгорания в пристеночном пространстве и щелях

Есть единственный способ устранения пристеночных эффектов - повысить температуру стенок камеры сгорания до 700 °С. Это возможно реально осуществить, используя теплоизоляционное покрытие стенок камеры сгорания.

### 1.3. Потери из-за больших капель топлива

Предельным решением данной проблемы является использование гомогенной смеси, когда топливо измельчено до молекулярного уровня и однородно смешано с воздухом. В обедненной гомогенной смеси топливо сгорает полностью во фронте пламени.

### 1.4. Потери из-за богатой воздушно-топливной смеси

При решении проблем 1.2 и 1.3 необходимость в обогащении воздушно-топливной смеси сама собой отпадает.

## 2. Тепловая энергия газов

### 2.1. Потери, вызванные окислением и горением топлива в фазе СЖАТИЕ

Для уменьшения данных потерь есть несколько путей:

1. Снижение максимальных оборотов двигателя.
2. Снижение линейных размеров камеры сгорания.
3. Оптимизация газовых потоков при СЖАТИИ.
4. Зажигание в центре камеры сгорания.

### 2.2. Потери из-за декомпрессии

Для достижения максимальной компрессии необходимы высокая точность и чистота сопрягаемых поверхностей. Кроме того, должен быть исключен износ движущихся сопряженных по-

верхностей. В свою очередь необходимо исключить давление поршня на цилиндр.

### 2.3. Потери в стенки камеры сгорания и цилиндра

Аналогично 1.2. решением проблемы является создание теплоизоляционного покрытия всех поверхностей, имеющих контакт с горячим газом, особенно в камере сгорания, где самая высокая температура.

### 2.4. Потери в выхлопную трубу

Для снижения температуры выхлопных газов требуется повышать степень расширения. Реально существует возможность повышения степени расширения до двух раз.

## 3. Линейная механическая энергия поршня

### 3.1. Потери на трение поршневых колец о цилиндр

Самым радикальным решением данной проблемы является отказ от колец. Теоретически это возможно при выполнении следующих условий:

1. Поршень движется строго прямолинейно, не оказывая бокового давления на стенки цилиндра.
2. Поверхности поршня и цилиндра идеально сопряжены с минимальным зазором.
3. Материалы поршня и цилиндра обладают коэффициентами линейного теплового расширения, близкими к нулю.

Не исключается при этом применение специальных (алмазоподобных) покрытий.

### 3.2. Потери на трение из-за осесимметричной реакции шатуна

Классический кривошипно-шатунный механизм должен быть заменен принципиально иным, в котором отсутствуют боковые силы давления на поршень.

### 3.3. Инерционные потери

Для снижения данных потерь возможны следующие пути:

1. Снижение максимальных оборотов двигателя.
2. Снижение массы линейно движущихся частей путем уменьшения линейных размеров и использования легких материалов (магниевых сплавов).

### 3.4. Потери из-за асимметричного горения

Решение данной проблемы скрывается в самом названии потерь. Для полного исключения потерь данного вида необходимы:

1. Симметричная камера сгорания.
2. Симметричные газовые потоки.
3. Симметричное зажигание.

### 3.5. Осевые потери (потери на взаимное преобразование механических энергий: линейной и вращения)

Существуют механизмы взаимного превращения двух видов механической энергии, у которых коэффициент преобразо-

вания примерно в два раза выше, чем у кривошипно-шатунного механизма (Баландина и др.). Однако они обладают рядом существенных недостатков: у них возникает проблема замкнутых размерных цепочек, имеются локальные бесконечные силы давления, они несимметричны и отличаются переменным положением центра масс. Тем не менее, возможен механизм, лишенный перечисленных недостатков.

#### 4. Механическая энергия вращения вала

##### 4.1. Потери на подготовительные фазы

Предельному сокращению данных потерь может способствовать отказ от четырехтактного режима работы и переход на двухтактный режим, а также аксиальная конструкция двигателя.

##### 4.2. Потери на работу вспомогательных механизмов и устройств

Общее сокращение различных потерь автоматически приводит к сокращению потерь на работу вспомогательных меха-

низмов, так как требуется меньше топлива и смазки. Можно отказаться от жидкостного охлаждения. Кроме того, полезно отказаться от кулачковых валов, обуславливающих относительно большие потери.

##### 4.3. Инерционные потери

Снижение данных потерь возможно путем уменьшения веса и диаметра вращающихся частей. Целесообразно сокращение числа цилиндров посредством перехода на двухтактный режим.

Сведем в единую таблицу результаты нашего анализа (см. ниже).

Таким образом, используя системный подход и минимизируя все потери, можно создать "революционный" двигатель с к.п.д. практически в 4 раза выше существующего!

Кроме того, он должен "тянуть" практически от нулевых оборотов. Это позволит отказаться от привычной коробки передач и создать автомобиль с одной педалью - "скорость движения". Автомобиль среднего класса должен потреблять около 1,5 л на 100 км с идеальной экологией без нейтрализаторов. **П**

№	Вид энергии	Наименование потерь	Снижение потерь	$k_{\max}$ %
1	Химическая энергия топлива	1.1. Прямые потери в выхлопную трубу	До 0	$k_1=1,0$
		1.2. Потери из-за неполного сгорания в пристеночном пространстве и щелях	До 0	
		1.3. Потери из-за больших капель топлива	До 0	
		1.4. Потери из-за богатой воздушно-топливной смеси	До 0	
2	Тепловая энергия газов	2.1. Потери, вызванные окислением и горением топлива в фазе СЖАТИЕ	До 0	$k_2=0,85$
		2.2. Потери из-за декомпрессии	До 0	
		2.3. Потери в стенки камеры сгорания и цилиндра	~ в 10 раз	
		2.4. Потери в выхлопную трубу	В 2 раза	
3	Линейная механическая энергия поршня	3.1. Потери на трение поршневых колец о цилиндр	До 0	$k_3=0,68$
		3.2. Потери на трение из-за асимметричной реакции шатуна	До 0	
		3.3. Инерционные потери	До 2 раз	
		3.4. Потери из-за асимметричного горения	До 0	
		3.5. Осевые потери (потери в кривошипно-шатунном механизме)	До 2 раз	
4	Механическая энергия вращения вала	4.1. Потери на подготовительные фазы	~ до 5 раз	$k_4=0,98$
		4.2. Потери на работу вспомогательных механизмов и устройств	~ до 5 раз	
		4.3. Инерционные потери	~ до 2 раз	
				$k_{\max} \cong 60\%$

## ИНФОРМАЦИЯ

В рамках VIII Московской международной автомобильной выставки (MIMS 2004), ОАО "Автосельхозмаш-холдинг", ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" при поддержке Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации организуют традиционную VI Конференцию на тему "Двигатели для российских автомобилей", которая состоится 26 августа 2004 г.

Цель конференции: оценка состояния дел по реализации Концепции развития автомобильной промышленности России в области двигателестроения, в том числе по достижению экологических норм Комитета по внутреннему транспорту ЕЭК ООН; ознакомление с результатами новых научных исследований и практических разработок по применению альтернативных видов топлива, созданию топливных элементов и комбинированных энергоустановок; изучение достижений по совершенствованию ЭСУД и других систем обеспечения современных характеристик работы ДВС; анализ процессов дизелизации в российском автомобилестроении; ознакомление с новыми разработками конструкции двигателей, систем, узлов, агрегатов и деталей, а также технологий их изготовления; выявление эффективных проектов в отечественном двигателестроении.

Докладчиками на конференцию приглашены представители федеральных министерств, руководители и ведущие специалисты предприятий, производящих двигатели для автомобилей и комплектующие изделия к ним, а также крупные ученые, работающие в области двигателестроения, представители банков и инвестиционных компаний.

На следующий день, 27 августа, ОАО "АСМ-холдинг" организует II Конгресс технологов автомобилестроения. Цель Конгресса - популяризация современных средств труда и новых технологических решений в автомобилестроении. Программа Конгресса предусматривает обсуждение крупных проблем технологии производства автомобилей и автокомпонентов, применения прогрессивного оборудования и инструментов, использования новых материалов. В ходе Конгресса отечественные предприятия и зарубежные фирмы, научно-исследовательские организации получат возможность устроить презентации новых технологических решений.

Для участия в Конгрессе будут приглашены руководители и специалисты отечественных предприятий автомобилестроения и смежных отраслей, зарубежных фирм, консалтинговых компаний, банков и инвестиционных компаний.

В программе Конгресса предусмотрено проведение пленарного заседания и работа по технологическим переделам и новым материалам.

Предлагаются следующие темы:

1. Заготовительное производство. Литье и литейное оборудование. Ковка. Термообработка.
2. Технология сборочного производства, сварка.
3. Окраска, гальваническая обработка, другие технологии и методы защиты поверхностей.
4. Механическая обработка, металлорежущие станки, оснастка, инструменты.
5. Энергосберегающие технологии.
6. Прогрессивные материалы.
7. Системы обеспечения качества на базе международных стандартов.

Участники Конференции и Конгресса получат уникальную возможность посетить две выставки: VIII Московскую международную автомобильную и II Международную специализированную выставку "Автомобильные технологии и материалы", которые состоятся 25-29 августа 2004 г. в Москве. **П**

Контактные телефоны: (095) 921-6260, 921-0200, 926-0471, 921-7546.

E-mail: inf@asm-holding.ru

# ТАК НАЧИНАЛИСЬ ЖРД И РАКЕТЫ НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ

Александр Николаев

(Продолжение. Начало в № 1, 2 - 2004)

## Вперед, на Марс!

Этот наивный и даже немного нелепый для двадцатых-тридцатых годов прошлого века призыв тесно связан с именем Фридриха Артуровича Цандера. Еще в студенческом возрасте, изучая курс наук в Рижском политехническом институте, Ф.А. Цандер прочитал книгу К.Э. Циолковского "Исследование мировых пространств реактивными приборами", а затем стал активным участником Первого Рижского студенческого общества воздухоплавания и техники полета, члены которого устраивали выставки летательных аппаратов, сами строили планеры и пропагандировали идею полета на устройствах тяжелее воздуха. В 1919 г. Цандер устроился на работу на московский моторостроительный завод № 4 "Мотор", где, помимо всего прочего, занялся разработкой теории жидкостного реактивного двигателя и летательного аппарата с ЖРД. О глубине увлечения Фридриха Артуровича реактивной тематикой свидетельствует следующий факт: в 1922-1923 гг. он получил на заводе длительный отпуск и напряженно работал дома. В отпускном свидетельстве было записано: "...отпуск предоставляется для разработки проекта аэроплана для вылета из земной атмосферы и двигателя к нему". Несмотря на очевидную причудливость занятий инженера Цандера, рабочие завода "Мотор" с пониманием относились к нему и даже отчислили из своей зарплаты некоторые средства.

В двадцатые годы прошлого века Фридрих Артурович опубликовал свои работы "Тепловой расчет жидкостного ракетного двигателя", "Применение металлического топлива в ракетных двигателях", "Вопросы конструирования ракеты, использующей металлическое топливо", а также "Перелеты на другие планеты". В 1928 г. Цандер приступил к проведению экспериментов, которые должны были подтвердить осуществимость одной из его идей - сжигания металлических элементов ракеты после того, как в них отпадет надобность после израсходования жидкого топлива. Параллельно он экспериментировал с первым в нашей стране жидкостным реактивным двигателем ОР-1 ("опытный реактивный"), в основу конструкции которого была положена... паяльная лампа. Это, в общем-то, примитивное устройство создавало тягу 5 кгс.

В 1931 г. в Осоавиахиме было организовано общественное Бюро воздушной техники, председателем которого избрали Якова Емельяновича Афанасьева. В 1928 г. он окончил Военно-воздушную академию им. Н.Е. Жуковского и в 38 лет уже носил в петлицах три "ромба". Бюро, включенное в состав научно-исследовательского сектора Центрального совета Осоавиахим, быстро обросло

активом, весьма пестрым по составу, подготовке и интересам участников. Вскоре определились четыре основных направления и были развернуты четыре научно-экспериментальные группы. Четвертая именовалась "группой изучения реактивного движения". Главным инициатором создания ее был Фридрих Артурович Цандер. Позднее группу переименовали в МосГИРД - Московскую группу изучения реактивного движения и реактивных двигателей. В то время аналогичные группы энтузиастов создавались в Ленинграде, Харькове, Тифлисе, Баку, Архангельске и в других городах вплоть до Кандаляки, где в 1935 г. тоже была запущена доморощенная ракета с ЖРД. Интерес самых широких слоев населения к проблеме создания ракет, в том числе предназначенных для межпланетных полетов, подогревался многочисленными публикациями на эту тему. Кроме известных работ Циолковского и Цандера, к этому времени в Новосибирске вышла из печати книга Юрия Васильевича Кондратюка "Завоевание межпланетных пространств". В журналах и газетах регулярно появлялись научно-популярные и научно-фантастические статьи. У читателей создавалось впечатление, что полет на Марс мог состояться чуть ли не завтра.

Как ни странно, но именно Циолковский, "чистый теоретик", который, как представляется, хуже многих других представлял себе практические проблемы, связанные с постройкой реальных ракет, ракетопланов и двигателей для них, и менее других знакомый с технологическими и производственными трудностями, был очень осторожен в своих прогнозах. В 1929 г. он писал: "Работающих [в области практической космонавтики] ожидают большие разочарования, так как благоприятное решение вопроса гораздо труднее, чем думают самые проникательные умы. Их неудачи, истощение сил и надежд заставит их оставить дело незаконченным и в печальном состоянии. Потребуется новые и новые кадры свежих и самоотверженных сил... Представление о легкости его решения есть временное заблуждение. Конечно, оно полезно, так как придает бодрость и силы. Если бы знали трудности дела, то многие работающие теперь с энтузиазмом отшатнулись бы с ужасом... Они, несомненно, достигнут успеха, но вопрос о времени его достижения для меня совершенно закрыт".

Уже первые практические попытки создания ЖРД привели разработчиков к пониманию огромной сложности задачи, за решение которой они брались. Но это их не остановило. И неудивительно, ведь во главе МосГИРД встали два "человека-мотора", упрямо добивавшиеся реализации своих замыслов несмотря на все препятствия. Вторым был Сергей Павлович Королев, назначенный началь-



Сотрудники МосГИРД: в первом ряду в центре С.П. Королев, крайний справа Ф.А. Цандер

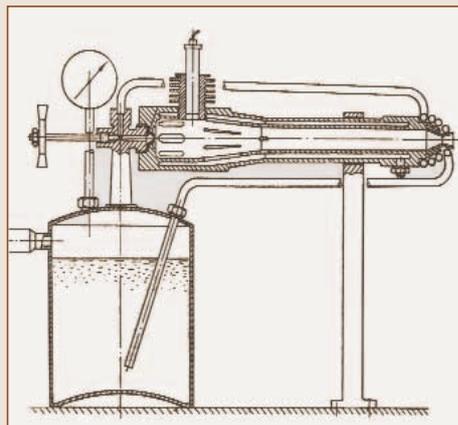
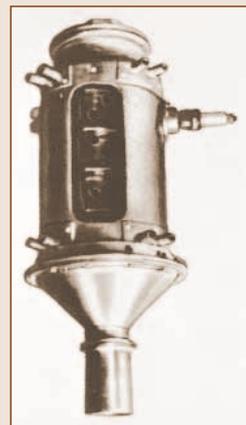


Схема двигателя ОР-1



Двигатель ОР-2

ником ГИРД 1 мая 1932 г. Еще в апреле группа, наконец, получила производственное помещение на Садово-Спасской улице.

Ближайшими планами работ предусматривалось создание ракетоплана РП-1 с двигателем ОР-2 и ракеты ГИРД-Х с двигателем "10". Оба образца ЖРД разрабатывались под руководством Цандера, Королев же занимался проектированием собственно летательных аппаратов с их системами. В конце 1932 г. Ф.А. Цандер отправился в Кисловодск - подлечиться и отдохнуть. В дороге он заразился брюшным тифом и 28 марта 1933 г. умер на 46-м году жизни.

Договор на разработку ракетоплана РП-1 и двигателя ОР-2, заключенный в ноябре 1931 г. между Центральным советом Осоавиахм и ГИРД, оставался в силе. Ракетоплан проектировался на базе бесхвостого планера БИЧ-11 конструктора Черновского. Поскольку тяга двигателя ОР-2 должна была составлять всего 50 кгс, размеры летательного аппарата были минимальными. Его длина составляла 3,2 м, а размах крыла 12,5 м при взлетной массе 470 кг. Максимальная скорость "объекта" с работающим ЖРД по проекту не превышала 140 км/ч. Королев сам летал на РП-1 в варианте планера (двигатель не был готов) и докладывал о результатах в Осоавиахим: *"Мною были произведены два тренировочных полета на самолете РП-1 без мотора... Несмотря на сильный боковой ветер, во время каждого полета мною были использованы два глубоких разворота более чем на 90 градусов. Причем самолет оказался вполне устойчивым и легко управляемым на всех режимах..."*

Хуже обстояло дело с двигателем. В очередном варианте он должен был работать на бензине и жидком кислороде, охлаждение сопла осуществлялось водой, а камеры сгорания - газообразным кислородом. Подача компонентов топлива осуществлялась вытеснительной системой, рабочим телом служил азот. В марте 1933 г. на испытания двигателя в подмосковное Нахабино прибыл маршал М.Н. Тухачевский, который интересовался ракетной техникой. Испытания закончились конфузом: двигатель взорвался, стэнд был разрушен.

В 1933 г. двигателисты ГИРД изготовили еще несколько экземпляров ОР-2. Для снижения температуры в камере сгорания вместо бензина перешли на спирт. Но это мало помогло: двигатель работал неустойчиво, с хлопками, произошло еще несколько аварий. Максимальная продолжительность работы не превысила 35 с, а достигнутая тяга - 40 кгс. Этого, конечно, было недостаточно для осуществления пилотируемого полета. В конце концов РП-1 переделали: сняли все агрегаты, которые должны были обеспечивать работу ЖРД, а вместо них смонтировали небольшой бензобак и поршневой мотор "Скорпион" мощностью 27 л.с. Под первоначальным названием БИЧ-11 авиетка совершила ряд удачных полетов, продемонстрировав преимущества и недостатки аэродинамической схемы "летающее крыло".

Что касается ракеты ГИРД-Х, то ее первый запуск состоялся уже после включения МосГИРД в состав Реактивного научно-исследовательского института - 25 ноября 1933 г. Ракета длиной 2,2 м и стартовой массой 29,5 кг оснащалась двигателем "10", который по проекту должен был развивать тягу 70 кгс, работая на жидком кислороде и этиловом спирте.

После старта ГИРД-Х поднялась на высоту около 80 м. Однако на фоне успеха, который был достигнут при запуске сконструированной М.К. Тихомировым ракеты ГИРД-09, этот результат оказался не слишком впечатляющим.

Первоначально группа Тихомирова занималась созданием двигателя РД-А для ракетоплана РП-2 (модификации описанного выше РП-1) и ракеты ГИРД-05, на которую предполагали установить двигатель ОРМ-50 конструктора В.П. Глушко из ленинградской Газодинамической

лаборатории. Затем возник проект ракеты ГИРД-07 с кислородно-керосиновым двигателем собственной разработки, но довести его не удалось. Впоследствии ракета ГИРД-07 летала с двигателем "10", впрочем, без особого успеха. Для очередного проекта ракеты ГИРД-09 был предложен совершенно необычный двигатель. В качестве компонентов топлива использовались жидкий кислород и сгущенный бензин, причем запас последнего размещался непосредственно в камере сгорания между стенками камеры с цилиндрической сеткой, препятствовавшей вытеканию пастообразной массы. Подача кислорода осуществлялась под давлением его же паров. Стартовая масса ракеты составляла всего 19 кг, двигатель же на испытаниях развивал тягу от 28 до 53 кгс в зависимости от давления в камере сгорания. Из-за неполадок с зажиганием первый пуск ракеты неоднократно переносился, но 17 августа 1933 г., накануне Дня Воздушного Флота, ГИРД-09 успешно взлетела и набрала высоту 400 м. Двигатель продолжал работать, но из-за прогара боковой стенки камеры сгорания возникла боковая сила, развернувшая ракету. Далее она понеслась к земле и врезалась в ветви деревьев. Напомним, что при аналогичных обстоятельствах закончили свой путь германские "репульсоры".

Сотрудник ГИРД Н.И. Ефремов вспоминал: *"Летит!!! ...Нас охватило чувство, которое трудно даже описать. Тут и нервное напряжение, накопившееся за все предпусковое время, и восторг, и радость, и еще что-то... Словом, эмоций больше, чем нужно. Сергей Павлович был ближе к выходу и первым оказался в проеме выходной двери, да так и застрял там, загородив собой выход, глядя на летевшую вверх ракету. Тут уж не до вежливости и этикета. Резким толчком плеча я вытолкнул его наружу, а сам застыл на том же месте, жадно следя за полетом..."*

Поздней осенью 1933 г. был осуществлен пуск второй ракеты ГИРД-09, но он закончился взрывом двигателя на высоте 100 м. Впоследствии было изготовлено еще шесть аналогичных ракет, получивших, впрочем, наименование ГИРД-13. Некоторые из этих ракет достигли высоты 1500 м.

### Газодинамическая лаборатория

Первой советской научно-исследовательской и опытно-конструкторской организацией, специализировавшейся в области создания ракет и ракетных двигателей, является Газодинамическая лаборатория (ГДЛ), которая была развернута в 1921 г. в военном ведомстве "для разработки изобретений Н.И.Тихомирова". Инженер Тихомиров еще в 1915 г. получил охранительное свидетельство на изобретение в области ракетной техники. После окончания Гражданской войны он обратился к руководству Советской России с предложением об использовании его идей для укрепления обороноспособности страны. Решение о создании лаборатории и выделении ей в Москве двухэтажного дома № 3 на Тихвинской улице принял главнокомандующий Вооруженными Силами Республики С.С. Каменев.

Следует отметить, что первое время область исследований ГДЛ ограничивалась только твердотопливными ракетами и РДТТ. Весной 1928 г. на одном из полигонов в районе Ленинграда был осуществлен пуск ракеты на бездымном порохе. По свидетельству инженера В.А. Артемьева, ее конструкция послужила фундаментом при создании реактивных снарядов для знаменитых "Катюш".

В апреле 1929 г. в ГДЛ поступило письмо инженера В.П. Глушко, который предлагал разработать так называемый электрореактивный двигатель (ЭРД). Идея заключалась в том, что при пропускании мощного импульса тока через отрезок проволоки происходил его почти мгновенный разогрев, материал проволоки превращался в низкотемпературную плазму и выбрасывался через реактивное сопло, создавая тягу. Далее производилась подача очередного участка проволоки, и процесс повторялся. Предложением В.П. Глушко заинтересовались, и в мае 1929 г. он стал руководителем нового подразделения ГДЛ, которое занялось разработкой электрических и жидкостных ракетных двигателей и ракет. Термин "жидкостный ракетный двигатель" в названии



На полигоне у ракеты ГИРД-Х



В.П. Глушко

сектора появился вследствие того, что со временем Глушко намеревался "взрывать" путем пропускания тока в том числе и струи жидкости, а не только твердые проводники.

Относительно быстро выяснилось, что первоначальная идея о применении ЭРД в качестве устройства для создания значительной по величине тяги оказалась нежизнеспособной. Много лет спустя такие двигатели стали использоваться в системах коррекции траектории полета космических кораблей. А в начале тридцатых годов прошлого века

В.П. Глушко пришлось переключиться на менее экзотические, но более реальные ЖРД, тяга которых создавалась вследствие быстрого протекания окислительных процессов.

Численность работников ГДЛ в то время была невелика (в 1929 г. - 24 человека). После смерти Н.И. Тихомирова в 1930 г. начальником ГДЛ стал артиллерийский инженер Б.С. Петропавловский, предложивший командованию РККА масштабный план оснащения войск реактивными снарядами самого различного назначения. Масса их варьировалась от 8...10 кг (калибр 82 мм) до 500 кг (калибр 410 мм). Предложения Б.С. Петропавловского нашли понимание. Начался быстрый рост числа сотрудников и расширение тематики работ. В 1931 г. в ГДЛ работали уже 77 сотрудников, объединенных в семь секторов (руководителем одного из них был В.П. Глушко). Лаборатория в то время располагала несколькими помещениями в Ленинграде. Так, ее конструкторы и чертежники размещались в здании Главного Адмиралтейства, а производство и часть экспериментальной базы - в Иоанновском равелине Петропавловской крепости. Основные работы велись в направлении оснащения самолетов реактивными снарядами калибра 82 мм и 132 мм. Летом 1932 г. начальник вооружений РККА маршал М.Н. Тухачевский присутствовал на стрельбах, проведенных снарядами РС-82 с истребителя И-4. "Авиационный" крен ГДЛ в те годы становился все более явственным. В 1933 г. пост начальника ГДЛ занял авиационный инженер И.Т. Клейменов.

Тем временем под руководством В.П. Глушко были созданы и прошли испытания двигатели серии ОРМ ("опытный ракетный мотор"). Первый образец, еще не имевший порядкового номера, работал на унитарном топливе (смеси углеводородов с азотным тетроксидом). За ним последовали близкие по конструкции ОРМ-1 и ОРМ-2. Всего было произведено 47 пусков, многие из них за-

вершились аварийно. Главный вывод, сделанный экспериментаторами - двигатели на унитарном топливе взрывоопасны, более перспективным направлением было сочтено создание ЖРД на двухкомпонентном топливе.

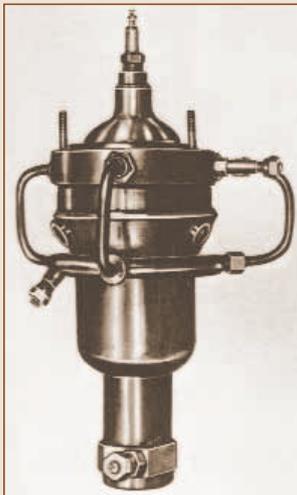
В 1931 г. производились опыты, целью которых являлась отработка зажигания. Были предложены самовоспламеняющееся топливо и, как альтернатива, использование химического зажигания (вначале в камеру сгорания подается небольшое количество самовоспламеняющихся компонентов, а после розжига факела - несамовоспламеняющиеся компоненты топлива). Для управления ракетой на траектории Глушко сконструировал карданную подвеску ЖРД вместе с насосными агрегатами. В 1932 г. родилась идея поршневого топливного насоса, приводимого в действие газами, отбираемыми из камеры сгорания двигателя. В 1931-1933 г. конструкторы и производственники сектора ЖРД разработали пятьдесят (!) вариантов двигателей - от ОРМ-3 до ОРМ-52. В качестве окислителей использовались жидкий кислород, азотная кислота, растворы азотного тетроксида в азотной кислоте, а в качестве горючего - бензин, бензол, толуол и керосин. Тяга двигателя ОРМ-50 была доведена до 150 кгс, а двигателя ОРМ-52 - до 300 кгс. Вероятно, осенью 1933 г. последний был самым мощным ЖРД в мире. Удельный импульс ОРМ-52 составлял 210 с, давление в камере сгорания 25 кгс/см<sup>2</sup>. Стальная цилиндрическая камера сгорания со сферической головкой имела внутреннее охлаждение, а для крышки камеры и сопла со спиральным оребрением применялось регенеративное охлаждение азотной кислотой.

По мнению посетивших ГДЛ в январе 1933 г. руководителей МосГИРД, в отношении ЖРД ленинградцы далеко опередили их собственные разработки. Аналогичный отзыв оставил и профессор В.П. Ветчинкин из ЦАГИ: *"В ГДЛ была проделана главная часть работы для осуществления ракеты - реактивный мотор на жидком топливе... С этой стороны достижения ГДЛ (главным образом инженера В.П. Глушко) следует признать блестящими"*. По мнению М.Н. Тухачевского, *"ленинградская Газодинамическая лаборатория Техштаба... достигла в настоящее время существенных и ценных результатов... Особо важные перспективы связываются с опытами ГДЛ над жидкостным реактивным мотором, который в последнее время удалось сконструировать в лаборатории. Применение этого мотора в артиллерии и химии открывает неограниченные возможности стрельбы снарядами любых мощностей и на любые расстояния. Использование реактивного мотора в авиации приведет в конечном итоге к решению задачи полетов в стратосфере с огромными скоростями"*.

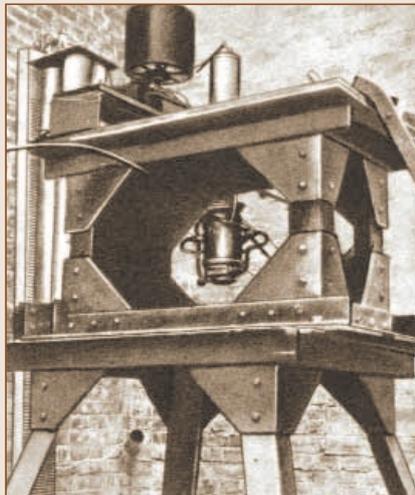
По проекту В.П. Глушко в ГДЛ создавалась ракета РЛА-100 со стартовой массой 400 кг и тягой двигателя 3000 кгс. Ее компоновка сложилась под влиянием идей Годдарда - двигатель на карданном подвесе располагался выше центра тяжести, а компонентами топлива заполнялись длинные цилиндрические баки, смонтированные по бокам от него. Вся конструкция закрывалась общей заостренной головкой, в которой планировали установить метеоприборы. Постройку трех экземпляров ракеты поручили Мотовилихинскому машиностроительному заводу, который с задачей не справился. Впрочем, беда была невелика - двигатель с требуемой тягой также отсутствовал.

"Головокружение от успехов" быстро прошло, и специалисты ГДЛ перешли к созданию простых, но более реальных малых ракет РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 с двигателем ОРМ-52. По расчетам они могли подниматься на высоту 2...4 км. Если первые две ракеты были неуправляемыми, то РЛА-3 оснащалась пневматическими гироскопами, воздействовавшими на аэродинамические рули. Впрочем, все эти летательные аппараты остались недостроенными из-за реорганизации ГДЛ в 1933 г.

Ранее упоминалось, что двигатель ОРМ-50, работавший на азотной кислоте и керосине, был установлен на ракету ГИРД-05. В 1934 г. двигатель пять раз испытывался на полигоне, но при попытке запуска ракеты требуемой тяги не развил, выработав все топливо на пусковом станке из-за пониженного давления в вытеснительной системе топливоподдачи.



Один из наиболее удачных двигателей - ОРМ-65



Испытательный стенд с установленным двигателем ОРМ-50

### Кадры решают все

25 февраля 1933 г. М.Н. Тухачевский собрал совещание, на котором обсуждалась идея об организации Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ) путем слияния ГДЛ и МосГИРД. На совещании была организована группа из трех человек для подготовки слияния. В нее вошли начальник ГИРД С.П. Королев, начальник ГДЛ И.Т. Клейменов и Я.М. Терентьев - один из заместителей Тухачевского.

Приказ об объединении двух организаций состоялся 21 сентября 1933 г. Начальником РНИИ стал Клейменов, его заместителем - Королев. В составе института сформировали четыре отдела. Один из них, занимавшийся конструированием ЖРД, возглавил М.К. Тихонравов. В отделе сформировали две бригады. Первой, разрабатывавшей азотнокислотные ЖРД, руководил В.П. Глушко, а второй, которая проектировала ЖРД на кислороде и спирте (или керосине) - Л.С. Душкин. Третий отдел РНИИ во главе с П.П. Зуйковым занимался созданием крылатых ракет и ракетных ускорителей старта самолета.

Два прежних самостоятельных руководителя не ужились "в одной берлоге". Уже в январе 1934 г. Клейменов добился отстранения Королева от должности заместителя начальника института и резкого понижения его в должности - до старшего инженера в отделе П.П. Зуйкова. Самолюбивый Королев был глубоко уязвлен, но работы не бросил. Спустя всего четыре года понижение спасло ему жизнь - руководители института И.Т. Клейменов и Г.Э. Лангемак были арестованы и в январе 1938 г. расстреляны по ложному обвинению в участии в "антисоветской троцкистской вредительской организации".

Между тем в бригаде В.П. Глушко продолжалась отработка азотнокислотных ЖРД семейства ОРМ. Наивысшим достижением бригады явилось создание в 1936 г. двигателя ОРМ-65, который предназначался для крылатой ракеты "212" класса "земля-земля". При тяге 150 кгс двигатель имел удельный импульс 200 с и устойчиво работал на протяжении 75 с. Цельнометаллическая крылатая ракета имела размах 3,06 м, длину 3,16 м и стартовую массу 210 кг. "Полезную нагрузку" массой 30 кг она могла нести на дальность 50 км. Пуск производился с тележки с использованием порохового ускорителя. Главным "идеологом" ракеты был С.П. Королев. Крылатая ракета "212" с ОРМ-65 прошла в 1937-1938 гг. 13 огневых испытаний, а в 1939 г. дважды испытывалась в полете. Помимо этого проекта, Королев занимался разработкой ракетоплана РП-218, зенитной ракеты для перехвата самолетов противника ("217") и крылатой ракеты класса "воздух-воздух" ("201") с РДТТ.

Основой для создания РП-218 стал планер СК-9, спроектированный под руководством Королева группой энтузиастов в нерабочее время. Один экземпляр планера, пользуясь старыми связями, Сергею Павловичу удалось построить на заводе Осоавиахима. Планер прошел все необходимые испытания и даже совершил перелет из Москвы в Коктебель на буксире за самолетом. В конце 1935 г. даже не слишком расположенный к Королеву И.Т. Клейменов признал целесообразной идею переделки планера в ракетоплан. 2 февраля 1936 г. эскизный проект пилотируемого самолета СК-10, оснащенного ЖРД, обсуждался на техническом совещании РНИИ, где были доложены следующие его характеристики:

- экипаж - 2 человека в скафандрах;
- трехкамерный ЖРД тягой 900 кгс;
- стартовая масса 1600 кг;
- наибольшая высота полета 25 000 м;
- максимальная скорость 300 м/с на высоте 3000 м;
- продолжительность горизонтального полета с работающим двигателем 400 с.

Первым шагом на пути к такому самолету должен был стать ракетоплан-лаборатория РП-218 с двигателем небольшой (150 кгс) тяги. Техническое совещание приняло решение: "Отделы института должны предусмотреть работу по 218-му объекту в планах на 1937 г. как одну из ведущих работ института".



Крылатая ракета "212" на пусковой установке

Вскоре началась разработка чертежей и изготовление оборудования, необходимого для переделки СК-9 в ракетоплан. Первоначально его решили оснастить глушковским двигателем ОРМ-65. К концу 1936 г. первый экземпляр двигателя прошел полный цикл стендовых испытаний, сохранив работоспособность после 50 пусков с общей наработкой более 30 минут. В 1937-1938 гг. было осуществлено 30 огневых испытаний ОРМ-65 в составе РП-218 на стенде.

Параллельно с разработкой образцов ЖРД и ракет различного назначения в институте постепенно совершенствовалась экспериментальная база. Так, в 1936 г. были введены в строй две установки для изучения стационарных рабочих процессов в ЖРД и процессов запуска двигателя. С помощью этих установок был обоснован перспективный метод охлаждения ЖРД путем передачи теплового потока через тонкую несилую медную стенку в охлаждающую жидкость. Идею выдвинул руководитель отдела ЖРД А.Г. Костиков, который позднее стал главным инженером института и одним из соавторов механизированной установки МУ-1 ("Катюша"). Он же предложил методику термодинамического расчета ЖРД и сам выполнил такой расчет применительно к одному из спроектированных двигателей.

В начале 1937 г. РНИИ был передан из Наркомтяжпрома в новый Наркомат оборонной промышленности, став закрытым НИИ-3. Резко усилились режимные требования, началась компания по проверке лояльности сотрудников. В такой обстановке закономерно "всплыли" многие прежние обиды и конфликты, породившие поток "сигналов", адресованный "компетентным органам". Первыми пострадало руководство института, но в 1938 г. настал черед "среднего звена". Глушко был арестован 23 марта, а Королев - 27 июня. Обоих обвинили в преступлениях, предусмотренных печально известной статьей 58 Уголовного кодекса СССР, пункты 7 и 11 - "участие в антисоветской подпольной контрреволюционной организации". Конкретно Королеву приписывались "сознательное препятствование созданию эффективной системы питания для бортовой авиопилота ракеты "212" и разработка бесперспективной твердотопливной ракеты "217" с целью задержать развитие более важных направлений". Оба "преступника" получили по 10 лет лишения свободы с поражением в правах на пять лет и конфискацией личного имущества.

После произведенных арестов и смены руководства НИИ-3 главным направлением его дальнейшей деятельности на несколько лет стала разработка неуправляемых твердотопливных реактивных снарядов. Этому способствовала передача института в январе 1939 г. в Наркомат боеприпасов. Другие разработки института, в том числе ЖРД и летательные аппараты с ЖРД, отошли на второй план.

(Продолжение в следующем номере).



# УЧЕНЫЙ И ОРГАНИЗАТОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(к 80-летию со дня рождения В.А. Шерстянникова)

7 мая 2004 г. исполнилось 80 лет нашему коллеге, доктору технических наук, лауреату премии имени Н.Е. Жуковского, действительному члену Германской академии имени А. Гумбольдта - Валентину Алексеевичу Шерстянникову, известному ученому и организатору научных исследований в области авиационных и ракетных двигателей, ветерану космонавтики России.

Свою инженерную и научную деятельность в авиационной промышленности Валентин Алексеевич начал в Центральном институте авиационного моторостроения в 1949 г. после окончания МАИ. Его первые научные работы (1950-1960 гг.) были проведены в области газовых турбин под руководством профессора В.Х. Абянца. Были выявлены основные закономерности формирования пространственного течения газа в бандажированных турбинах и получены обобщенные эмпирические коэффициенты потерь располагаемой энергии потока в радиальном зазоре. Эти результаты используются и в настоящее время при проектировании и расчете газовых турбин двигателей.

В последующие годы (1960-1980 гг.) В.А. Шерстянников стал заниматься проблемами бурно развивавшейся в то время ракетно-космической техники, к созданию которой С.П. Королев привлек и двигательный институт ЦИАМ. На протяжении многих лет Валентин Алексеевич активно работал в этой области и являлся неизменным заместителем профессора В.Ф. Левина, руководившего указанной тематикой в институте. В этот период В.А. Шерстянников провел большой комплекс работ, связанных с исследованием динамических характеристик насосов и турбин и вибрационно-пульсационного состояния ТНА, выполнил ряд сложных экспериментов и расчетов, которые были направлены на изучение механизмов формирования характеристик ЖРД на нестационарных режимах работы и оказание технической помощи ОКБ в проектировании и доводке двигателей для создававшихся в то время мощных космических и оборонных систем.

В.А. Шерстянниковым при тесном сотрудничестве с ОКБ С.А. Косберга были предложены рекомендации, обеспечившие повышение устойчивости работы камеры сгорания первого лунного ЖРД на режиме запуска. Значительно повышена к.п.д. турбины двигателей ракет-носителей "Восток" и "Союз", находящихся в эксплуатации более 40 лет. Совместно с двигателями и ракетными ОКБ В.А. Шерстянниковым разработаны методы физического моделирования и натурной отработки динамических процессов запуска ЖРД, проведены комплексные исследования рабочего процесса ЖРД на пусковых режимах, составившие впоследствии методологическую основу построения современных систем запуска данного типа двигателей. Результаты этих работ нашли практическое применение при создании двигателей большинства отечественных ракет-

ных систем ПВО и ПРО, а также ракетно-космических комплексов "Протон", Н1 и "Энергия".

Более 15 лет Валентин Алексеевич возглавлял Государственные комиссии по наземной отработке и приему в эксплуатацию двигателей и двигательных установок для важнейших объектов и программ космического и оборонного назначения, включая противоракетную систему А-35, зенитные комплексы С-200 и С-300, международные космические программы "Союз-Аполлон" и "Союз-Салют-6" и др. Созданные для этих комплексов и систем отечественные ЖРД имеют высокую надежность и существенно превосходят зарубежные двигатели.

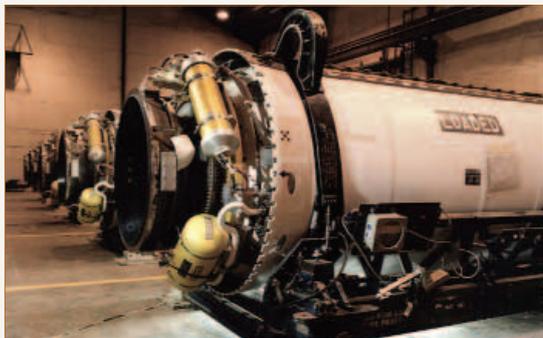
Учитывая огромный научно-технический опыт, накопленный В.А. Шерстянниковым в области создания ЖРД, в 1983 г. он был переведен в Министерство авиационной промышленности на должность заместителя начальника Главного управления по науке. За период работы в министерстве В.А. Шерстянников проявил себя способным организатором и руководителем ряда научных направлений в отрасли. Он уделял большое внимание организации и координации фундаментальных и поисковых работ, проводимых ЦАГИ и ЦИАМ совместно с институтами АН СССР, принимал активное участие в реализации важнейших программ создания новых пассажирских самолетов и орбитального корабля "Буран". Совместно с НИИ и ОКБ промышленности В.А. Шерстянников активно занимался организацией научно-технического сотрудничества с зарубежными странами в области НИОКР. Он являлся членом ряда научных советов Министерства, членом НТК отрасли по реализации космической программы "Энергия-Буран", членом авиационного бюро Комитета по машиностроению стран-членов СЭВ.

В.Л. Шерстянников - автор многих научных работ и изобретений, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях. На протяжении 25 лет он регулярно участвовал в работе ежегодных научных симпозиумов и конференций по космонавтике (чтения, посвященные памяти К.Э. Циолковского, С.П. Королева, Ю.А. Гагарина, Ф.А. Цандера), а также в международных астронавтических конгрессах МАФ. За создание и внедрение в практику методов гидродинамического моделирования и натурной отработки рабочего процесса ЖРД на режимах запуска В.А. Шерстянникову в 1982 г. была присуждена ученая степень доктора технических наук и научная премия имени проф. Н.Е. Жуковского. Написанные по результатам этих работ обстоятельные монографии вызвали большой интерес не только у отечественных специалистов в области ракетной техники, но и у зарубежных ученых.

В связи с отмечаемым юбилеем коллеги по работе и редакция журнала "Двигатель" желает Валентину Алексеевичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов в научной деятельности и личной жизни.



Юбилера поздравляет генеральный директор ЦИАМ Владимир Скибин



# ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ. ГОД 2004 - БЕЗ АЛЬТЕРНАТИВ

Владимир Коровин

**Основной целью работ, которые уже несколько десятилетий ведутся в области создания ракетно-прямоточных, гибридных и других типов двигательных установок, как правило является изучение возможности их использования в составе боевых ракет различного назначения вместо твердотопливных двигателей. Однако до настоящего времени каких-либо альтернатив доминирующему положению РДТТ в этой области ракетной техники так и не предложено. Наоборот, в последние годы для этого класса двигательных установок предложен и реализован ряд перспективных технических и технологических решений, которые позволят обеспечить их лидерство, во всяком случае, в течение ближайших десятилетий.**

В числе направлений дальнейшего совершенствования РДТТ остаются улучшение энергетических, физико-механических и эксплуатационных характеристик используемых для них твердых ракетных топлив, а также снижение стоимости разработки и изготовления двигателей. В то же время, состоявшиеся в предыдущие десятилетия прорывы в области совершенствования твердых топлив в значительной степени приблизили характеристики их удельного импульса, плотности, механических свойств и скорости горения к теоретически возможным, и поэтому в ближайшем будущем подобных прорывов в улучшении их характеристик не предвидится. В результате наибольшим приоритетом при создании новых РДТТ будут пользоваться поиск новых технических решений и использование перспективных конструкционных материалов.

Одним из перспективных технических решений может стать создание РДТТ многократного включения. Благодаря возможности их повторного включения на различных участках траекторий использование подобных двигателей будет способствовать увеличению дальности пуска ракет, повышению их скорости и маневренности на конечных участках полета и пр.

Работы, связанные с созданием подобных двигателей, были начаты в США еще в 1960-х годах и сосредоточены на исследовании различных конструктивных схем их реализации. При этом наиболее эффективным вариантом, обеспечивающим минимальную массу конструкции, был признан РДТТ, заряд которого разделен на отдельные секции теплозащитными экранами (диафрагмами или переборками) и снабжен индивидуальными устройствами воспламенения. Реализация подобной конструкции позволила в конце 1960-х годов создать РДТТ двукратного включения (с паузой перед повторным запуском до 80 с) для авиационной управляемой ракеты SRAM (AGM-69A), принятой на вооружение в 1971 г.

В последующие годы в США был реализован еще целый ряд проектов, связанных с созданием двигателей многократного включения, в том числе программы:

- RPMADP (Radial Pulse Motor - Advanced Development Program, 1978-1983 гг.), в процессе выполнения которой были разработаны два РДТТ двукратного включения, оснащенные заливаемым зарядом твердого топлива: первый диаметром 165 мм, второй диаметром 178 мм. В процессе их испытаний время паузы между включениями составляло до 100 с;

- AMS (Advanced Missile System, 1984-1985 гг.), в ходе которой был разработан РДТТ двукратного включения диаметром 140 мм;

- AALM (Advanced Air Launched Motor, 1984-1986 гг.), в ходе выполнения которой был разработан и пять раз успешно испытан в стендовых условиях РДТТ двукратного включения диаметром 375 мм, предназначенный для авиационной ракеты. Корпус двигателя изготавливался из композиционного материала на основе графита, а заряд - из топлива на основе НТПВ (Hydroxy-Terminated PolyButadien - полибутадиен с концевыми гидроксильными группами);

- SRAM-2 (Short Range Attack Missile, 1985-1991 гг.), в ходе выполнения которой был создан более простой и легкий РДТТ двукратного включения, чем двигатель для ракеты SRAM. Корпус этого двигателя ди-

аметром около 390 мм, изготавливался из графитовых волокон, а заряд - из топлива на основе НТПВ. Было проведено 24 испытания, но в 1991 г. по политическим мотивам программа была прекращена;

- HP/LO (High Performance/Low Observable, 1986-1992 гг.), в процессе которой был создан РДТТ трехкратного включения диаметром 178 мм для перспективной ракеты класса "воздух-воздух" средней дальности. Корпус этого двигателя состоял из трех стальных секций, а в качестве устройства воспламенения заряда использовался лазер. Было проведено шесть успешных испытаний этого РДТТ;

- MMPT-ATD (Multi-Mission Propulsion Technology - Advanced Technology Demonstration Program, 1992-1996 гг.), в процессе выполнения которой были созданы и успешно испытаны (в том числе и в полете) два РДТТ: двигатель трехкратного включения диаметром 203 мм с односекционным композиционным корпусом и зарядом на основе НТПВ с пониженной дымностью и двигатель двукратного включения диаметром 178 мм со стальным корпусом и зарядом на основе GAP.

Очередной импульс программы создания РДТТ многократного включения получили в середине 1990-х годов, с началом работ по созданию тактических ракет нового поколения. Одним из первых результатов на этом этапе стало создание отделением Elktion фирмы Alliant Techsystems РДТТ двукратного включения Mk. 136 для третьей ступени противоракеты корабельного базирования "Стандарт" SM-3. Использование этого двигателя, время работы которого составляет 16 с, позволяет осуществлять разгон и управление полетом противоракеты в соответствии со сценарием перехвата баллистической цели до отделения от нее ступени перехвата LEAP.

В течение 1993-2002 гг. двигатель Mk. 136 прошел программу стендовых испытаний, а в 2002-2003 гг. неоднократно использовался в составе ракеты "Стандарт" SM-3 в процессе летных испытаний с перехватом тактических баллистических ракет.

Успешная реализация программы создания РДТТ Mk.136 оказала значительное влияние и на программу дальнейшего совершенствования зенитной ракеты PAC-3. Так, одной из целей начатой в июле 2003 г. программы PAC-3 MSE (Missile Segment Enhancement) продолжительностью 51 месяц и стоимостью \$260 млн должна стать разработка РДТТ двукратного включения. Цель программы - вдвое увеличить дальность действия PAC-3 против аэродинамических целей и в полтора раза расширить зону защиты от баллистических ракет.

В последние годы в число организаций, ведущих исследования по созданию РДТТ многократного включения, вошла европейская фирма Bayern-Chemie/Protac. Ее представители недавно сообщили о выполнении фирмой серии из пяти стендовых испытаний РДТТ двукратного включения. В этих испытаниях была использована конструкция, состоящая из двух стальных секций диаметром 120 мм, в каждой из которых находился твердотопливный заряд с разделительным устройством между ними.

Испытания включали в себя запуски при температурах от +20 до -30 °С с интервалами между включениями от 1 до 30 с. По информа-

ции Bayern-Chemie/Protac в процессе этих испытаний была показана высокая степень повторяемости диаграмм давления и тяги, а также надежная работа разделительного устройства.

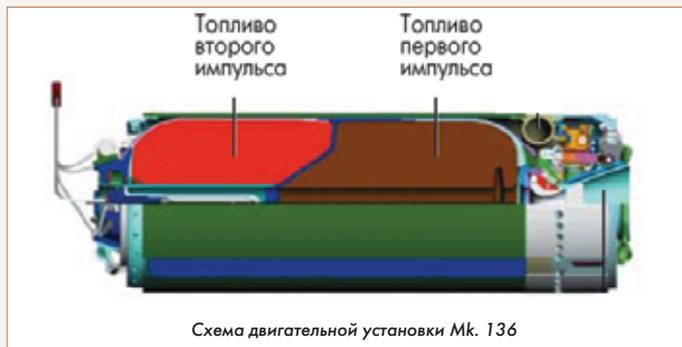
Успех испытаний позволил министерству обороны ФРГ начать финансирование более масштабной программы, которая включает в себя разработку и проведение испытаний РДТТ, оснащенных более совершенным разделительным устройством, секцией газоведа и сопла.

По-прежнему остается востребованным и направление совершенствования двухрежимных РДТТ, способных развивать высокую тягу на стартовом участке полета ракеты и пониженную на маршевом. Подобный режим работы, как правило, обеспечивается выбором соответствующей формы заряда или установкой в двигателе двух различных зарядов.

Об одном из наиболее впечатляющих успехов в этой области недавно сообщила компания Aerojet, ведущая совместно с английской фирмой Rohel работы, направленные на создание двигательной установки для перспективной авиационной тактической ракеты JCM по заказу фирмы Lockheed Martin. Во время испытаний, состоявшихся весной 2004 г., было продемонстрировано соотношение стартовой и маршевой тяг, составляющее 1:20, что в три раза больше, чем у существующих РДТТ. Использование в составе ракеты подобного РДТТ обеспечит возможность старта JCM с различных носителей, в том числе со сверхзвуковых самолетов и вертолетов.

Еще один вариант реализации двухрежимной диаграммы работы РДТТ предложило отделение Elkon фирмы Alliant Techsystems, создавшее двигательную установку Mk. 134 для зенитной ракеты ESSM (Evolved SeaSparrow Missile). Начав работы по созданию Mk. 134 в 1995 г., к настоящему времени Alliant Techsystems выполнила более 12 успешных стендовых и летных испытаний и приступила серийному производству этих двигателей.

К числу реализованных перспективных технических решений РДТТ следует отнести изготовление твердотопливного заряда канальной формы с двумя радиальными щелями, который последовательно формируется из двух топлив, имеющих различную скорость горения. На стартовом участке используется топливо на основе НТРЕ (Hydroxy-Terminated PolyEther - полиэфир с концевыми гидроксильными группами), обладающее пониженной дымностью, а на маршевом участке - топливо, включающее в свой состав алюминиевый порошок. Для задействия РДТТ Mk. 134 используется твердотельный лазер, инициирующий петарды из  $V/KNO_3$ , что значительно повышает надежность и безопасность процесса запуска.



Над созданием РДТТ с твердыми топливами на основе НТРЕ активно работает и американская фирма Atlantic Research. По информации представителей фирмы впервые полиэфирные топлива были разработаны по заказу ВМС США в рамках реализации программы IM (Insensitive munition), целью которой являлась разработка твердых топлив, нечувствительных к различным видам воздействий. По своим механическим, баллистическим и энергетическим свойствам полиэфирные топлива эквивалентны или превосходят большинство существующих топлив. При этом для их изготовления применяются хорошо освоенные в промышленности компоненты, что может значительно удешевить производство твердотопливных двигателей.

В последние годы Atlantic Research провела ряд успешных стендовых испытаний РДТТ диаметром 254 мм с топливом на основе НТРЕ. В процессе этих испытаний было продемонстрировано, что использование данного вида топлива способно обеспечить получение равных или более высоких характеристик по сравнению с характеристиками топлив, применяемых в настоящее время.

Еще одна программа в области совершенствования РДТТ реализуется командованием авиационных систем ВМС США. Целью этой программы, названной С4К, является демонстрация потенциальных преимуществ корпусов ракетных двигателей из композиционных материалов. Традиционно упоминаются следующие достоинства подобных корпусов РДТТ: высокая прочность при малой массе, устойчивость к коррозии, низкая чувствительность к механическим повреждениям и снижение радиолокационной заметности. Главным же их преимуществом, по мнению представителей ВМС США, является большая безопасность эксплуатации при нахождении на авианосце. Так, при воздействии на такой РДТТ открытого огня его конструкция размягчается,

**ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗГОННО-МАРШЕВЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЯДА АВИАЦИОННЫХ И ТАКТИЧЕСКИХ РАКЕТ**

Тип ракеты	Обозначение ДУ	Масса с топливом, кг	Особенности	Длина / диаметр, м	Температурный диапазон применения	Тип топлива	Продолжительность эксплуатации	Материал корпуса
TOW-2	-	6,2	-	0,3 / 0,152	-32...+52	XLDB	-	Сталь 4130
Hellfire	M120E3	14,2	-	0,6 / 0,178	-43...+63	XLDB	Более 20 лет Более 20 лет	Алюминий 7075-T73
Maverick	-	47,2	-	1,02 / 0,28	-60...+77	НТРВ	Более 15 лет	Алюминий 7075-T6
RIM-7	Mk. 58	96,0	Двухрежимный	1,51 / 0,203	-54... +71	Алюм. СТРВ	Более 20 лет	Сталь AISI4130-4137
AIM-9X	Mk. 36	46,3	Однорежимный	1,98 / 0,127	-54...+63	НТРВ	-	Сталь 4130
AIM-120	-	70,8	С устройством электромеханического запуска	1,89 / 0,178	-54...+63	С ум. дым.	10 лет 7 лет	-
AIM-120-C5	-	75,4	С устройством дистанционного запуска	1,89 / 0,178	-54...+63	С ум. дым.	10 лет	Сталь D6AC
RIM-162 (ESSM)	Mk. 134 мод. 0	168,0	Двухрежимный, с лазерным устройством запуска	2,0 / 0,254	-25...+56	Два вида НТРЕ	10 лет	Сталь D6AC
LOSAT	-	50,0	С лазерным устройством запуска	1,9 / 0,163	-32...+65	XLDB	11 лет	КМ на основе графита
ERINT-1 (PAC-3)	-	154...157 (топливо)	-	2,55 / 0,254	-	-	-	КМ на основе графита

что значительно снижает уровень давления горячих газов от загоревшегося твердого топлива, по сравнению со случаем, когда применяется металлический корпус. В случае более интенсивной реакции, в т.ч. взрыва, осколки и фрагменты корпуса такого двигателя являются относительно легкими и наносят значительно меньшие повреждения окружающим объектам.

Для выполнения работ по программе С4К были специально изготовлены двигатели с корпусами из композиционных материалов, предназначенные для ракет AIM-9M "Сайдундер" и ASRAAM.

В последние годы еще одним направлением исследовательских и конструкторских работ стало создание РДТТ, предназначенных для использования в составе исполнительных систем управления полетом. Подобные задачи, поставленные перед разработчиками двигательных установок еще в 1970-1980-х годах, на экспериментальных и опытных образцах ракет решались, как правило, с помощью интегрированных в их состав многокамерных ЖРД или микроРДТТ. В создании последних особая роль принадлежит фирме Atlantic Research, которая имеет в своем активе разработку микроРДТТ диаметром от 13 мм с временем работы от 4 мс. Последние из созданных фирмой микроРДТТ используются в составе ракет PAC-3, LOSAT и SLID.

В то же время, с переходом от выполнения экспериментальных разработок к стадии создания боевых образцов ракет их разработчики все более склоняются к необходимости использования многоопловых РДТТ, тяга которых может регулироваться как по величине, так и по направлению.

Первым переданным в производство вариантом подобного двигателя стал РДТТ, созданный для использования в системе управления PIF-PAF (Pilotege en Force - Pilotege Aerodynamique Fort - управление с помощью тяги и аэродинамических сил) маршевой ступени франко-итальянской зенитной ракеты "Астер". В этой системе реализованы основные преимущества как аэродинамического управления ракетой, так и управления ее с помощью специального двигателя. Используя ее, ракета способна практически мгновенно (ее время реакции оценивается в 0,01...0,015 с) начать изменение траектории движения в требуемом направлении. Причем интенсивное маневрирование может выполняться в диапазоне высот от предельно малых до более чем 22 км.

Используемая в составе "Астер" управляющая двигательная установка представляет собой небольшой РДТТ с четырьмя щелевыми соплами, размещенными в крыльях маршевой ступени, и клапанами, регулирующими по командам от системы управления величину их критического сечения. В процессе выполнения перехвата система управления запускает этот двигатель примерно за 1 с до встречи с целью. Для создания тяги в направлении одного из сопел подается команда на полное открытие его клапана; для создания тяги в промежуточном направлении подается команда на частичное открытие двух клапанов; в случае же, когда наличие управляющей силы от РДТТ не требуется, клапаны во всех соплах открываются на четверть от возможной величины.

В настоящее время продолжается дальнейшее совершенствование этой двигательной установки. При этом к числу перспективных направлений разработчики относят возможность ее использования:

- для газодинамического управления и поддержания высокой скорости полета ракеты с помощью одного твердотопливного заряда, при проектировании которого должно обеспечиваться либо увеличение времени работы, либо повышение реализуемой тяги,

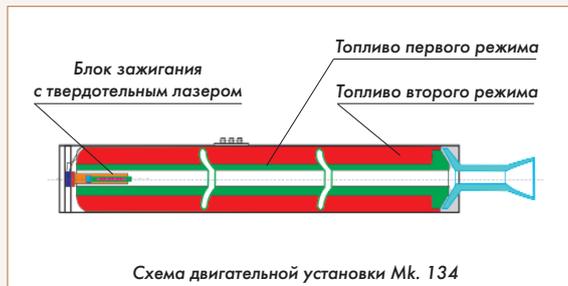


Схема двигательной установки Mk. 134

- с одним твердотопливным зарядом, способным обеспечивать один, два или даже три импульса тяги в поперечном направлении,

- с несколькими (двумя или тремя) зарядами.

Для решения аналогичных задач отделением Elkton фирмы Alliant Techsystems разработана двигательная установка Mk.142, которая ис-

пользуется в составе боевой ступени LEAP противоракеты корабельного базирования "Стандарт" SM-3.

Создание подобной малогабаритной двигательной установки являлось одной из задач начатой в середине 1980-х годов программы реализации критических технологий в области ПРО. К ее выполнению был подключен на конкурсной основе ряд известных американских фирм. В начале 1990-х годов лидером в ее выполнении стала фирма Boeing, которой удалось создать "самый легкий в мире" (массой менее 5 кг) РДТТ управления. В его составе использовался многозарядный твердотопливный газогенератор, оснащенный быстродействующими (с частотой до 200 Гц) клапанами, способными работать при температуре свыше 2040 °С. Создание подобной конструкции потребовало использования специальных теплостойких материалов, в частности, на основе рения. В процессе этих работ фирмами Boeing и Thiokol был разработан ряд уникальных технологических процессов обработки рения.

В дальнейшем фирма Thiokol (ставшая частью Alliant Techsystems) осуществила интегрирование этой твердотопливной системы в состав 20-килограммовой боевой ступени LEAP, разработанной фирмой Hughes и использованной в 1993-1995 годах в ходе стендовых и летных испытаний в рамках демонстрационной программы Terrier-LEAP.

Используемая в настоящее время в составе LEAP твердотопливная двигательная установка Mk. 142 SDACS (Solid Divert and Attitude Control System) позволяет выполнять маневр на расстояние более 3 км. Она уже четыре раза использовалась в процессе испытаний "Стандарт" SM-3, результатом которых становились прямые попадания в боеголовки баллистических ракет, в том числе дважды на этапе их выведения. Причем во время четвертого испытания (FM-6), состоявшегося 11 декабря 2003 г., использовалась ДУ Mk. 142, которая снаряжалась одним твердотопливным зарядом (ранее в камере РДТТ устанавливались три различных заряда).

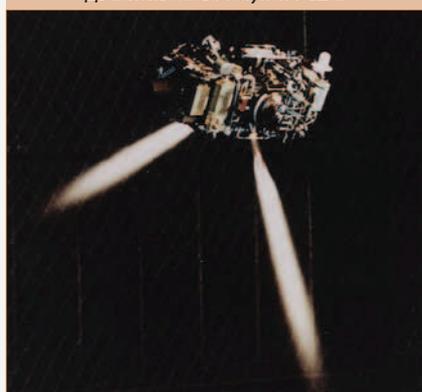
Задача разработки еще меньшего по размерам РДТТ была поставлена недавно перед разработчиками миниатюрной боевой ступени MKV (Miniature Kinetic Vehicle), предназначенной для использования в составе перспективной противоракеты заатмосферного перехвата. Предполагается, что каждая ракета будет оснащаться 20-30 боевыми ступенями MKV, имеющими размеры "с кофейную банку" и массу 4...6 кг. По замыслу разработчиков, противоракета будет действовать, как "автобус", последовательно запускающий перехватчики MKV для поражения баллистических целей.

Работу над концепцией MKV с ноября 2001 г. вели три группы фирм, возглавляемые Lockheed Martin, Raytheon-SAIC и Schafer Corp. - Boeing. В начале января 2004 г. для разработки и изготовления MKV Агентство по ПРО США выбрало фирму Lockheed Martin. Предполагается, что разработка MKV будет осуществляться в течение следующих восьми лет и ее стоимость должна составить \$768 млн.

По сообщениям представителей Lockheed Martin создание твердотопливной системы управления (DACS) станет одним из критических элементов программы, и в случае успешной разработки выбранной для использования в составе MKV совершенно новой "пропорциональной" системы управления клапанами первые испытания боевой ступени должны состояться уже в 2005 г.

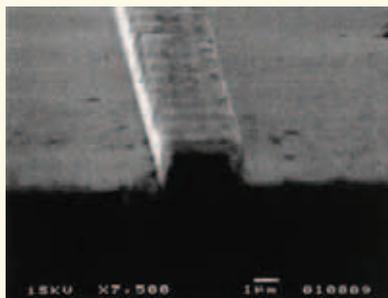


Двигатель боевой ступени LEAP



Испытания РДТТ Mk. 142

# НАНОМЕТРОВЫЙ РУБЕЖ ПРОЙДЕН! ВПЕРВЫЕ В МИРЕ !



NANO-100 в различных модификациях успешно применяется в Японии для решения специальных задач (шлифовка и полировка сверхмалых геометрических элементов, микрофрезерование).

## УЛЬТРАПРЕЦИЗИОННЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ ЦЕНТР С ДИСКРЕТНОСТЬЮ ПОДАЧ 1 НМ (НАНОМЕТР!)

- Сдвоенные бессердечниковые линейные двигатели
- Лазерные линейные датчики с субнанометровой дискретностью и собственная уникальная система управления
- Полнокерамическая конструкция
- Закрытые аэростатические направляющие
- До 5 осей одновременного управления

(Информация о NANO-100 – не реклама. Станок выпускается по конкретным заказам с 2001 г. Не экспортируется. По вопросам приобретения просьба не обращаться.)



## NANO-100

Справка:  
1 нм = 0,000001 мм  
[1 миллионная миллиметра]

## Оборудование мирового лидера из Японии

- НАНОТЕХНОЛОГИИ: Станки с линейными приводами с нанометровой дискретностью подачи [ультрапрецизионный линейный обрабатывающий центр NANO-100, ЭИ вырезной станок EXC100L]
- ЭИ проволочно-вырезные установки с 32/64-разрядными КЧПУ-генераторами (до 8 осей одновременного управления):
  - ◆ Серия «AQ\_L» [AQ325L, AQ535L, AQ550L, AQ750L]: Прецизионные ЭИ погружные установки проволочной вырезки в воде, линейные сервоприводы, полнополюсная антиэлектролизная система Super BS [достижимая точность обработки – ±2,5...3,0 мкм]
  - ◆ Серия «AP\_L» [AP200L, AP450L]: Сверхпрецизионные установки ЭИ вырезки в углеводородном диэлектрике (масле) и/или с комбинированной диэлектрической системой (быстрое резание в воде и чистовые проходы в масле с улучшением качества поверхности), линейные сервоприводы. Чистовое выхаживание до •11-12 класса. [достижимая точность на детали – ±1,5 мкм]
  - ◆ Серия «AQ\_LF» [AQ800LF]: «Линейные» сверхкрупногабаритные ЭИ вырезные установки
- ЭИ координатно-прошивочные установки с 32/64-разрядными КЧПУ генераторами (до 8 осей одновременного управления), линейные сервоприводы:
  - ◆ AM\_L» [AM3L]: Многофункциональные сверхпроизводительные координатно-прошивочные ЭИ установки с линейным сервоприводом по оси Z; X/Y – приводы с двигателями переменного тока
  - ◆ «AQ\_L» [AQ35L, AQ55L, AQ75L]: Многофункциональные сверхпроизводительные прецизионные координатно-прошивочные ЭИ установки, линейные сервоприводы по осям X/Y/Z [достижимая точность обработки – ±2,5...3,0 мкм]
  - ◆ «A\_L» [A85L, A10L, A15L]: Крупногабаритные прошивочные ЭИ станки с линейным приводом, работающим параллельно оси Z
  - ◆ Системы «PIKA» [PGM]: Быстрое зеркальное выхаживание в масле PIKAGEN
- Серия «К»: ЭИ «СУПЕРДРЕЛИ» (ручное управление или КЧПУ)
- Серия «МС»: Вертикальные ОЦ с линейными приводами MC430L, MC630L
- ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ: Разработка и создание новых линейных приводов
- EBM-Pika: Электронно-лучевые полировальные машины «ПИКА»
- FineXCera®: Конструкционные части станков из специальных керамик
- Die-Pro: Системы CAD / CAM для инструментальной оснастки
- TUPARL: Ультрапрецизионные термопластавтоматы (Sodick Plustech)



Сертификаты  
DIN EN ISO 9001 :  
2000/ JIS Q 9001:2000

В 1953 году Кёси Иноуэ зарегистрировал первую в Японии и одну из первых в мире компаний по производству электроискровых станков. Открытые в СССР новые электрофизические технологии только начинали развиваться, что отразилось в названии фирмы: «JARAX» = «Japa» (Япония) + «X» (движение в будущее, неизведанное). В 1976 г. группа блестящих специалистов по ЭИ генераторам и системам управления во главе с Тошикио Фурукава покинули Jарах Inc. и создали свою компанию – Sodick. Фирма-пионер японской электроэрозии питала новую компанию талантливыми кадрами вплоть до апреля 1992 г., когда Jарах Inc. формально вошла в Sodick.

Создатели Sodick дали фирме имя, в котором отразили свою конструкторскую и производственную философию. «Sodick» – это акроним, образованный первыми слогами и буквами японских слов в латинской транскрипции. Мысль, отраженная в названии, – «созидать, преодолевая трудности» – перекликается с античным девизом «Per aspera ad astra» («Через тернии - к звездам»).

К концу 80-х годов «Содик» прочно заняла ведущее место в мире по объемам производства и продаж ЭИ оборудования. В настоящее время у фирмы «Содик» 4 завода (2 в Японии, 1 в Тайланде, 1 в Китае) и исследовательский центр в Йокогаме.

**В год производится  
до 2500 электроискровых станков «Содик».**

**Sodick – СОВЕРШЕНСТВО БЕЗ КОМПРОМИССОВ!**

# Будущее электро- искровых технологий рождается в Японии

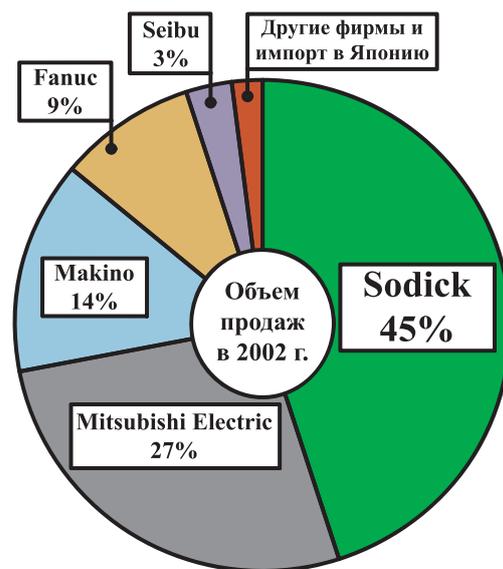
## Sodick

### МАСТЕРА ВЫБИРАЮТ ЛУЧШЕЕ

В Японии продается больше электроискровых станков, чем в любой другой стране – 3000 в год. Японцы знают толк в электроискровой обработке. Родившиеся в России технологии широко применяются в Стране Восходящего Солнца как для обработки сложных деталей, так и в изготовлении уникальных штампов и прессформ. Японский рынок электроэрозии не только самый емкий, но и самый требовательный и разборчивый. Последние десятилетия 1-е место на японском рынке неизменно занимает **Sodick**. С начала производства линейных ЭИ станков почти половина покупаемых в Японии ЭИ станков – **Sodick**! А в сверхточной микрообработке – это свыше трех четвертей парка электроискровых станков!

В 2003 году объем продаж станков «Содик» во всем мире составил 310 млн долларов – рост за год на 10,4%. Компания – крупнейший производитель электроискровых станков – **20% мирового рынка!** Такую долю рынка позволил завоевать мощный научно-технический потенциал, подтверждаемый самым большим в отрасли числом патентов, и годами проверенное качество и надежность! **Sodick** – это принципиально новые эксклюзивные ЭИ технологии, сделавшие реальностью то, о чем производственники могли только мечтать! **Революция в электроискровой обработке!**

Продажи ЭИ станков  
в Японии по данным Toyo Keizai  
Monthly Statistics (10.2003 г.)



**№ 1 в Японии  
№1 в Мире**

**НАСТОЯЩЕЕ ЯПОНСКОЕ КАЧЕСТВО!**

# ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

## АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

газотурбинные  
приводы

газотурбинные  
энергетические  
установки

