

№3 (3) май-июнь 2000

Двигатель

Научно-технический журнал



*Двигатель
нового поколения
может быть создан
в тесном сотрудничестве
нескольких КБ и заводов*

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Абрамов Г.А.,

директор Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

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

Долецкий В.А.,

президент АО "Русские моторы", Ярославль

Жарнов В.М.,

ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

Зазулов В.И.,

гл. конструктор ОКБ "ЭГА", Москва

Каблов Е.Н.,

директор ГНЦ ВИАМ

Каторгин Б.И.,

ген. конструктор, ген. директор НПО "Энергомаш", член-корр. РАН

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Коржов М.А.,

гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,

зам. ген. директора ФНПЦ ММПП "Салют" по науке, Москва

Кузнецов А.Н.,

зам. ген. директора Российского авиационно-космического агентства

Кутнев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по внешнеэкономическим связям

Леонтьев Н.И.,

ген. конструктор, ген. директор КБХМ им. А.М. Исаева

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Мышелов Е.П.,

декан фак. № 2 МАИ, ректор Международного инженерного университета

Романов В.И.,

ген. директор НПП "Машпроект" им. С.Д. Колосова", Николаев

Скибин В.А.,

директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Степанков В.Г.,

председатель Совета директоров ОАО "Пермский моторный завод"

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Чепкин В.М.,

ген. конструктор ОАО "А. Люлька-Сатурн"

Черный В.С.,

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

Шапошников Е.И.,

советник Президента РФ по авиации и космонавтике

УЧРЕДИТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

ИЗДАТЕЛЬ
ООО "Редакция журнала "Двигатели"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Галина Чекина

Редакторы:

Андрей Касьян, Людмила Клименко,

Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка

Александр Коваленко

Техническая поддержка

Александр Бобылев

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

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева, Валерия Гурова,

Абрама Исаховича, Андрея Касьяна,

Александра Медведя,

Павла Маслова - 1 стр. обложки

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-39-25

Факс: (095) 362-39-25

E-mail: engine@ilm.net

<http://www.engines.da.ru>

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

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано на фабрике офсетной печати
г. Москва

Тираж 5000 экз.

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ



2 Проблемы поршневого двигателестроения в России

Н. Чайнов, В. Косарев, В. Панин

5 Авиационному поршневому двигателю - быть!

В. Скибин, А. Часовских, Ю. Никитин

8 Высокое качество производства - надежность двигателей в эксплуатации

Ю. Елисеев

12 Новые горизонты НПП "ЭГА"

Л. Бондарев, И. Шмакова

14 Семейство ТВ3-117: двигатели и вертолеты

П. Изотов, Д. Изотов

18 Украинские авиационные двигатели: на пороге 21-го века

В. Богуслаев

20 Надежность и качество - визитная карточка ОАО "УМПО"

В. Лесунов

22 Проблемы и перспективы применения криогенных углеводородных топлив в авиационной технике

Н. Дубовкин, В. Зайцев, В. Скибин, Л. Яновский

24 Хочешь хорошо жить завтра, работай хорошо сегодня

Беседа с генеральным директором ФНПЦ
"ММПП "Салют" Ю. Елисеевым

28 Вклад МГТУ в развитие двигателестроения

В. Зарубин, Н. Иващенко, М. Осипов

30 Сердце истребителя

А. Николаев

34 ПВРД - задание на завтра?

Е. Ерохин

38 Прежде чем упасть, самолет иногда горит

39 "Кессонная болезнь"

И. Пятов, С. Крестьянинов

40 Воздействие струй тормозных РДТТ на космический аппарат

Р. Голлендер, И. Гурина, Ю. Кочетков, М. Филимонов

42 "Чемодан", или два поршня в одном цилиндре

В. Марковский

46 Линейные двигатели нового поколения

П. Серебренецкий

48 Зачем станку оптимальный искровой зазор



ПРОБЛЕМЫ

ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Николай Чайнов,

проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

Вячеслав Косарев,

нач. отдела Министерства промышленности,
науки и технологий РФ

Валерий Панин,

зам. директора ВНИИМОТОПРОМ, к.т.н.

Говоря о поршневых двигателях, прежде всего имеют в виду двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Поршневые двигатели с внешним подводом теплоты (в частности, двигатель Стирлинга) занимают пока очень скромное место в общем объеме вырабатываемой энергии в составе установок различного типа и назначения. Что касается ДВС, то значительная часть железнодорожного, морского и речного транспорта и практически весь автомобильный транспорт ныне приводятся в движение поршневыми двигателями внутреннего сгорания с принудительным воспламенением горючей смеси или с самовоспламенением топлива от сжатия (дизелями). ДВС по суммарной установленной мощности более чем в 5 раз превосходят возможности всех стационарных электростанций, эксплуатируемых человечеством.

В наиболее промышленно развитых странах быстрыми темпами развивается транспортное двигателестроение и, прежде всего, автомобильное. Объемы производства автомобилей в основных странах-производителях непрерывно увеличиваются, превысив 30 млн единиц в год. Увеличивается выпуск и других типов двигателей. Развитие двигателестроения во многом определяется жесточайшей конкуренцией на мировом рынке и непрерывным ужесточением законодательных требований, направленных на ограничение токсичности выбросов и шума. Кроме того, постоянно повышаются требования к топливной экономичности, массогабаритным показателям, надежности и ресурсу двигателей.

Необходимость законодательного регулирования уровня эмиссии выхлопа ДВС при наращивании объемов производства диктуется негативным воздействием продуктов сгорания на природную среду. В России в недалеком прошлом в атмосферу только автотранспортными средствами ежегодно выбрасывалось 20...27 млн т монооксида углерода, 2...2,5 млн т углеводородов, 6...9 млн т оксидов азота, до 190 тыс. т соединений серы, до 100 тыс. т сажи, 13 тыс. т тяжелых металлов, а также до $3,1 \cdot 10^{12}$ МДж теплоты. В настоящее время положение только усугубилось, при этом все боль-

шую озабоченность вызывает увеличение выбросов двуоксида углерода в связи с расширением масштабов парникового эффекта.

Кроме того, растут выбросы углеводородов и соединений серы на нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах, а также выбросы монооксида углерода в процессе производства металлов, необходимых для обновления парка автотранспортных средств. Парк автомобилей в России, несмотря на значительное сокращение объемов производства за последнее десятилетие, вырос. Следует отметить, что произошло это в значитель-

КОЛИЧЕСТВО АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ, МЛН ШТ.

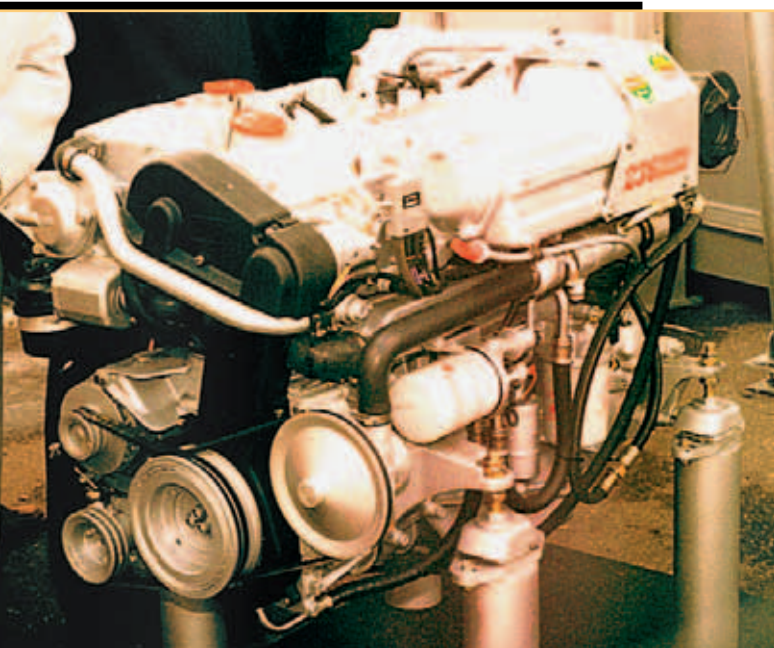
Тип автомобиля	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Легковые	11,8	13,2	14,7	15,8	17,6	18,8
Грузовые	4,08	4,15	4,24	4,19	4,28	4,26
Автобусы	0,598	0,612	0,612	0,628	0,628	0,627

ной мере благодаря импорту.

Ужесточение требований к токсичности выбросов автотранспорта в странах Европы происходит в соответствии с известными нормами Euro-1, 2, 3. Снижение выбросов по отдельным компонентам предусматривается: по углеводородам - в 1,86, по монооксиду углерода - в 2,33, а по оксиду азота - в 1,8 раза. Рядом национальных стандартов (США, Япония и др.) установлены еще более жесткие нормы. Намечаемые к введению с 2005 г., нормы Euro-4 предусматривают снижение выбросов CO, CH и NO_x на 40 % (и более) относительно норм Euro-3. В Европе планируется снижение до 20 % норм выбросов твердых частиц по сравнению с нормами, действующими до 2000 г.

Жесткий контроль за соблюдением законодательных ограничений токсичных выбросов вынуждает производителей двигателей искать адекватные технические решения. При этом повышенные требования предъявляются к качеству применяемых топлив (уменьшение содержания серы, ароматических углеводородов, рост цетанового числа). Хотя основные направления повышения показателей и, в первую очередь, улучшение экологических показателей относится ко всем типам ДВС, темпы и достигнутые технические уровни различны для двигателей разных типов и назначений. Лидирующую группу составляют автомобильные двигатели, для которых экологические требования приобрели особую остроту.

Российские производители ДВС для автомобилей подтягиваются по ряду перечисленных технических решений к зарубежным фирмам (двигатели ВАЗ-2112, ЗМЗ-406, ЯМЗ-460), обеспечивая выполнение норм по экологии. Однако в целом отечественные автомобильные, и особенно тракторные двигатели по ряду важных



показателей, включая экологические, по-прежнему отстают.

Применительно к тепловозным, судовым и стационарным двигателям особое значение имеет топливная экономичность и ресурс с учетом необходимости работы на тяжелых топливах с увеличенным содержанием серы и различных механических примесей, повышающих износ деталей цилиндропоршневой группы. Двигатели сельскохозяйственных, строительных, дорожных, горнодобывающих машин по техническим параметрам следуют за автомобильными с некоторым временным сдвигом.

Весьма бурно развиваются так называемые двигатели общего назначения. Двигатели данного типа в 2-тактном и 4-тактном исполнении, бензиновые и дизельные охватывают мощностной диапазон от 0,5 до 25 кВт. Они нашли широкое применение в устройствах, механизмах и машинах многоцелевого назначения. По оценочным данным, общее количество производимых в мире малоразмерных стационарных двигателей превышает 25 млн в год. В этом многообразии особое место занимают двигатели для профессионального инструмента, отличающиеся повышенной надежностью и ресурсом. Сформировался крут отечественных производителей средств механизации труда, вынужденных, к сожалению, применять двигатели зарубежного производства, так как двигатели, изготовляемые в настоящее время в России, не соответствуют требованиям по техническому уровню, качеству и ресурсу.

Отдельно стоит сказать о двигателях для малой авиации. Нельзя не отметить, что поршневое двигателестроение для летательных аппаратов в последние десятилетия утратило передовые позиции, которое оно занимало прежде по сравнению с поршневыми ДВС других типов и назначений.

В настоящее время и ближайшем будущем, говоря о техническом уровне поршневых ДВС в целом, следует ориентироваться, в первую очередь, на следующие укрупненные группы двигателей: автомобильные, тракторные (принудительного воспламенения и дизельные) с примыкающими к ним двигателями специального назначения, тепловозные и среднеоборотные дизели (в том числе судовые и стационарные), малооборотные судовые дизели с непосредственным приводом на гребной винт и двигатели общего назначения мощностью 0,5...25 кВт.

Как в прошлые годы в СССР, так и в настоящее время в Российской Федерации ощущается дефицит в двигателях практически всех типов и назначений. Обилие импортной техники с ДВС на российском рынке является тому красноречивым подтверждением. В некоторых случаях дефицит носит скрытый характер в связи с временным сокращением производства отдельных видов установок и оборудования с приводом от ДВС. Интегрирование России в мировое экономическое сообщество неминуемо приведет к обострению ситуации с обеспечением современными двигателями, обладающими высокими технико-экономическими показателями, многих важнейших отраслей народного хозяйства и обороны. Замыкание отечественного двигателестроения исключительно на внутренний рынок с затягиванием сроков введения международных норм по токсичности и шуму не является правильным направлением развития. Наличие огромного внутреннего рынка является скорее важным положительным сопутствующим фактором, облегчающим при разумной политике достижение современных мировых показателей в области ДВС. Здесь не стоит искать причин отставания отечественного двигателестроения за последние годы, можно лишь напомнить, что необходимость существенного повышения технического уровня отечественного двигателестроения была очевидна и 15 лет назад. В целом, с учетом многообразия областей применения ДВС, проблема выхода отечественного поршневого двигателестроения на мировой уровень является особо актуальной и весьма сложной.

Разумеется, авторы статьи не берут на себя смелость формулировать программу выхода отечественного поршневого двигателестроения на передовые рубежи. Однако о научно-технической стороне дела применительно к ДВС здесь можно говорить. Это тем более имеет смысл сделать, так как многие достижения научно-технического прогресса последних лет, которые могли бы су-

щественно поднять технико-экономический уровень отечественного двигателестроения, еще не стали его достоянием. Речь идет о создании необходимого научно-технического задела в области интенсификации и повышения эффективности рабочих процессов в двигателе, разработке и освоении новых конструкторских решений, прогрессивных технологий и материалов с повышенными техническими характеристиками, а также микропроцессорное управление важнейшими физическими процессами в двигателе и диагностику его состояния.

В российском обществе наблюдается любопытная традиция в отношении к поршневым двигателям. Она состоит в том, что, несмотря на широчайшее применение поршневых двигателей в повседневной жизни общества, они неизменно оказываются в тени, как только речь заходит о двигателестроении в целом. На переднем плане неизменно оказываются ядерные установки, авиационные газотурбинные и ракетные двигатели. Когда же речь заходит об объемах сжигаемого топлива и проблемах экологии, то прежде всего вспоминают о поршневых ДВС, как главных виновниках загрязнения окружающей среды. Такая ситуация возникла не сегодня, а наводнение страны импортными моторами, и не только в составе автотранспортных средств, является одним из следствий традиционного невнимания общества, включая научно-техническую элиту, к поршневому двигателестроению. В то же время в промышленно развитых странах ситуация была и остается другой. Фирмы-изготовители ДВС в США, Европе и Японии широко используют последние достижения науки при создании новых и совершенствовании существующих моделей, результатом чего является непрерывный рост потребительских свойств последних (повышение надежности, снижение расхода топлива и токсичности). У нас же раздаются голоса о невозможности создания и организации производства отечественных двигателей, в частности автомобильных, с необходимыми потребительскими свойствами, отвечающими жестким международным нормам, прежде всего в области экологии.

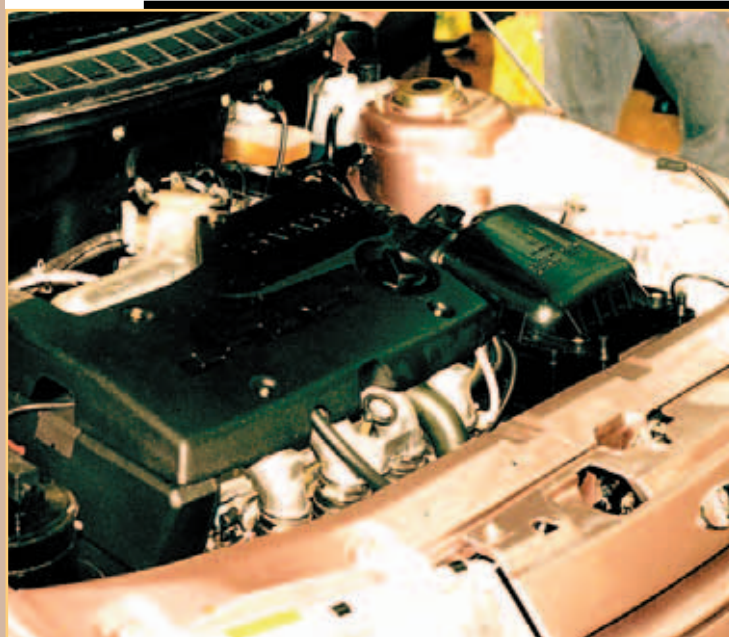
Опыт мирового двигателестроения и анализ исследований, выполненных российскими учеными, указывают на то, что существует несколько способов совершенствования ДВС, в частности, с принудительным воспламенением смеси.

1. Повышение термического КПД путем:

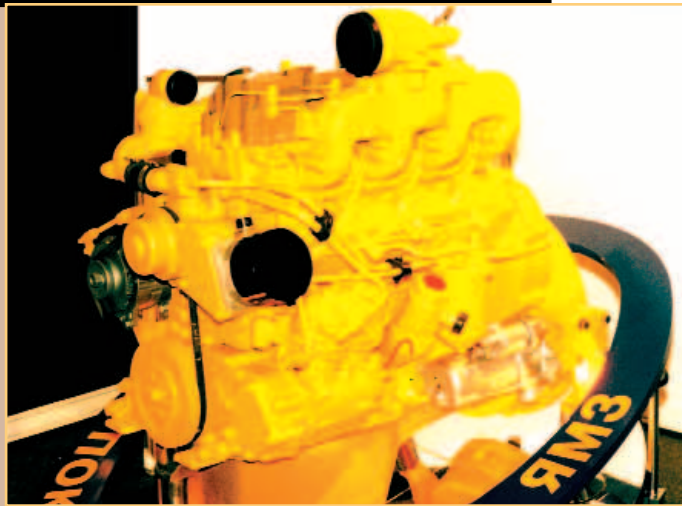
- дальнейшего совершенствования систем зажигания (электронных с микропроцессорным управлением);
- повышения степени сжатия (от 10 до 12);
- повышения скоростей сгорания и сжигания бедных смесей.

2. Снижение механических потерь путем:

- применения легких материалов, позволяющих уменьшить на



- 30...50 % массу клапанов, клапанных пружин, шатунов, поршней и др.;
- перехода на 2-коленные поршни;
 - оптимизации элементов подвижного сопряжения цилиндро-поршневой группы, в том числе с применением более эффективных покрытий поршней и поршневых колец;
 - совершенствования моторных масел.
3. Снижение насосных потерь путем:
- увеличения количества клапанов на цилиндр (до 5);
 - изменения фаз газораспределения при неизменных величинах подъема клапанов и с изменяемыми значениями подъема клапанов;
 - отключения части цилиндров при малых нагрузках;



- применения двухрежимного резонансного впуска.

Правильное использование совокупности упомянутых выше технических решений может повысить топливную экономичность 4-клапанного двигателя до 25 % относительно базового.

Еще одним важнейшим направлением совершенствования ДВС является внедрение системы непосредственного впрыскивания бензина, которая в совокупности с мероприятиями по снижению механических потерь и электронным регулированием фаз газораспределения может обеспечить повышение топливной экономичности более чем на 20 %.

Для дизельных двигателей совершенствование процесса сгорания может быть достигнуто:

- повышением давления впрыскивания топлива до 150...200 МПа;
- повышением степени сжатия, среднего эффективного давления (до 2,0...2,5 МПа) и максимального давления цикла до 20 МПа;
- совершенствованием систем наддува, в том числе повышением КПД турбокомпрессора.

По мнению специалистов фирмы AVL, существенного снижения выбросов NO_x можно добиться путем перепуска отработавших газов в сочетании с их охлаждением. Это техническое решение позволяет сохранить на исходном уровне содержание твердых частиц.

Проблема защиты окружающей среды оказывает постоянное и все возрастающее воздействие на поршневые двигатели. Это привело к необходимости поиска компромиссных решений, направленных на выполнение требований по ограничению токсичности отработавших газов и шума при обеспечении приемлемого уровня экономических, массогабаритных и других основных показателей двигателей.

Сложность и комплексность возникающих при этом задач, необходимость их решения в сжатые сроки делает неизбежным радикальное повышение роли математического моделирования в процессе разработки и создания новых образцов и совершенствования выпускаемых двигателей. Мощные пакеты прикладных программ (к сожалению, преимущественно иностранного происхождения) призваны коренным образом изменить весь процесс создания двигателя и разработки технологических процессов его изготовления.

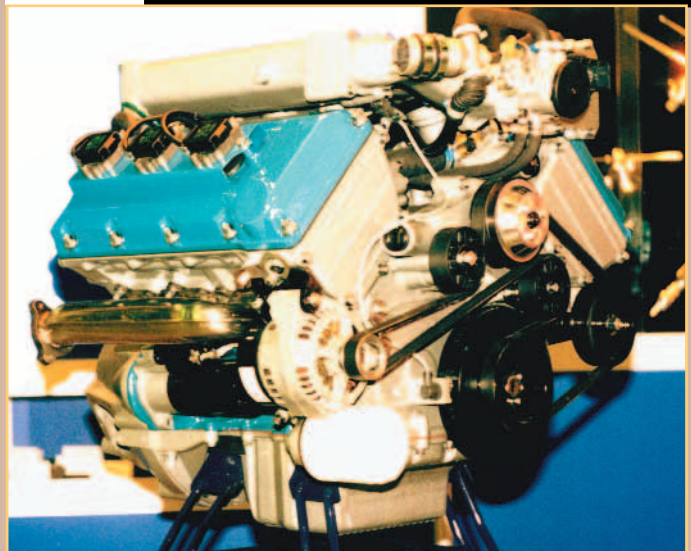
Двигателестроение России, относящееся к одной из сложнейших областей машиностроения, в силу ряда причин, в том числе

из-за раздробленности по многим отраслям, потеряло ряд специализированных производств деталей и узлов, определяющих качество ДВС; вызывает тревогу и сокращение кадров конструкторов и технологов. При этом катастрофически сократился объем экспериментальных исследований, столь необходимых при поиске путей совершенствования ДВС. Все это чревато потерей отечественным двигателестроением уровня качества, объемов выпуска и конкурентоспособности на мировом рынке.

В сложившейся обстановке простое вложение средств для вывода поршневого двигателестроения на мировой уровень на имеющейся производственно-технической базе не может дать требуемого результата.

Научно-технический анализ развития поршневых двигателей за рубежом свидетельствует о том, что и ряд ведущих фирм-производителей приступил к внедрению в конструкцию серийных ДВС новых принципиальных решений, обеспечивающих качественный скачок с выходом на гораздо более высокий уровень основных параметров. В качестве примера можно упомянуть о перспективных двигателях, уже сегодня обеспечивающих нормы EURO-4 или ULEV по токсичным выбросам: Zetec SE DISI с непосредственным впрыском бензина (Ford Motor), ISZ-FE с пятирежимным регулированием фазы впуска (Toyota), HONDA ULEV с освоеной в производстве системой регулирования фаз газораспределения и состава топливовоздушной смеси для каждого цилиндра в зависимости от режимов работы двигателя.

Для радикального улучшения основных параметров отечественных двигателей необходима реализация комплексных научно-технических решений, базирующихся на новых разработках в области электроники, вычислительной техники, нетрадиционных материалов, включая композиты, интерметаллиды и керамику. Только в этом случае можно сократить долгий поэтапный процесс освоения отдельных научных и технологических новаций. Сложность решения задачи во многом связана с положением, в котором оказалась отраслевая наука, включая НИИ и исследовательские подразделения на заводах. В несколько лучшем положении находится высшая школа, где не прерывался учебный процесс, в какой-то мере сохранились научно-педагогические кадры, способные при умеренной финансовой поддержке проводить научные исследования, столь необходимые для создания упомянутого выше научно-технического задела, на базе которого только и возможен выход отечественных ДВС на мировой уровень.



В сложившейся ситуации жизненно необходимым становится преодоление отраслевой разобщенности в проведении НИР в области двигателестроения, консолидация материальных и людских ресурсов на важнейших научно-технических направлениях, зачастую общих для всего двигателестроения. Следует добиваться также координации научных исследований, которые должны проводиться с учетом особенностей рыночной экономики.

АВИАЦИОННОМУ ПОРШНЕВОМУ ДВИГАТЕЛЮ -

Владимир Скибин, начальник ЦИАМ
Анатолий Часовских, директор ВМЗ
Юрий Никитин, старший научный сотрудник ЦИАМ

БЫТЬ!

Появление газотурбинного двигателя в послевоенные годы дало толчок бурному развитию авиации. Однако и по сей день существует целый класс летательных аппаратов, составляющих авиацию общего назначения (АОН), у которых в качестве силовой установки применяется поршневой двигатель. Тем не менее, и при отсутствии конкуренции со стороны реактивных двигателей, перед разработчиками и изготовителями стоят задачи по совершенствованию технических, экологических и других характеристик авиационных ПД.

Основным типом авиационных поршневых двигателей (АПД) до настоящего времени остаются двигатели с искровым зажиганием, классической схемой кривошипно-шатунного механизма, воздушным или комбинированным водо-воздушным охлаждением цилиндров. Между собой эти двигатели различаются схемой расположения цилиндров (рядное, оппозитное, звездообразное), способом подачи топлива (карбюраторное питание или различные системы впрыска), а также применением двух- или четырехтактного процесса.

Зарубежная номенклатура АПД для АОН весьма широка, однако ее образует в основном большое число модификаций нескольких базовых моделей. Так, из 40 наименований АПД производства фирмы "Теледайн-Континентал" в диапазоне мощности 100...450 л.с. можно выделить четыре различающиеся по размерности группы. Самая многочисленная из них включает 27 наименований в диапазоне мощности 280...430 л.с. при одинаковом числе цилиндров у всех моделей. Сходным образом строит техническую политику в отношении АПД и фирма "Текстрон-Лайкоминг".

У нас в стране всегда ощущался недостаток хороших АПД для нужд гражданской авиации. За последние 50 лет государственный интерес к дальнейшему развитию АПД специально для нужд АОН был утрачен практически полностью. В этот период был создан вновь всего один "поршневик" - девятицилиндровая "звезда" воздушного охлаждения М-14. Модификации этого весьма удачного для своего времени двигателя выпускаются серийно и сейчас: М-14П для самолетов и М-14В26 для вертолетов. Ведутся работы по дальнейшему улучшению параметров двигателя М-14П. В новом варианте, получившем наименование М-9Ф, предусматривается установка жидко-

штампованных композитных поршней, стальных поршневых колец, повышение надежности выхлопных клапанов, применение новых конструктивных материалов (сверхдемпфирующих, с памятью формы), совершенствование систем управления и топливоподдачи.

Удовлетворить спрос на АПД в минимальные сроки можно разными способами. Например, установить на отечественные самолеты и вертолеты зарубежные двигатели, но тогда существенно увеличится начальная стоимость и затраты на техническое обслуживание ЛА, что наверняка сделает их нерентабельными при эксплуатации внутри России.

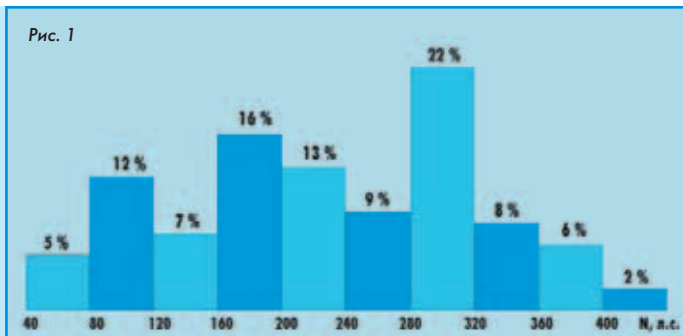
Более целесообразным выглядит другой путь: серийное производство современных отечественных АПД. Но вначале их надо создать. Сделать это быстро можно только используя новые организационные формы совместной работы, привлекая к разработке как различные предприятия отрасли, так и фирмы неавиационного профиля (в первую очередь - автомобилестроителей), имеющие интеллектуальный и материально-технический задел в нужном направлении и желание работать над такой проблемой. В настоящее время формируется кооперация из предприятий и ведущих исследовательских институтов разных отраслей промышленности, обладающих передовыми технологиями и готовых участвовать в создании авиационного двигателя.

Анализ потребностей мирового рынка в АПД и требований отечественных производителей летательных аппаратов (ЛА) показывает, что наибольшим спросом пользуются двигатели мощностью 280...320 л.с. (рис. 1). На их долю приходится 22 % номенклатуры четырехтактных двигателей. В то же время, на диапазон мощности до 100 л.с. приходится не более 17 % всей номенклатуры выпускаемых в мире двигателей.

ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ САМОЛЕТОВ И ВЕРТОЛЕТОВ АОН

Класс самолета	Летательные аппараты		Двигатели			
	Тип	Количество пассажиров	В настоящее время	Мощность, л.с.	Перспектива 2001-2015 гг.	Финансирование
Легкие многоцелевые самолеты	"Авиатика"	1	"Ротакс" (Австрия)	80	Авиационные поршневые двигатели двух типоразмеров мощностью 60...80 л.с. и 280...300 л.с.	Конкурс
	АС-2	3	"Ротакс" (Австрия)	64		
	Як-112	4	"Теледайн" (США)	210		
	Ил-103	4	"Теледайн" (США)	210		
	Ту-34-100 "Ладога"	6	"Теледайн" (США) ЛОМ (Чехия)	2x210 2x210		
Самолеты-амфибии	Бе-103	5	М-17 (Россия), проект	2x220	-	-
Сельскохозяйств. самолеты	"Авиатика" СХ	1	"Ротакс" (Австрия)	80	-	Бюджет
Вертолеты	Ка-137	беспилот.	"Хирт" (Германия)	65	-	-
	Ми-34	3	РПД-426 (Россия) макет	2x230		
Самолеты с шасси на воздушной подушке	"Чирок"	2	"Ротакс" (Австрия)	80	-	-

Рис. 1



Что касается конструкции АПД, то, по мнению разработчиков ЛА, оптимальным решением (с учетом лобового сопротивления и удобства размещения в составе силовой установки) является оппозитный двигатель. Отсутствие современных российских АПД мощностью 280...320 л.с. привело к тому, что разработчики ЛА были вынуждены использовать американские двигатели. Однако эти АПД не являются новинками и значительно уступают по техническому уровню даже моторам современных автомобилей. К тому же их эксплуатация в России обходится слишком дорого.

Анализ направлений развития зарубежных двигателей как авиационного, так и автомобильного применения, а также предварительные расчеты, выполненные совместно ЦИАМОм и Воронежским механическим заводом (ВМЗ), позволили определить облик двигателя: шестицилиндровый, четырехтактный, оппозитный, редукторный, с жидкостным охлаждением и непосредственным впрыском топлива, дублированной системой зажигания, турбонаддувом и комплексной системой управления (КСУ).

В конструкции двигателя целесообразно предусмотреть:

- алюминиевый блок цилиндров, выполненный литьем под давлением, с оппозитным расположением цилиндров;
- разъемный картер с плоскостью разъема через ось коленчатого вала;
- алюминиевую головку блока, общую на полублок;
- кованый коленчатый вал из высокопрочной легированной стали с противовесами;
- подшипники коленчатого вала с использованием свинцово-оловянистых бронз $\text{CuPb}_{22}\text{Sn}_{1}$ с покрытием;
- кованые шатуны из высоколегированной стали;
- жидкостампованные композитные поршни с высокотемпературным износостойким твердосмазочным покрытием ТСП-7 (обеспечивает сохранение режима жидкостного трения до температуры 400 °С) на жаровой пояс головке поршня и твердосмазывающим формообразующим покрытием ТСП-5 на юбке поршня, сохраняю-

щимся в течение всего срока службы поршня при температуре до 300 °С (рис. 2). Это же покрытие наносится на втулку пальца верхней головки шатуна и вкладыша подшипников коленчатого вала;

- стальные компрессионные поршневые кольца с двухсторонней трапецией, маслосъемное кольцо составное стальное;
- систему смазки типа "сухой картер";
- головку блока цилиндров двухклапанную блочной конструкции, т.е. одна головка на весь полублок цилиндров;
- выпускные клапаны с натриевым охлаждением.

Анализ последних разработок по авиационным двигателям фирмы "Теледайн Континентал" и автомобильных двигателей с оппозитным расположением цилиндров, выпускаемых фирмами "Субару", "Фольксваген", "Порше", показывает, что параметры технического уровня (экономичность, литровая мощность, экологические характеристики, надежность и т.п.) двигателей с жидкостным охлаждением значительно выше, чем у моторов с воздушным охлаждением. Ярким подтверждением этого тезиса может служить пример создания для автомобиля "Порше" 911 "Турбо" двигателя

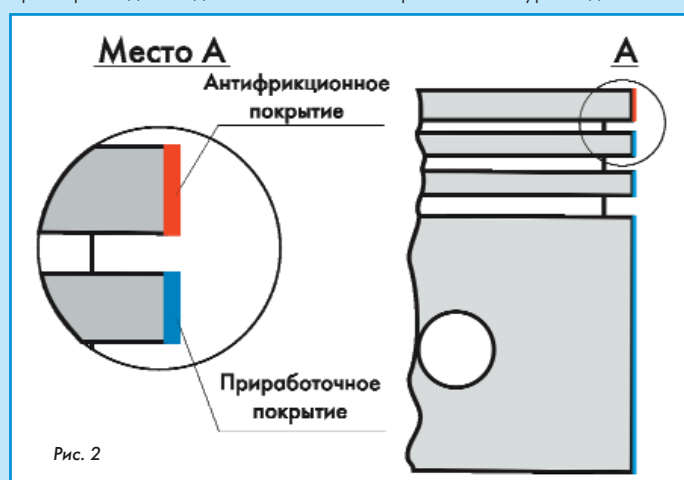


Рис. 2

мощностью 420 л.с с жидкостным охлаждением, двумя турбонагнетателями, 4-клапанной головкой на базе авиационного поршневого двигателя PFM 3200 мощностью 220 л.с.

В России для создания новой техники имеются значительные резервы, основной составляющей которых служит кооперация между заводами, ОКБ и фирмами, наработавшие к настоящему времени значительные заделы по передовым технологиям. По нашему мнению, основные создатели нового российского АПД могут объединить усилия в создании такого двигателя в следующих направлениях:

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АПД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Мощность, л.с.(кВт):	
на взлетном режиме	340 (250)
на крейсерском режиме (H=0)	255 (188)
Частота вращения коленчатого вала на взлетном режиме, мин ⁻¹	5100
Удельный расход топлива, г/л.с.·ч (г/кВт·ч)	180 (245)
Диаметр цилиндра, мм	105
Ход поршня, мм	82
Рабочий объем, см ³	4300
Степень сжатия	9
Давление наддува на взлетном режиме, атм	1,3
Тип подачи топлива	Непосредственный впрыск
Система зажигания	Дублированная
Система впрыска топлива	Типа "Бош"
Система наддува	Турбокомпрессор и ЦПН
Запуск двигателя	От встроенного электростартера
Топливо	A-85
Масло	M-10Д
Охлаждающая жидкость	Тосол 40, Тосол 60
Масса сухого двигателя (без дополнительных агрегатов), кг	270
Удельный вес, кг/л.с.	0,8
Ресурс, моточасов, не менее	2000

ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Характеристики	Субару (Япония) 2,2	Фольксваген (Германия) DJ 3,85	ОКБМ (Россия) М-14	Теледайн (США) Voyager 550	Порше (Германия) PFM 3200	Лайкоминг (США) IO-540-S	М-6 (Россия)	Требования разработ- чиков ЛА
Расположение цилиндров	оппозитное	оппозитное	звезда	оппозитное	оппозитное	оппозитное	оппозитное	оппозитное
Количество цилиндров	4	4	9	6	6	6	6	-
Охлаждение	жидкостное	жидкостное	воздушное	смешанное	воздушное	воздушное	жидкостное	-
Рабочий объем, л	2,2	2,1	10,2	9	3,1	8,85	4,3	-
Степень сжатия	9	10,5	6,3	7,5	10,5	8,7	9	-
Диаметр/Ход, мм	97/75	94/76	105/130	133/108	95/74	131/101	105/82	-
Частота вращения коленвала, об/мин	6000	4800	2900	2700	5300	2700	5100	-
Максимальная мощность, л.с.	146	112	360	350	218	300	340	280...300
Вес, кг/Удельный вес	-	-	214/0,6	230/0,7	181/0,83	201/0,67	270/0,8	220/0,8
Удельный расход топлива, г/л.с.ч	-	-	225	205	200	225	180	190
Габариты, мм	-	-	-	1100x852x502	973x854x610	996x869x498	900x850x750	950x850x750
Система управления	электронная	Dijjet	-	-	Bosch - Motronik	-	КСУ	-
Ресурс, моточасов	-	-	1500	2000	2000	2000	2000	1500
Назначение	автомобиль	автомобиль	самолет	самолет	самолет	самолет	самолет	-

- ЦИАМ - идеология двигателя, прочностные расчеты, разработка жидкоштампованного композитного поршня с твердосмазывающим покрытием;

- Воронежский механический завод (предприятие, имеющее сертификаты на право выпуска авиационных двигателей М-14П и его модификаций и на разработку авиационных двигателей внутреннего сгорания) - подготовка эскизного проекта, создание экспериментальной базы, освоение серийного производства основных деталей двигателя, сертификация двигателя и производства;

- Заволжский моторный завод - изготовление корпусных деталей, распредвала и шатунов;

- Ярославский моторный завод - разработка и изготовление колчатого вала;

- ООО "Стакол инжиниринг" - разработка стальных поршневых колец и термостата для системы охлаждения двигателя с термозлементом из металла обратимой памяти формы;

- Уфимское НПО "Молния" - разработка и серийное изготовления системы зажигания, топливоподдачи и управления;

- МГП "Микросистема" - разработка и изготовление многофункциональных и многокомандных систем связи по одному проводу между датчиками с исполнительными и информационными устройствами;

- АОЗТ "Интеллектавто-НИЦ ЦИАМ" - изготовление жидкоштампованных композитных поршней;

- ВНИИ НП - разработка и испытание моторного масла.

Разрабатываемый двигатель достаточно полно соответствует техническому заданию ОАО "АК им. С.В. Ильюшина" от 17 июля 2000 г. на разработку поршневого авиационного двигателя, предназна-

ченного для установки на легкий многоцелевой самолет Ил-103 (рис. 3). Его появление может способствовать продвижению этого самолета на внутренний и внешний рынки.

Разработка поршневых авиационных двигателей - задача, с которой мы достаточно легко справились бы при совместном приложении усилий перечисленных здесь организаций, а также - НАМИ, МГТУ и Дмитровского автополигона. В такой кооперации можно создавать конкурентоспособные поршневые двигатели многоцелевого назначения.

Обращаемся к потенциальным инвесторам с предложением о коммерческом участии в проекте.

Наши контактные телефоны:

ЦИАМ: (095) 362-0160,

ВМЗ: (0732) 34-82-06.

Рис. 3



DIGEST

Up to now, the basic type of aircraft piston engines (APE) is the engine with spark ignition, classical crank mechanism, air or combined water-air cooling of cylinders. The range of foreign APEs for the general aviation is rather wide, however it is formed by a great number of modifications of a few base models. In the last 5 decades the Russian governmental bodies almost lost their interest in the development of APEs for the general aviation.

The demands of Russian market for APEs could be met either by ordering foreign engines or by fast implementation and putting into series production Russian engines. The analysis of the world market and needs of Russian manufacturers of flight vehicles shows that 280-320-h.p. engines are much in demand. Based on the review of foreign aircraft and automobile engines, the engine configuration can be the following: it should be a six-cylinder four-stroke opposite geared engine provided with a liquid cooling system, a fuel injection system, a dual ignition system, a turbo-supercharger and an electronic control system. Russia has a great potential for the development of new technologies on the basis of cooperation: there are a lot of manufacturing facilities, design bureaus, and companies which accumulated a great experience in advanced technologies.

AIRCRAFT PISTON ENGINES - TOMORROW IS WITH THEM!



ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПРОИЗВОДСТВА — НАДЕЖНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Юрий Елисеев,

генеральный директор ФНПЦ ММП "Салют"

Высокое качество производства — надежность двигателей в эксплуатации

“Салют” (Salute) Федеральное научное производственное предприятие, механическое производственное предприятие

Качество продукции является одним из важнейших показателей эффективности производства. Высокое качество газотурбинных двигателей (ГТД) является решающим условием обеспечения безопасности их эксплуатации, способствует снижению затрат на эксплуатацию и, что не менее важно, обеспечивает конкурентоспособность. Особое внимание качеству выпускаемых ФНПЦ ММП "Салют" двигателей уделяется на всех стадиях производства, начиная с изготовления отдельных деталей и заканчивая испытаниями самого двигателя (рис. 1).

На этапе производства высокое качество достигается путем привлечения квалифицированных специалистов, работающих на самом современном высокотехнологичном и высокоточном оборудовании ведущих фирм из Германии, Швейцарии, Японии и других стран. Так, для изготовления ответственных деталей и приспособлений применяются четырехшпиндельные пятикоординатные станки с ЧПУ типа "обрабатывающий центр" фирмы Liechti. Контроль геометрических параметров деталей и узлов сложной конфигурации осуществляется с помощью координатно-измерительного комплекса TESLA (Швейцария), который обеспечивает точность измерения 4 мкм, а также с применением трехкоординатной измерительной машины Opton фирмы Zeiss (Германия) и измерительной машины фирмы LK (Великобритания), которые позволяют производить измерения с точностью до 2 мкм.

Компания успешно внедрены новейшие технологии, такие как изотермическая штамповка, электронно-лучевая сварка жаропрочных титановых и никелевых сплавов, ионно-плазменное напыление упрочняющих покрытий, ионное азотирование, алмазное и глубинное шлифование, что способствовало значительному улучшению качества продукции.

Окончательно изготовленные детали и узлы, помимо проверки их геометрических параметров, подвергаются и другим видам контроля: цветной дефектоскопии, рентгеновскому, токовихревому, магнитному и ультразвуковому контролю и др., которые позволяют своевременно отбраковать дефектную деталь и исключить ее попадание на сборку. Для контроля толщины защитных покрытий, в том числе многокомпонентных, используются ультразвуковые толщинометры, а определение качества пайки сотовых уплотнений, вставок и контроль адгезии различных покрытий производится с помощью ультразвуковых и вихретоковых дефектоскопов.

Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

Организация и обеспечение системы качества при производстве двигателей на ММП "Салют"



Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

Кроме того, в процессе производства качество и стабильность технологии изготовления наиболее ответственных деталей двигателей: лопаток компрессора и турбины, элементов камеры сгорания, трубопроводов периодически подтверждаются контрольно-усталостными испытаниями на вибростендах. Качество изготовления литых деталей, таких как лопатки турбины и соп-

ловые блоки высокого и низкого давления контролируется путем измерения объемных остаточных напряжений. Качество механической обработки лопаток компрессора, дисков компрессора и турбины периодически подтверждается замером поверхностных остаточных напряжений.

Наряду с применением новых средств контроля повышенной точности с улучшенными техническими характеристиками важнейшим условием обеспечения высокого качества стендовых испытаний является автоматизация процессов контроля с использованием средств вычислительной техники.

В процессе стендовых испытаний двигателя на ММПП "Салют" производится:

- автоматическое измерение и регистрация параметров, поступающих от датчиков, расположенных на двигателе и предназначенных для измерения температуры, давления, вибрации, усилий, крутящего момента и др. на установившихся и переходных режимах;
- слежение в реальном масштабе времени за параметрами, имеющими ограничения, включение звуковой и световой сигнализации и блокировка процесса в случае выхода значений параметров за пределы допусков;
- математическая обработка результатов измерений и вычисление значений комплексных параметров;
- предоставление на видеотерминале, световом табло, печатающем устройстве информации, необходимой для контроля и ведения испытаний;
- хранение информации о результатах испытаний на внешних накопителях;
- автоматическое управление режимами работы двигателя и стендовыми системами в процессе испытаний;
- автоматическая отладка двигателя по параметрам;
- диагностика состояния двигателя и стендового оборудования.

Так, при заводских испытаниях серийных двигателей проводится диагностика вибрационного состояния двигателей, для чего применяется измерительно-диагностический комплекс "МАГ". Данный комплекс выполняет экспресс-анализ информации, поступающей от вибродатчиков, установленных на корпусе двигателя.

В ходе испытаний на дисплей оператора выводится информация, характеризующая вибрационное состояние двигателя в текущий момент времени:

- общий уровень вибрации в определенных точках двигателя;
- частота вращения роторов низкого и высокого давления;
- положение рычага управления двигателем.

Комплекс позволяет проводить анализ вибрационных нагрузок с целью определения частотных составляющих. Полученная информация выводится на дисплей в числовом и графическом виде с сигнализацией критических значений. Все данные, зарегистрированные в ходе испытаний двигателя, собираются в единую базу данных.

После окончания испытаний производится тщательное изучение вибрационного состояния двигателя для оценки общего уровня вибраций и частотных составляющих по роторам двигателя на различных режимах работы. Анализ частотных составляющих позволяет определить состояние роторов, а именно их жесткость, качество балансировки, отсутствие перекосов опор и другие параметры вращающихся узлов, влияющих на общий уровень вибрации двигателя.

С целью определения технического состояния двигателя на этапе эксплуатации осуществляется контроль как встроенными бортовыми средствами в полете, так и наземными средствами подразделений службы диагностики авиационных технических баз и инженерных центров. На ФНПЦ ММПП "Салют" создан диагностический центр, в котором непрерывно проводятся работы по созданию и усовершенствованию методов и средств технической диагностики на основе передовых достижений в области измерительной и вычислительной техники. Развитие средств и методов диагностики создает предпосылки для эксплуатации двигателей не по за-

время через проверку трех осей остаточных напряжений. Качество механической обработки лопаток компрессора, дисков компрессора и турбины периодически подтверждается замером поверхностных остаточных напряжений.

Наряду с применением новых средств контроля повышенной точности с улучшенными техническими характеристиками важнейшим условием обеспечения высокого качества стендовых испытаний является автоматизация процессов контроля с использованием средств вычислительной техники.

В процессе стендовых испытаний двигателя на ММПП "Салют" производится:

- автоматическое измерение и регистрация параметров, поступающих от датчиков, расположенных на двигателе и предназначенных для измерения температуры, давления, вибрации, усилий, крутящего момента и др. на установившихся и переходных режимах;
- слежение в реальном масштабе времени за параметрами, имеющими ограничения, включение звуковой и световой сигнализации и блокировка процесса в случае выхода значений параметров за пределы допусков;
- математическая обработка результатов измерений и вычисление значений комплексных параметров;
- предоставление на видеотерминале, световом табло, печатающем устройстве информации, необходимой для контроля и ведения испытаний;
- хранение информации о результатах испытаний на внешних накопителях;
- автоматическое управление режимами работы двигателя и стендовыми системами в процессе испытаний;
- автоматическая отладка двигателя по параметрам;
- диагностика состояния двигателя и стендового оборудования.

Так, при заводских испытаниях серийных двигателей проводится диагностика вибрационного состояния двигателей, для чего применяется измерительно-диагностический комплекс "МАГ". Данный комплекс выполняет экспресс-анализ информации, поступающей от вибродатчиков, установленных на корпусе двигателя.

В ходе испытаний на дисплей оператора выводится информация, характеризующая вибрационное состояние двигателя в текущий момент времени:

- общий уровень вибрации в определенных точках двигателя;
- частота вращения роторов низкого и высокого давления;
- положение рычага управления двигателем.

Комплекс позволяет проводить анализ вибрационных нагрузок с целью определения частотных составляющих. Полученная информация выводится на дисплей в числовом и графическом виде с сигнализацией критических значений. Все данные, зарегистрированные в ходе испытаний двигателя, собираются в единую базу данных.

После окончания испытаний производится тщательное изучение вибрационного состояния двигателя для оценки общего уровня вибраций и частотных составляющих по роторам двигателя на различных режимах работы. Анализ частотных составляющих позволяет определить состояние роторов, а именно их жесткость, качество балансировки, отсутствие перекосов опор и другие параметры вращающихся узлов, влияющих на общий уровень вибрации двигателя.

С целью определения технического состояния двигателя на этапе эксплуатации осуществляется контроль как встроенными бортовыми средствами в полете, так и наземными средствами подразделений службы диагностики авиационных технических баз и инженерных центров. На ФНПЦ ММПП "Салют" создан диагностический центр, в котором непрерывно проводятся работы по созданию и усовершенствованию методов и средств технической диагностики на основе передовых достижений в области измерительной и вычислительной техники. Развитие средств и методов диагностики создает предпосылки для эксплуатации двигателей не по за-





上述的检验、试验和测验手段保证使用燃气涡轮发动机的安全指标符合这型发动机的标准参数。

在得到生产燃气涡轮发动机合格证筹备过程中我们拟制了一种质量制度。现在该制度已经在“礼炮”公司顺利利用。质量制度得到了两个合格证：“Oboroncertifica”俄罗斯鉴定单位的合格证和“TUV CERT”公司的国际合格证。

“礼炮”公司得到合格证筹备工作分为四个阶段。

1. 拟制质量制度

拟制质量制度工作在公司原有的管理产品质量综合制度的基础上进行了。

我们分析了管理产品质量综合制度是否符合航空规则 AP-21、“证明管理手册”、国家间航空委员会的航空登记局、“军用技术生产许可条例”、ISO9000 国际标准和俄罗斯联邦技术标准文件的标准对质量制度所提出的要求。分析结果表明要修正管理产品质量综合制度的 100 条标准，也表明要补充制定 60 条厂定新标准。分析结果还证明需要拟制基本标准，即“质量管理手册”。

2. 训练和签定公司人员

公司领导、执行和检查人员要深刻地认识质量制度。这就是质量制度有效发挥作用的主要的条件。所以公司拟定了和实现了训练公司全体人员的计划。该计划规定按照责任五等级进行训练：一等级是企业领导；二等级是主管专家和处长；三等级是生产车间主任和副主任；四等级是处级和车间的科技工作人员；五等级是工人和检查人员。一、二、三等级训练大纲得到了部门提高技能中央学院和国家间航空委员会登记局的同意。教学过程参加有航空发动机制造中央研究所、航空材料全国研究所、操作系统研究所和别的单位的专家。

3. 把质量制度运用到文件和本型发动机的生产

为了实现“质量管理手册”的要求和拟制的质量制度的厂定标准的要求我们采取了下列的措施：

- 分阶段采用厂定标准：第一阶段上采用标准不需要什么特殊的组织技术措施；
- 分析文件和生产过程是否符合标准的要求，拟订和实行所需要的组织技术措施；
- 由公司领导、证明工作组和拟制标准的人员监督各单位采用厂定标准；
- 任在职人员负责及时和完全采用质量制度的要求（按照公司经营各个方面）；
- 有义务地搞有关的证明采用标准的充分性和高质量的文件（指令和报告书）；
- 例外检查工艺过程、设备成套工具和测量工具是否符合质量制度的要求。

данному ресурсу, а по техническому состоянию.

Комплекс перечисленных средств контроля, испытаний и диагностики обеспечивает эксплуатацию ГТД с показателями надежности, соответствующими нормативным параметрам для данного типа двигателей.

В настоящее время на ММПП “Салют” внедрена и успешно функционирует система качества, которая была разработана в процессе подготовки к сертификации производства ГТД. На систему качества выданы сертификаты соответствия: российский - органа по сертификации фирмы “Оборонсертифика” и международный - фирмы “TUV CERT”.

Подготовка к сертификации производства на ММПП “Салют” проводилась в четыре этапа.

1. Разработка системы качества.

Она осуществлялась на базе ранее действовавшей на предприятии комплексной системы управления качеством продукции

(КСУКП).

Был проведен анализ соответствия КСУКП требованиям к системам качества, предусмотренными авиационными правилами AP-21, “Руководством по сертификации”, AP МАК, Положением о лицензировании производства военной техники, международными стандартами серии ИСО 9000 и НТД Российской Федерации. По результатам анализа установлена необходимость корректировки 100 стандартов КСУКП и разработки дополнительно 60 новых стандартов предприятия, а также разработки основополагающего стандарта “Руководство по качеству”.

2. Обучение и аттестация персонала предприятия.

Важнейшим условием эффективности функционирования системы качества является глубокое знание ее требований руководящим, исполняющим, контролирующим персоналом. В связи с этим была разработана и реализована система подготовки всех работников предприятия, которая предусматривает обучение по пяти уровням ответственности (1-й уровень ответственности - руководители предприятия; 2-й уровень - главные специалисты, руководители отделов; 3-й уровень - начальники производственных цехов и их заместители; 4-й уровень - ИТР отделов и цехов; 5-й уровень - рабочие и контролеры). Программы обучения персонала 1-3-го уровня ответственности были согласованы с Центральным институтом повышения квалификации отрасли и AP МАК с привлечением к обучению специалистов ЦИАМ, ВИАМ, НИИСУ и других организаций.

3. Внедрение системы качества в документацию и в производство конкретного типа двигателя.

С целью обеспечения требований “Руководства по качеству” и стандартов предприятия разработанной системы качества были реализованы следующие мероприятия:

- поэтапное внедрение стандартов предприятия, при этом на первом этапе предусматривалось внедрение стандартов, не требующих специальных организационно-технических мероприятий;
- анализ соответствия документации и производственных процессов требованиям стандартов, отработка и реализация необходимых организационно-технических мероприятий;
- контроль за внедрением стандартов предприятия в подразделениях со стороны руководства предприятия, рабочей группы по сертификации, авторов-разработчиков стандартов;
- закрепление должностных лиц предприятия ответственными за своевременное и полное внедрение требований системы качества (по функциональным направлениям деятельности предприятия);
- обязательное оформление доказательной документации

(приказов, актов), подтверждающих полноту и качество внедрения стандартов;

- проведение внеочередных проверок соответствия технологических процессов, оборудования, оснастки, мерительного инструмента требованиям системы качества.

Для реализации дополнительных требований авиационных правил АП-21, "Руководства по сертификации", международных стандартов серии ИСО 9000 и НТД Российской Федерации к системам обеспечения качества и производственным процессам, в том числе к технической документации, оборудованию, оснастке, а также исполнителям особо ответственных технологических процессов и операций, потребовались разработка и проведение существенных организационно-технических мероприятий:

- проведение внеочередной аттестации директивных, специальных технологических процессов и процессов неразрушающего контроля;

- дополнительная проверка оборудования на геометрическую и технологическую точность, в результате которой часть оборудования подвергалась ремонту, а в отдельных случаях заменялась более точными образцами, в первую очередь для изготовления особо ответственных деталей и сборочных единиц;

- поверка и проверка всех стандартных и нестандартных средств измерений, переаттестация оснастки и другие мероприятия.

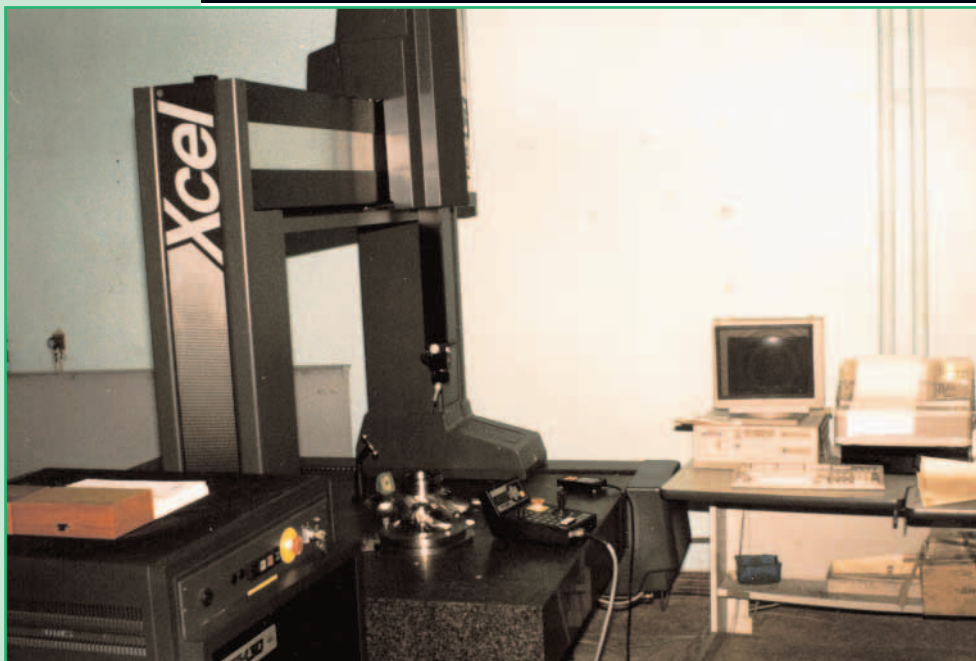
4. Для проведения на предприятии самопроверки была разработана программа, предусматривающая:

- проверку реализации требований авиационных правил АП-21, "Руководства по сертификации", международных стандартов ИСО 9000 и НТД (ГОСТов, ОСТов) Российской Федерации по обеспечению качества и безопасности эксплуатации ГД в документации системы качества, в конструкторской и технологической документации;

- проверку выполнения требований системы качества при выполнении технологических процессов на рабочих местах, проведении технического контроля качества и испытаний деталей, сборочных единиц и двигателей в целом.

В настоящее время в результате проведения целого комплекса мероприятий по сертификации производства произошло значительное повышение качества выпускаемой продукции и надежности ее работы в эксплуатации. Эффективность этих работ, проведенных на ММП "Салют", подтверждается улучшением целого ряда показателей эксплуатационной надежности, таких как наработка на отказ в полете (Тп) и наработка на досрочный съем двигателя (Тдсд). Уменьшилось количество досрочно отстраненных от эксплуатации двигателей и количество выпускаемых бюллетеней по проведению различных доработок на этапе эксплуатации.

Таким образом, основой обеспечения высокого качества изготавливаемой продукции на ММП "Салют" стало совершенствование производства, основанное на применении прогрессивных технологических процессов и передовом уровне организации труда.



Для реализации авиационных правил АП-21, "Руководства по сертификации", международных стандартов ИСО 9000 и НТД Российской Федерации к системам обеспечения качества и производственным процессам, в том числе к технической документации, оборудованию, оснастке, а также исполнителям особо ответственных технологических процессов и операций, потребовались разработка и проведение существенных организационно-технических мероприятий:

- проведение внеочередной аттестации директивных, специальных технологических процессов и процессов неразрушающего контроля;

- дополнительная проверка оборудования на геометрическую и технологическую точность, в результате которой часть оборудования подвергалась ремонту, а в отдельных случаях заменялась более точными образцами, в первую очередь для изготовления особо ответственных деталей и сборочных единиц;

- поверка и проверка всех стандартных и нестандартных средств измерений, переаттестация оснастки и другие мероприятия.

4. Для проведения на предприятии самопроверки была разработана программа, предусматривающая:

- проверку реализации требований авиационных правил АП-21, "Руководства по сертификации", международных стандартов ИСО 9000 и НТД (ГОСТов, ОСТов) Российской Федерации по обеспечению качества и безопасности эксплуатации ГД в документации системы качества, в конструкторской и технологической документации;

- проверку выполнения требований системы качества при выполнении технологических процессов на рабочих местах, проведении технического контроля качества и испытаний деталей, сборочных единиц и двигателей в целом.

В настоящее время в результате проведения целого комплекса мероприятий по сертификации производства произошло значительное повышение качества выпускаемой продукции и надежности ее работы в эксплуатации. Эффективность этих работ, проведенных на ММП "Салют", подтверждается улучшением целого ряда показателей эксплуатационной надежности, таких как наработка на отказ в полете (Тп) и наработка на досрочный съем двигателя (Тдсд). Уменьшилось количество досрочно отстраненных от эксплуатации двигателей и количество выпускаемых бюллетеней по проведению различных доработок на этапе эксплуатации.

Таким образом, основой обеспечения высокого качества изготавливаемой продукции на ММП "Салют" стало совершенствование производства, основанное на применении прогрессивных технологических процессов и передовом уровне организации труда.

DIGEST

Nowadays, "Salute" Moscow machine-building company successfully uses the quality system developed in preparation GTE's manufacturing facilities to certification. The high quality of gas-turbine engines is the governing factor in their accident-free operation and contributes to lower ownership cost and, that is not less important, is an aid to the engine competitiveness.

At the stage of manufacturing the quality of products is achieved by enrolling the highly qualified specialists and introducing up-to-date technologies and machinery. Stability in manufacturing of the most crucial engine components is periodically validated by fatigue tests in vibration stands. The engine health is checked by on-board and ground diagnostic systems within the engine service life.

Thus, the background of high quality of "Salute" Co. products is the result of the re-structuring by application of innovative technologies and advanced level of industrial engineering.

HIGH QUALITY OF MANUFACTURING MEANS HIGH RELIABILITY OF ENGINE OPERATION

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Н П П
"ЭГА"

НПП "ЭГА":

Леонид Бондарев,

директор по разработке и производству электронных систем

Ирина Шамова,

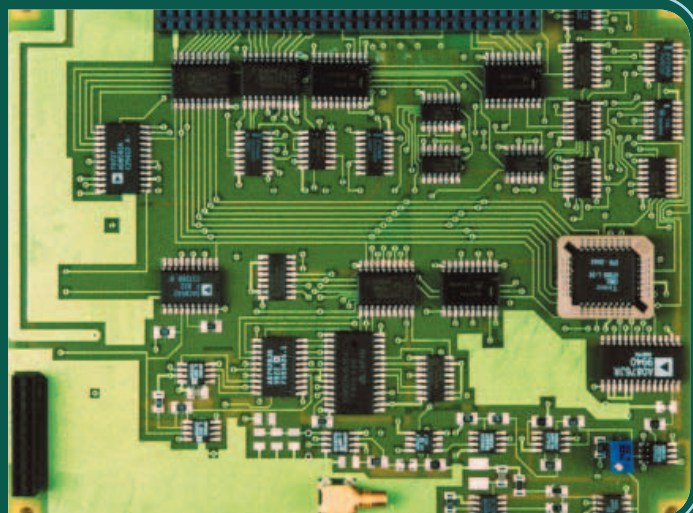
начальник участка сборки

НПП "ЭГА" - один из ведущих разработчиков систем автоматического управления газотурбинных двигателей (САУ ГТД) авиационного и наземного применения. Большинство отечественных военных и гражданских самолетов оснащены двигателями с САУ производства нашего НПП. Свыше 25 лет разработанные предприятием системы работают в составе газоперекачивающих установок во многих странах мира.

Современные САУ ГТД - это сложнейшие электронно-пневмогидравлические системы, в которых электронные цифровые регуляторы (ЭЦР) выполняют основные вычислительные и логические функции. Учитывая необходимость преодоления образовавшегося за прошлое десятилетие отставания технического уровня электронных систем, на предприятии реализуется программа технического перевооружения, предусматривающая внедрение но-

вых технологий разработки, производства и испытаний.

Современные САУ ГТД - это сложнейшие электронно-пневмогидравлические системы, в которых электронные цифровые регуляторы (ЭЦР) выполняют основные вычислительные и логические функции. Учитывая необходимость преодоления образовавшегося за прошлое десятилетие отставания технического уровня электронных систем, на предприятии реализуется программа технического перевооружения, предусматривающая внедрение но-



вых технологий разработки, производства и испытаний.

Сотрудничество с зарубежными партнерами поставило перед НПП "ЭГА" задачу освоения принципиально новых для российских предприятий подходов к разработке технической документации и создания экспериментальной базы с целью обеспечения полного комплекса испытаний в соответствии со стандартами MIL.

Надежность радиоэлектронной аппаратуры в равной степени определяется прочностью и надежностью самой конструкции, надежностью компонентов, стабильностью технологии и контроля. Высокий уровень качества при изготовлении фотошаблонов и печатных плат, а также необходимый уровень контроля производства и испытаний гарантируют стабильность и высокую надежность параметров аппаратуры.

Подразделение по производству электронных систем осуществляет полный цикл изготовления печатных плат и сборки электронной аппаратуры. Создание надежных приборов с применением современных компонентов, интегральных схем, новых современных материалов требует планомерной замены оборудования и внедрения новых материалов и технологий. Организация основных технологических процессов производится с учетом опыта ведущих электронных фирм мира. Модернизация производства предусматривает внедрение новых технологий на всех основных этапах производства.

Одной из первоочередных задач для НПП "ЭГА" стало переоснащение участка изготовления фотошаблонов. Использование установки Laser Graver 3000FR сделало возможным получение фотошаблонов методом лазерного гравирования с применением плен-

ошибок позволяет полностью исключить искажение изображения из-за ошибок в канале передачи данных. Фотошаблон формируется лазерным лучом на специальной безугарной лавсановой пленке методом удаления тонкого слоя черного лака. Получаемый фотошаблон отличается высокой плотностью черного цвета, хорошей контрастностью и четкими, неразмытыми краями печатных элементов.

Применение цифровой лазерной технологии позволило оптимизировать производственный процесс и резко повысить качество. Значительно уменьшились потери от брака, упростился рабочий процесс за счет исключения ряда операций, сократилась номенклатура расходных материалов и снизилась себестоимость выпускаемой продукции. Кроме того, удалось оптимизировать количество персонала и производственные площади, улучшить экологическую обстановку на предприятии путем исключения фотохимических процессов. В результате производительность труда при изготовлении фотошаблонов повысилась в 50 раз.

Основа изделия - печатная плата. Применение высококачественных импортных материалов, новых технологий и современного импортного оборудования дало возможность изготавливать платы 5 класса (ширина проводников 150...200 мкм) для сборки и монтажа на автоматах и полуавтоматах с последующей пайкой в конвекционных печах. Ввод в действие установки горячего лужения позволил сократить расход материалов при нанесении гальванопокрытий.

Для достижения высокой степени интеграции ЭЦР осуществлен переход от ручного монтажа элементов на печатные платы в отверстиях к так называемому "поверхностному монтажу". Конструктивные

элементы платы не содержат присоединительных проводников, а оснащаются специальными согласованными присоединительными поверхностями и устанавливаются непосредственно на подложку методом поверхностной пайки. Надежное высококачественное оборудование позволяет добиться стабильной повторяемости технологических операций, обеспечить высокий уровень качества сборки и исключить необходимость настройки и доводки оборудования.

Благодаря применению этой технологии достигается уменьшение габаритов, массы (в 2...6 раз) и себестоимости аппаратуры; повышение надежности, быстродействия и качества; сокращение трудоемкости сборки узлов (и численности персонала) в 1,5...3 раза; экономия дорогостоящих материалов, исключение операций по формированию монтажных отверстий в печатных платах.

Участок сборки и монтажа в настоящее время оснащен:

- устройством трафаретной печати для нанесения паяльной пасты;
- монтажным столом с 3-х канальной паяльной станцией, термофеном и ручным дозатором для нанесения пасты (для сборки первых сигнальных образцов);
- полуавтоматами для сборки серийных изделий, позволяющими исключить ошибки исполнителей и обеспечить стопроцентную надежность с увеличением производительности в десятки раз;
- конвекционной печью для пайки элементов с постепенным ра-

нологические процессы изготовления и сборки аппаратуры для всех видов производства от единичного (изготовление сигнальных и макетных образцов) до массового (поставка серийных партий).

Предприятие изготавливает не только электронные регуляторы САУ ГТД авиационного и наземного применения собственной разработки, но и выполняет заказы на производство электронной аппаратуры и ее элементов для ряда предприятий авиационного, электронного и общепромышленного направлений.

Одна из самых сложных проблем при разработке и производстве электронных регуляторов связана с невысоким техническим уровнем применяемых электро-радиоэлементов, т.е. с так называемой "элементной базой". Ни для кого не секрет усилившееся за последнее десятилетие отставание электронной промышленности России в части серийного производства комплектующих, отвечающих современным требованиям. Для того, чтобы ликвидировать разрыв, мы считаем необходимым освоение на предприятиях отечественной электронной промышленности производства целого ряда элементов, аналогичных по техническим параметрам изделиям, которые широко производятся соответствующими фирмами США, Германии, Италии и Юго-Восточной Азии. К таким элементам относятся, в первую очередь, однокристальные микроконтроллеры с развитым составом периферийных устройств, микросхемы памяти и устрой-



ством платы с целью исключения термических ударов;

- установкой визуального контроля, обеспечившей возможность проверки качества пайки и правильности установки компонентов в 2-х плоскостях;
- многофункциональной ремонтной станцией;
- универсальным сборочным рабочим местом с поворотным столом.

Производственное оборудование позволяет реализовать тех-



ва ввода-вывода. Необходимо отметить, что в предлагаемом для утверждения ограниченном перечне импортной элементной базы, разрешенной для применения в новых разработках, не полностью учтены потребности разработчиков САУ авиационных ГТД. По нашему мнению этот перечень должен быть дополнен согласованным в масштабах отрасли списком элементов, планируемых к воспроизводству в России. Все это потребует серьезных капиталовложений, и без государственной поддержки здесь не обойтись.

DIGEST

NEW PROSPECTS OF EGA CO."

The EGA Scientific Industrial Association is a leader in the designing and development of automatic control systems (ACS) destined for aviation engines and ground power installations. Most of Russian military and civil aircraft engines are equipped with ACS developed by the company. Within 25-year history of EGA company its ACS found application in gas-pumping units all over the world.

The innovative technologies, including the digital laser control, made possible to upgrade the production facilities, improve the quality, simplify the manufacturing process by excluding a number of operations, reduce the nomenclature of expendable materials, lower the cost, make stuff reduction and decrease manufacturing floor spaces, as well as improve ecological situation at the company by excluding photochemical processes.

The company not only delivers their own electronic controllers to aviation and other branches of industry but also well in its way to making electronic instrumentation, devices and components ordered by a number of industrial companies.

“EGA” 科学生产企业的新前途

“EGA” 是研制航空和地面使用的燃气涡轮发动机自动调节系统的前利企业之一。俄罗斯生产的军用和民用飞机绝大多数都装有带该企业制造的自动调节系统的发动机。企业研制的系统二十五多年来作为输气装置组成部分在世界很多国家工作。

企业不仅制造本厂研制的燃气涡轮发动机自动调节系统的电子调节器，而且能够为航空、电子和别的工业企业生产所需要的电子设备、仪器和其成分。



(Продолжение. Начало в № 2 - 2000 г.)



СЕМЕЙСТВО ТВЗ

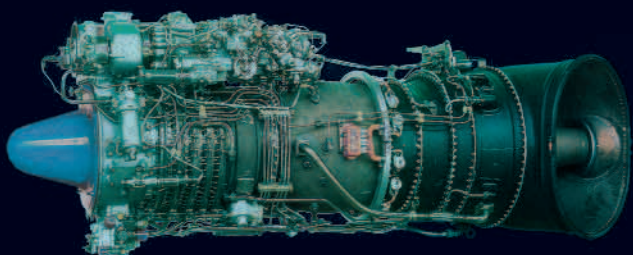
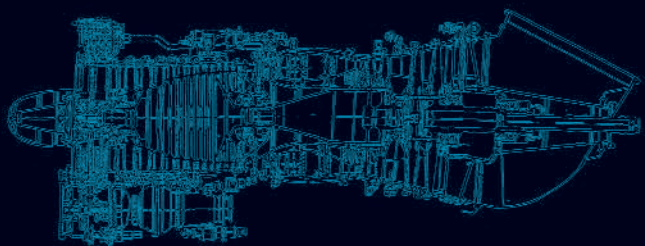
ГУП "Завод им. В.Я. Климova":

Петр Изотов,

главный конструктор

Данила Изотов,

менеджер по рекламе

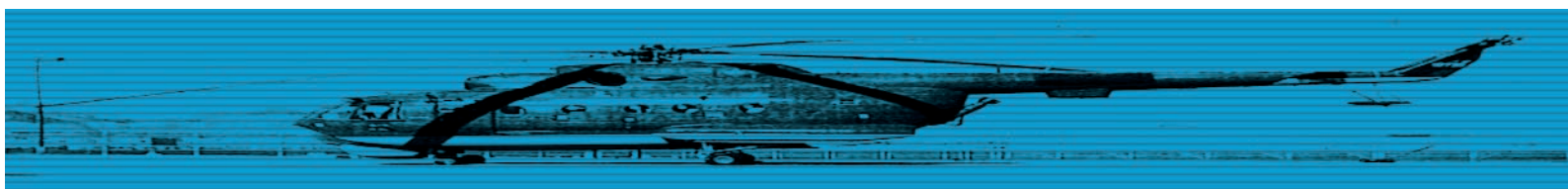


- 117:

ДВИГАТЕЛИ И ВЕРТОЛЕТЫ

В то время на "Климове" под руководством главного конструктора С.П. Изотова разрабатывался турбовальный двигатель ТВЗ-117 мощностью 2200 л.с., соответствовавший по удельному весу и экономическим показателям лучшим зарубежным образцам. Естественно, "милевцы" заинтересовались этим двигателем и сразу же провели оценку летно-технических характеристик В-14 с ТВЗ-117. Расчеты показали, что применение двух двигателей ТВЗ-117 даст возможность создать на базе Ми-8 вертолет, способный выполнять одновременно и поисковые, и ударные функции. Кроме того, более мощная силовая установка позволяла увеличить взлетную массу. Появилась возможность улучшить аэродинамику вертолета благодаря применению убирающегося шасси и повысить его поперечную устойчивость путем увеличения объема "жабер" (боковых поплавков). Но самое главное - переход на новые двигатели не требовал больших переделок конструкции фюзеляжа вертолета Ми-8, уже освоенного в серийном производстве.

В сентябре 1966 г. командованию ВМФ СССР были предъявлены два аванпроекта комплекса В-14: первый в составе двух вертолетов с двигателями ТВ2-117, второй - один вертолет с двигателями ТВЗ-117. Руководство флота отдало предпочтение второму варианту. В октябре был утвержден эскизный проект В-14 с ТВЗ-117. Для нового вертолета в ОКБ Миля была создана усиленная трансмиссия, а на "Климове" изготовлен главный вертолетный редуктор ВР-14. Специально для В-14 "климовцы" разработали модификацию двигателя



ТВЗ-117М ("морской"), которая отличалась от базового двигателя применением лопаток компрессора из титанового сплава и наличием антикоррозионных покрытий деталей для защиты от воздействия соленой морской воды. Кроме этого защитные мероприятия включали в себя промывку пресной водой и консервацию специальным составом проточной части двигателя после каждого полетного дня. Мощность ТВЗ-117М на так называемом ограниченном взлетном режиме (на котором вертолет и производил взлет) была уменьшена до 2000 л.с., что было вызвано желанием использовать ее запас в аварийных ситуациях или при эксплуатации вертолета в районах с жарким и влажным климатом. При выходе из строя одного из двигателей второй переключался на взлетный режим мощностью 2225 л.с. Этот режим выполнял функции чрезвычайного, но в отличие от него включался не автоматически, а пилотом. Мощность на номинальном режиме равнялась 1700 л.с., на крейсерском - 1500 л.с.

Первый этап ("А") летных испытаний В-14 проводился с двигателями ТВЗ-117, что позволило не только сократить сроки постройки опытных вертолетов, но и начать летно-морские испытания с надежной отработанной силовой установкой. Три вертолета В-14 совершили к 1971 г. свыше 650 полетов и налетали почти 700 ч, отработав весь комплекс испытаний этапа "А". Этап "Б" начался в конце 1969 г. с установки на первый В-14 двигателей ТВЗ-117М. В 1971 г. Казанский филиал Московского вертолетного завода переоборудовал еще два вертолета Ми-8 в вариант В-14, оснастив их двигателями ТВЗ-117М, вспомогательными силовыми установками (ВСУ) АИ-9, главными редукторами ВР-14 и усиленной трансмиссией.

Комиссия, проводившая госиспытания, еще до их окончания в декабре 1974 г. рекомендовала запустить В-14 в серию. В конце 1973 г. в Казани был выпущен первый серийный вертолет. Первые серии В-14 оснащались толкающим рулевым винтом. Вертолеты более поздних серий имели тянущие рулевые винты, аналогичные примененным впоследствии на Ми-8МТ (Ми-17) и Ми-24. Госиспытания двигателя ТВЗ-117М закончились в июле 1975 г., а в январе 1976 г. он был запущен в серийное производство на Запорожском моторостроительном заводе. С 1974 г. вертолеты В-14 начали поступать на вооружение авиации ВМФ. Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 11 мая 1976 г. противолодочный вертолет-амфибия был принят на вооружение с присвоением ему обозначения Ми-14ПЛ.

На базе вертолета Ми-14 были разработаны поисково-спасательный, грузопассажирский, противопожарный варианты, буксировщик минных тралов и другие модификации, в том числе экспортные (всего до 1986 г. выпущено свыше 270 вертолетов Ми-14). На всех модификациях применялся двигатель ТВЗ-117М.

Параллельно с созданием Ми-14 в ОКБ Миля началось проектирование специализированного транспортно-боевого вертолета В-24, способного размещать в кабине 7-8 десантников. В 1967 г. были подготовлены два варианта машины, которые предусматривали использование ТВЗ-117: однодвигательный вертолет взлетной массой 7 т и двухдвигательный вертолет взлетной массой 10,5 т. Военные одобрили двухдвигательный вариант В-24. В августе 1968 г. началось рабочее проектирование, а в июне 1969 г. закончилась постройка первого опытного экземпляра вертолета. Заводские испытания В-24 начались 15 сентября 1969 г. с подъемов на привязи. Быстрый темп работ обеспечивался благодаря использованию в конструкции В-24 отработанных агрегатов от Ми-8 и Ми-14: в первую очередь двигателей ТВЗ-117, вспомогательной силовой установки, втулки и лопастей несущего винта, рулевого винта, автомата перекося и элементов трансмиссии.

Вскоре построили второй опытный аппарат, а затем заложили лидерную партию из десяти вертолетов: по пять на МВЗ и Арсеньевском машиностроительном заводе "Прогресс". Эти машины использовались для проведения заводских испытаний. Государственные ис-

пытания начались в июне 1970 г., а в 1971 г. серийные вертолеты, получившие обозначение Ми-24А, начали поступать в войска (аэродром Броды). В следующем году госиспытания успешно завершились, и вертолет был официально принят на вооружение.

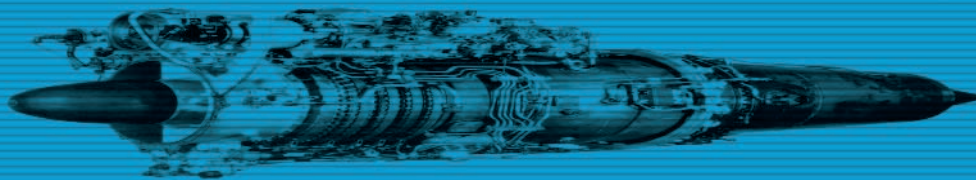
Вертолеты Ми-24А широко применялись в Советской Армии и поставлялись на экспорт. Они приняли участие в боевых действиях в Афганистане, Африке и на Ближнем Востоке. Опыт их эксплуатации способствовал доводке вертолета (начиная с варианта Ми-24Д кабина пилота была отделена от кабины летчика-оператора и приподнята, что улучшило обзор; рулевой винт из толкающего был переделан в тянущий, его тяга значительно увеличилась) и силовой установки. Двигатели ТВЗ-117 лидерной нулевой, а затем и I серии постепенно сменились усовершенствованными двигателями ТВЗ-117 II серии, а в 1977 г. одной из самых массовых модификаций ТВЗ-117 III серии (подробнее об этом см. "Двигатель" № 2 - 2000).

На базе Ми-24 создали многочисленное семейство вертолетов, включающее разнообразные боевые и транспортные машины. Интересны опытная модификация Ми-24 с рулевым винтом типа фенестрон, "рекордный" вертолет А-10 и др. В экспортном исполнении вертолеты получили базовые обозначения Ми-25 и Ми-35. За годы серийной постройки Арсеньевским и Ростовским вертолетными заводами было изготовлено более 2600 вертолетов семейства Ми-24.

Успешная эксплуатация двигателей ТВЗ-117 на вертолетах Ми-14 и Ми-24 привела конструкторов ОКБ М.Л. Миля к идее "пересадки нового сердца" вертолету Ми-8. Она вдохнула новую жизнь в "восьмерку", успевшую стать настоящей "рабочей лошадкой" как в армии, так и в народном хозяйстве. Первые проработки модернизированного вертолета Ми-8М начались еще в 1964 г. В ноябре 1967 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР, в соответствии с которым вертолет должен был оснащаться двумя двигателями ТВЗ-117МТ ("модифицированный", "транспортный"), главным редуктором ВР-14, ВСУ АИ-9, тянущим рулевым винтом и усиленной трансмиссией. По конструкции и техническим характеристикам двигатель ТВЗ-117МТ, запущенный в серийное производство в 1977 г., был идентичен ТВЗ-117М; некоторые отличия имелись только во внешней обвязке. Таким образом, возникла заманчивая идея максимально унифицировать динамическую систему всех трех вертолетов: Ми-14, Ми-24 и модернизированного Ми-8.

Летные испытания нового вертолета, начатые 17 августа 1975 г., сразу же показали значительное улучшение летно-технических характеристик, особенно потолка и скороподъемности вертолета. Увеличилась и его грузоподъемность. После завершения госиспытаний в 1977 г. вертолет был принят на вооружение под обозначением Ми-8МТ (экспортное обозначение Ми-17) и запущен в производство на Казанском заводе, а позднее на заводе в Улан-Удэ. В дальнейшем на этих двух заводах было построено около 3000 вертолетов Ми-8МТ/Ми-17 в десятках гражданских и военных модификаций. Эта машина стала поистине легендарной благодаря своим высоким эксплуатационным качествам. Вертолет прекрасно летает в условиях тропической жары и арктического холода, высокогорья и морского климата. Среди опытных модификаций Ми-8МТ следует отметить Ми-18. К сожалению, эту перспективную машину с удлиненным фюзеляжем и увеличенной грузоподъемностью, не удалось "довести". Разработка Ми-18 совпала с начавшейся перестройкой, правительство поддержало альтернативный проект нового вертолета Ми-38, который, кстати, до сих пор не воплощен в жизнь.

"Завоевав" фирму Миля, двигатели семейства ТВЗ-117 "начали триумфальное шествие" по авиационным КБ Советского Союза. Двигателями заинтересовался корифей отечественного вертолетостроения - Николай Ильич Камов. ОКБ Камова являлось инициатором применения соосной схемы несущих винтов в вертолетостроении и тра-



диционным поставщиком боевых машин для советского ВМФ. В начале 60-х годов "камовцы" разработали вертолет корабельного базирования Ка-25, строившийся в нескольких модификациях. К концу десятилетия требования к "морским" вертолетам возросли, и Ка-25 перестал их удовлетворять. Поэтому в 1968 г. камовское ОКБ приступило к проработке проекта вертолета нового поколения Ка-252 с дви-



гателями ТВЗ-117, а 3 апреля 1972 г. вышло соответствующее постановление ЦК КПСС и Совмина СССР. Одним из важнейших требований к новому вертолету было сохранение габаритов Ка-25, что обуславливалось размерами посадочных площадок и ангаров кораблей.

Решение поставить на свой новый "палубник" "изотовские" двигатели было для Камова непросто. Однажды он, слышавший человеком с довольно сложным характером, в разговоре с Изотовым обозвал "грузилом" двигатель ГТД-350, предлагавшийся для Ка-25. В результате на целых восемь лет отношения между двумя главными конструкторами были испорчены. Ценой невероятных усилий их удалось наладить, что и обеспечило создание великолепного вертолета, положившего начало целому семейству боевых и гражданских машин.

Для Ка-252 "климовцы" разработали модификацию двигателя ТВЗ-117КМ ("камовский", "морской"), отличавшуюся от базового двигателя ТВЗ-117М иным расположением некоторых трубопроводов. Государственные испытания двигателя были проведены в июле 1975 г., а в серийное производство ТВЗ-117КМ поступили с января 1976 г. Для силовой установки Ка-252 был разработан главный редуктор ВР-252, обеспечивавший вращение соосных винтов в противоположные стороны с одинаковой угловой скоростью.

Заводские испытания вертолета начались 8 августа 1973 г., а совместные испытания, состоявшие из двух этапов, растянулись на четыре года - с января 1974 г. по декабрь 1977 г. Новая силовая установка повысила энерговооруженность вертолета по сравнению с Ка-25 почти в два раза. Благодаря этому на 30...40% улучшились летно-технические характеристики, а грузоподъемность возросла до 4000 кг. В ходе испытаний Ка-252 выполнил 2661 полет, налетов 1896 ч. Еще до окончания этапа "Б" было выдано заключение о запуске вертолета в серийное производство. Госиспытания, проводившиеся в 1977-1978 гг., подтвердили правильность этого решения. В июле следующего года началось серийное производство вертолета на авиационном заводе в Кумертау, а 14 апреля 1981 г. он был официально принят на вооружение под обозначением Ка-27.

В дальнейшем двигатели ТВЗ-117КМ устанавливались на различных модификациях вертолета Ка-27, включая экспортные Ка-28, которые эксплуатируются над всеми акваториями Мирового океана. Всего было выпущено около 300 вертолетов семейства Ка-27.

Боевое применение Ми-24А в горных условиях Афганистана выявило необходимость создания двигателя ТВЗ-117В ("высотного") взлетной мощностью 2200 л.с., поддерживаемой до большой высоты - 3600 м. Вертолеты стали оснащать пылезащитным устройством (ПЗУ) грибкового типа, при этом мощность двигателя снижалась на 100 л.с., и экранно-выхлопным устройством (ЭВУ). Серийный выпуск модификации ТВЗ-117В начался в 1980 г. В дальнейшем этот двигатель положил начало целому "подсемейству" двигателей ТВЗ-117.

Дальнейшее совершенствование вертолета Ка-27 и созданных на его основе транспортно-боевого Ка-29 и гражданского многоцелевого Ка-32 заключалось в установке новых двигателей ТВЗ-117ВК ("высотный", "камовский"), по параметрам идентичных базовому ТВЗ-117В. Экспортные вертолеты Ка-28 оснащались модифицированными двигателями ТВЗ-117ВКР ("высотный", "камовский", "режимный"), отличавшимися увеличенной мощностью: 1900 л.с. на номинальном и 1600 л.с. крейсерском режимах.

К началу семидесятых годов руководство ВВС сформулировало концепцию современного винтокрылого штурмовика, обладающего большой скоростью, высокой живучестью и маневренностью. В ОКБ М.Л. Миля к проработкам такого аппарата под обозначением Ми-28 приступили еще в 1968 г., вскоре после выхода постановления о создании Ми-24. Одновременно с этим развернулось создание боевого вертолета В-80 и у "камовцев". М.Л. Миль и Н.И. Камов к тому времени ушли из жизни, и коллективы ОКБ возглавили Марат Николаевич Тищенко и Сергей Викторович Михеев, соответственно. И Ми-28, и В-80 (в дальнейшем Ка-50) проектировались под двигатели ТВЗ-117. Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР о разработке этих вертолетов состоялось 16 декабря 1976 г. Несколько позже, в 1980 г., вышло единое тактико-техническое задание Минобороны на эти вертолеты, по



которому "климовцев" обяжали создать для Ми-28 двигатели ТВЗ-117ВМ, а для Ка-50 - двигатели ТВЗ-117ВМА, главный редуктор ВР-80 и промежуточные редукторы ПВР-800. В июне 1985 г. двигатели прошли госиспытания и в 1986 г. поступили в серийное производство.

В соответствии с практикой боевого применения вертолетов они должны часто летать на высотах 5...10 м над уровнем земли. При отказе одного из двигателей в этих условиях пилот не успеет включить чрезвычайный режим. Поэтому потребовался автоматический вывод исправного двигателя на режим чрезвычайной мощности, которая у ТВЗ-117ВМ ("высотный", "модернизированный") составляла 2200 л.с. с поддержанием до высоты 2200 м и до температуры +30 °С. Мощность на взлетном режиме - 2000 л.с. с поддержанием ее до высоты 3600 м при МСА и до температуры наружного воздуха +40 °С при нулевой высоте. В остальном двигатель не отличался от ТВЗ-117В.

Для обеспечения безопасности вертолета в боевых условиях потребовалось, чтобы при повреждении топливных баков топливо не

выливалось наружу. С этой целью в баке создается небольшое разряжение. Поэтому потребовалось создание дополнительного подкачивающего насоса, способного работать с разряжением на входе при всех условиях полета. В интересах увеличения высотности и точности поддержания режимов потребовалось создание новой электронной и гидромеханической топливорегулирующей аппаратуры.



С наилучшими пожеланиями ТВ3-117 от Сергея Сикорского

Летные испытания опытных образцов Ми-28 с ТВ3-117ВМ начались 10 ноября 1982 г. Сравнительные с Ка-50 совместные госиспытания были проведены в 1985-1986 гг. В ходе испытаний все заданные летно-технические характеристики были подтверждены, а некоторые даже превышены. В декабре 1987 г. было принято постановление о начале серийного производства на Ростовском вертолетном заводе. Дальнейшая программа развития вертолета предусматривала создание модернизированного "дневного" варианта Ми-28А и "ночного" Ми-28Н.

Впоследствии с целью повышения безопасности полетов двигатель ТВ3-117ВМ был установлен на вертолеты Ми-8МТ/Ми-17.

Для первого в мире одноместного вертолета-штурмовика с соосной системой несущих винтов Ка-50 "Черная акула" была разработана модификация двигателя ТВ3-117ВМА ("высотный", "модернизированный", "модификация А") взлетной мощностью 2200 л.с., которая поддерживается до высоты 2200 м при МСА и до температуры наружного воздуха +30 °С. Двигатель аналогичен ТВ3-117ВМ и отличается регулировкой мощности.

Первое висение опытный экземпляр В-80 выполнил 17 июня 1982 г. Заводские испытания были завершены к июлю 1984 г., после чего вертолет был передан на совместные госиспытания (Ми-28 и В-80), по результатам которых он был объявлен победителем. Декабрьским постановлением 1987 г. предусматривались "персональные" госиспытания В-80 и запуск его в серию на Арсеньевском заводе. Испытания проводились на машинах-эталонах и головном серийном вертолете в 1991-1993 гг. В августе 1995 г. Указом Президента России вертолет был принят на вооружение. В последние годы созданы опытные варианты Ка-50: "ночной" Ка-50Ш(Н), двухместные Ка-52

"Аллигатор" и Ка-50-2 "Er dohan", участвующий в тендере для ВВС Турции и др. Всего было выпущено 18 вертолетов Ка-50 различных модификаций.

В дальнейшем двигатели ТВ3-117ВМА были установлены на военные вертолеты Ка-27, Ка-29, Ка-31 (вертолете радиолокационной разведки на базе Ка-27), Ми-24, Ми-28А/Н и гражданский Ка-32 (в этом варианте двигатель имеет чрезвычайный режим мощностью 2400 л.с.). В составе вертолетов Ка-28 поставлялась на экспорт модификация ТВ3-117ВМАР ("высотный", "модернизированный", "модификация А", "режимный"), имевшая номинальный и крейсерский режимы, аналогичные ТВ3-117ВКР.

В 1993 г. для гражданской авиации были сертифицированы двигатели ТВ3-117ВМ серии 02 для Ми-8МТ/Ми-17 и ТВ3-117ВМА серии 02 для Ка-32. В соответствии с требованиями Авиационного Регистра Межгосударственного Авиационного Комитета двигатели имеют чрезвычайные режимы 2200 и 2400 л.с., соответственно. В конструкцию двигателей внесен ряд усовершенствований.

Кроме перечисленных в данной статье основных модификаций двигателя ТВ3-117, выпущенных "тиражом" свыше 23 500 единиц, существовали проекты опытных вариантов ТВ3-117Ф, -МВ, -ВМА-03, -МА-Ф, -Д, -ВИ и др. В семидесятых годах на базе ТВ3-117 во исполнение постановления Совмина СССР от 30 августа 1968 г. был создан реактивный вариант ТР3-117 (ТР3-117А) тягой 590 (640) кгс для беспилотного самолета-разведчика Ту-143 "Рейс" (Ту-243 "Рейс-Д"). За границей известны случаи совершенно фантастического применения ТВ3-117: в Голландии один фермер установил три двигателя на специальный "гоночный" трактор и участвует в нем на соревнованиях, а моряк-любитель из США смонтировал два двигателя на своем спортивном скутере...



За создание силовых установок с двигателями ТВ3-117 конструкторам "Климова" была присуждена Ленинская премия и Государственная премия Российской Федерации. Многие разработчики ТВ3-117 были удостоены государственных наград.

(Окончание в следующем номере)

DIGEST

In 1967, a special combat-transport helicopter known as "V-24" and powered by two TV3-117 engines was ready for trials. Four years later, first series Mi-24A entered service with RAF. The helicopters in the export version were designated as Mi-25 and Mi-35. More than 2600 helicopters of Mi-24 family were manufactured within years of series production.

In January 1976, Zaporozhye engine manufacturing company launched the series production of a brand-new turboshaft, designated as the TV3-117M and delivering 2000-h.p. take-off thrust and 1500-h.p. cruise thrust for V-14 helicopter - the antisubmarine modification of the Mi-8. In addition to the amphibian version, Mi-8MT improved modification powered by the TV3-117 was launched (its export version was dubbed as Mi-17). The very same engines (but in the "marine" version) were used by Kamov's helicopters: Ka-25, Ka-29 and Ka-32. In the development of attack helicopters of a new generation such as Mi-28 and V-80 the manufactures were aimed at application of augmented TV3-117 versions - the "VM" and the "VMA". Currently, the TV3-117 modifications has booked more than 23, 500 units.

TV3-117 FAMILY: ENGINES AND HELICOPTERS

THE UKRAINIAN 21st AIRCRAFT ENGINES: AT THE THRESHOLD OF THE CENTURY



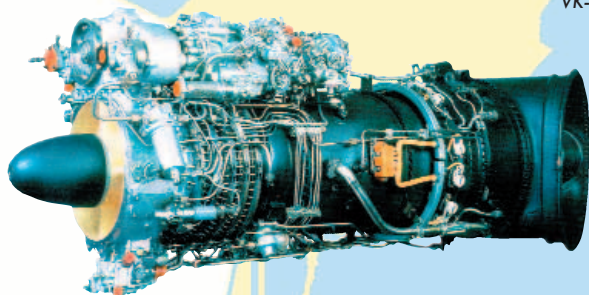
Prof. V. Boguslayev,

Chairman of the Board, Director General,
Motor Sich JSC

The Ukrainian Motor Sich joint-stock company is among world leaders in aircraft engines manufacture. Fifty-five types and modifications of our engines are powering 61 models of aircraft and helicopters of world-famous companies such as Antonov, Ilyushin, Beriev, Tupolev, Yakovlev, Kamov, Mil, Aero Vodochody (Czech Republic) and NAMC (China). They are in civil and military service in 98 countries.

All our products being offered to the world market have high performance and are manufactured at the certified production base. The quality system at Motor Sich has been certified by the aerospace department of BUREAU VERITAS Co. and BVQI Co. in full compliance with ISO 9002 International standards.

The flight characteristics and competitiveness of aircraft and helicopters are determined, to a great extent, by their power plants. Therefore, Motor Sich pays special attention to the development of prospective engines and further improvement of series engines by



VK-2500

introducing more cost-effective and reliable modifications. This program is focused on the following engines: TV3-117VMA-SBM1, D-27, VK-2500, VK-1500, AI-222 and D-436T1.

Traditionally, the main products of Motor Sich are the engines of TV3-117 family, powering combat, transport and civil mid-class helicopters, like maritime and land-based Mil and Kamov, which are successfully operated in 60 countries.

High capabilities inherent in this engine has made possible to design its turboprop modification TV3-117VMA-SBM1 developing 2500 h.p. take-off power and 2800 h.p. at emergency. The engine is installed on An-140 regional aircraft replacing out-of-date An-24 and Yak-40.

This spring both the An-140 and the TV3-117VMA-SBM1 were certified by Air Register of Interstate Aviation Committee. Thus, they became the first certified samples in the Ukrainian aviation developed in close collaboration with aviation research institutes and design bureaus of Russian Federation in new economic conditions.

VK-1500



Another turboprop engine, VK-1500, has been designed on the basis of TV3-117VMA core. Its take-off power is 1500 h.p. and it is intended for use in the regional aircraft - the An-38, the An-3 and the Be-32. A new control system, the SAU-2000, has been incorporated into the engine structure. Standardized components and units of the engine will help to complete certification of the engine and put it into series production within a short time period. In addition, its turboshaft version, the VK-1500V, for powering Ka-60 and Ka-62 helicopters has been developed.

The VK-2500 is essentially another modification of the TV3-117VMA, and its take-off power is by 200 h.p. higher (2,400 h.p.) and its emergency power is 2,700 h.p. The engine is designed for new modifications of helicopters: Mi-14, Mi-17, Mi-24, Mi-28, Ka-32, Ka-50, Ka-52, etc.

The Mi-24 helicopter powered by the VK-2500 engine made its maiden flight on May 30, 2000. The engine is scheduled to obtain certification by the 1st quarter of 2001.

The VK-2500 engine is provided with a new digital automatic control system BARK-78 and is equipped with SNK-78 counter of running time which makes it possible to control actual operating time of the engines at time-limited power conditions.

Motor Sich is near launching a series production of the D-27 propfan that is well in its way to becoming the first cruise propfan in the world. It was developed by Progress Design Bureau for powering An-70 short

Ka-50



take-off and landing military transport. The engine power is 14,000 h.p. Its fuel efficiency is by 25 to 30 % higher other up-to-date propfans. The An-70 is a unique aircraft having 30 to 35 t load-carrying capacity and 4000 to 5000 km flight range. The An-70T, a civil version of the An-70, is under development now and will appear on the market in 5 years.

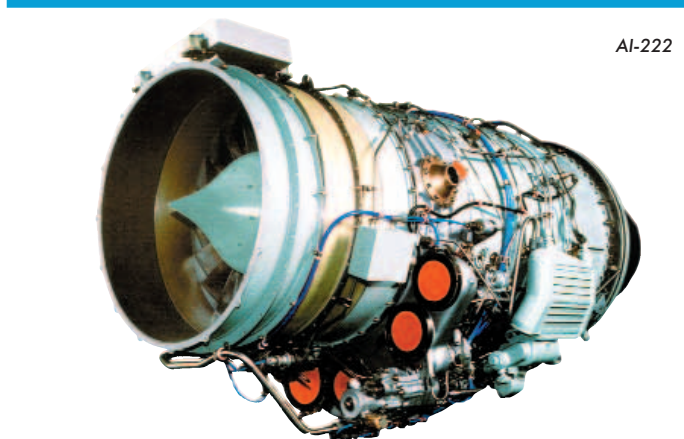
At the same time, we support our close cooperation with Progress Design Bureau and take part in the development of engines of a new generation (on the basis of the AI-22 core) for trainers and flight combat aircraft like Yak/AEM-130, Yak-131, L-59, L-159, etc. These engines are from AI-222 family and develop 2200 to 3000 kgf take-off thrust and 4500 to 5000 kgf afterburner thrust.



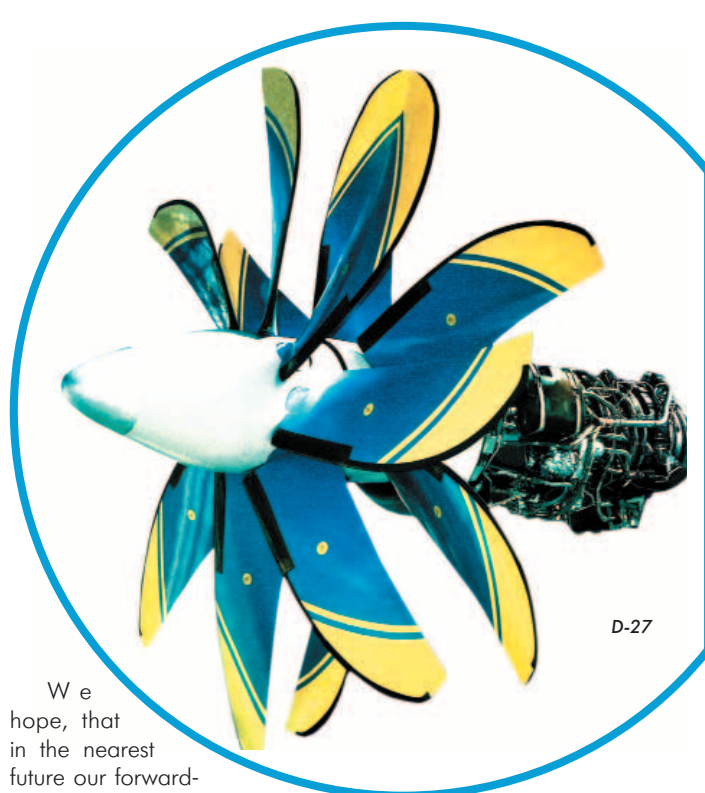
An-70

Particular emphasis in the development of AI-222 family engines has been placed on flight safety and combat maneuverability in combination with long service life and low operating cost.

As an engine manufacturer, we, having a great experience and high technologies, are capable to perform high-quality overhaul of aircraft engines within a short time period under flexible contract terms. In this case, we will use the latest technologies aiming at increase of the engine reliability and performance.



AI-222



D-27

We hope, that in the nearest future our forward-looking program of new

generation engines manufacture and our new policy in engine maintenance will ensure success to the company on domestic and world markets, and, also, will make Motor Sich a competitive company on the international market of high technologies.

Today, Motor Sich, as well as other leading aircraft engine manufacturers worldwide, considers maintenance and overhaul of earlier manufactured engines to be one of their main business activities, not an auxiliary one.



Yak-130



Motor Sich JSC, Ukraine,
15, 8th of March St., Zaporozhye, 69068.
Tel.: 380 (612) 61-47-77.
Fax: 380 (612) 65-58-85.
E-mail: motor@motorsich.com

DIGEST

Украинское открытое акционерное общество "Мотор Сич" - один из лидеров мирового авиодвигателестроения. 55 типов и модификаций двигателей ОАО установлены на 61 модель самолетов и вертолетов всемирно известных фирм Антонова, Ильюшина, Бериева, Туполева, Яковлева, Камова, Миля, чешской Aero Vodochody и китайской NAMS. Они эксплуатируются в гражданской и военной авиации 98 стран мира.

Система качества "Мотор Сич" сертифицирована авиакосмическим отделом фирмы BUREAU VERITAS и фирмой BVQI на соответствие требованиям Международного Стандарта ИСО 9002. В перспективной программе важнейшие места занимают двигатели: ТВ3-117ВМА-СВМ1, ВК-2500, ВК-1500, АИ-222, Д-436Т1. Ведутся работы по подготовке серийного производства первого в мире маршевого турбовентиляторного двигателя Д-27, разработанного ЗМКБ "Прогресс", для установки на военнотранспортный самолет короткого взлета и посадки Ан-70.

В ближайшем будущем перспективная программа производства двигателей нового поколения и новая стратегия сервиса позволят ОАО "Мотор Сич" интенсивно развиваться и расширять участие в международном рынке новых технологий.

乌克兰航空发动机：在临近新世纪的时刻

乌克兰 "MotorSich" 公开股份公司是世界发动机制造领头之一。公司制造的55类型发动机安装在世界有名的俄罗斯公司、捷克 Aero Vodochody 公司和中国 NAMS 公司生产的61型式飞机和直升机上。公司的发动机是由98个国家的民用和军用航空使用的。公司远景工作计划里占主要地位的是 TV3-117VMA-SVM1、VK-2500、VK-1500、AI-222、D-436T1 等发动机。正在为开始成批生产世界上第一个透平风扇主发动机 (D-27) 进行准备工作。

生产新一代发动机的远景计划和服务业新战略让 "Motor Sich" 公司积极地发展，并更积极地参加高新技术国际市场。

НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО -

ВИЗИТНАЯ КАРТОЧКА

ОАО

"УМПО"



Валерий Лесунов,
генеральный директор ОАО "УМПО"

Открытое акционерное общество "Уфимское моторостроительное производственное объединение" - крупнейшее в России двигателестроительное предприятие. Оно ведет свою историю еще с 17 июля 1925 г. На протяжении всех 75 лет главным и неизменным для ОАО "УМПО" всегда было и остается качество и надежность выпускаемой продукции. Достижения нашего завода в этой области оценены четырем престижными международными наградами. Работников нашего предприятия отличает уникальная квалификация, высокое качество труда, профессионализм, ответственность за порученное дело.

В основе стабильности функционирования любого производства, особенно высокотехнологичного и наукоемкого - персонал, чей опыт и мастерство определяет уровень качества продукции. В авиационной отрасли России и Республике Башкортостан ОАО "УМПО" справедливо на-

зывают кузницей высококвалифицированных кадров. Мы десятилетиями формировали свой кадровый потенциал, создавали учебную базу. К настоящему времени у нас сложилась хорошо отлаженная система обучения работников, повышения их квалификации. Это - один из основных элементов системы качества. Подготовка персонала включает в себя обучение вновь принимаемых рабочих, повышение квалификации работников и их переподготовку при освоении производства новой продукции, внедрении нового оборудования или технологии. Программы обучения всех категорий персонала в обязательном порядке предусматривают изучение вопросов качества и сертификации продукции. В перспективе - внедрение непрерывного образования.

Глубокий кризис, поразивший российскую экономику в 90-е годы, сказался и на системе профессиональной подготовки рабочих, база которой существенно сузилась. Так, из 18 профессиональных училищ, готовящих кадры по металлообработке для предприятий города Уфы, осталось пять, причем два из них - базовые училища объединения, выпускающие около 300 специалистов в год. Однако половина выпускников сразу призывается на службу в Вооруженные Силы. Кроме того, нашему объединению требуются кадры по 235 профессиям, в то время как базовые профтехучилища готовят только по девяти. Таким образом, полностью обеспечить предприятие выпускниками профтехучилищ не удастся.

При ОАО "УМПО" более 50 лет работают вечерний факультет Уфимского государственного авиационного технического университета и вечернее отделение Уфимского авиационного техникума, где ежегодно обучаются 450 студентов. Пополняется наш коллектив и выпускниками дневных отделений вузов, с которыми во время их прохождения у нас преддипломной практики заключаются договоры о приеме на работу в ОАО "УМПО" после окончания ими учебного заведения. Отбор кандидатур осуществляется главными специалистами.

Преобразования в экономике требуют от работников всех звеньев управления новых знаний. Чтобы поднять общий уровень профессионализма следует вначале определить содержание, объем, формы и методы обучения. Необходимо также оценить уровень знаний потенциальных обучаемых. С этой целью проводится аттестация руководящих, инженерно-технических работников и других специалистов, в ходе которой рассматриваются вопросы, касающиеся деятельности аттестуемых, выясняется видение ими основных проблем и путей их решения, обсуждаются перспективы, принимаются оперативные решения.

Аттестация является основанием для повышения квалификационной категории. В состав руководящих кадров вливается молодое поколение, образованное, обладающее современным взглядом на различные жизненные ситуации. Готовыми руководителями, однако, не рождаются. Необходимым навыкам, новым методам хозяйствования, ориентированным на научные, а не интуитивные знания, надо учить. С этой целью в объединении развернута подготовка кадрового резерва на выдвижение. Отобранные на конкурсной основе перспективные работники направляются для обучения в Академию государственного управления при Президенте Республики Башкортостан. В целом еже-

годом проводится аттестация руководителей, инженеров, техников и других специалистов. В ходе которой рассматриваются вопросы, касающиеся деятельности аттестуемых, выясняется видение ими основных проблем и путей их решения, обсуждаются перспективы, принимаются оперативные решения.

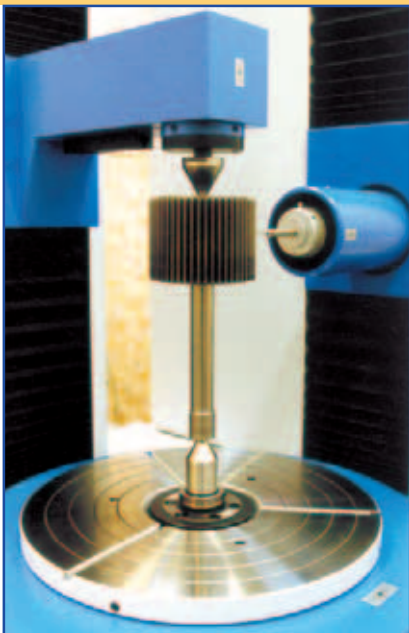


зывают кузницей высококвалифицированных кадров. Мы десятилетиями формировали свой кадровый потенциал, создавали учебную базу. К настоящему времени у нас сложилась хорошо отлаженная система обучения работников, повышения их квалификации. Это - один из основных элементов системы качества. Подготовка персонала включает в себя обучение вновь принимаемых рабочих, повышение квалификации работников и их переподготовку при освоении производства новой продукции, внедрении нового оборудования или технологии. Программы обучения всех категорий персонала в обязательном порядке предусматривают изучение вопросов качества и сертификации продукции. В перспективе - внедрение непрерывного образования.

Глубокий кризис, поразивший российскую экономику в 90-е годы, сказался и на системе профессиональной подготовки рабочих, база которой существенно сузилась. Так, из 18 профессиональных училищ, готовящих кадры по металлообработке для предприятий города Уфы, осталось пять, причем два из них - базовые училища объединения, выпускающие около 300 специалистов в год. Однако половина выпускников сразу призывается на службу в Вооруженные Силы. Кроме того, нашему объединению требуются кадры по 235 профессиям, в то время как базовые профтехучилища готовят только по девяти. Таким образом, полностью обеспечить предприятие выпускниками профтехучилищ не удастся.

Проблема решается за счет самостоятельного приема и подготовки учеников по нужным профессиям. За 8 месяцев в 2000 г. на предприятии прошли подготовку свыше 500 рабочих по 30 профессиям.

Проблема решается за счет самостоятельного приема и подготовки учеников по нужным профессиям. За 8 месяцев в 2000 г. на предприятии прошли подготовку свыше 500 рабочих по 30 профессиям.



годно повышают свою квалификацию около 2500 человек.

Высокий профессиональный уровень персонала позволяет применять в производстве современное высокоточное автоматизированное оборудование. Объединение располагает системами регистрации параметров, стендовым испытательным оборудованием, десятками измерительных машин и комплексов мирового уровня, такими как координатно-измерительные машины КМЗ-Р фирмы "Маузер", автоматизированные центры с ЧПУ для контроля параметров зубьев шестерен PSKE-900 и PNS-65, прибор для бесконтактного контроля "ОПТЕЛ" и многие другие.

Конечно, качество и надежность продукции обеспечивается

не только квалификацией персонала, но и четкой организацией производства. Вся трудовая деятельность коллектива расписана в виде стандартов предприятия. Их около 120. По одному из них оценивается эффективность деятельности производственных подразделений по качеству выпускаемой продукции. Другой определяет качество труда каждого исполнителя. Оба стандарта "программируют" работников на достижение высокого качества продукции, так как увязаны с их заработной платой. На это же нацелена и система материального и морального стимулирования. За высокие показатели по качеству поощряются как отдельные исполнители, так и подразделения. Лучшим в этой области присваиваются звания "Отличник качества объединения". Около 200 рабочих получили право работы с личным клеймом. Всю организационную работу по качеству возглавляет заместитель генерального директора - директор по качеству. Вопросы качества еженедельно рассматриваются на специальных совещаниях с участием руководителей объединения, подразделений, служб, цеховых бюро технического контроля. Каждый моторостроитель, работая в единой команде, знает: выпуская качественную продукцию сегодня, он обеспечивает устойчивость предприятия и свое благополучие завтра.

450039, Башкортостан, Уфа, ул. Ферина, 2.

Телефон: (3472) 38-18-63 для справок;

38-75-44 отдел маркетинга;

38-59-11 отдел внешнеэкономических связей.

(095) 250-22-16 Представительство в Москве.

Факс: (3472) 38-37-44 Телекс: 162340 RICA RU

E-mail: umpo@umponet.ru Internet: <http://www.umponet.ru>



DIGEST

RELIABILITY AND QUALITY - A VISITING CARD OF "UMPO" CO.

"Ufa Machine-Building Industrial Association" joint-stock company - is the largest engine manufacturer in Russia. Its origin dates back to July 17, 1925. Quality and reliability of products were the main factors within 75-year history of the company and will remain in future. The achievements of the company in this area were honored with four prestigious international awards. Unique experience, high quality of works, professionalism, and full responsibility for the works done can characterize the company employees. The "UMPO" has been training its permanent staff for many years: there is a well-established training system. Today, the staff training system includes training of newly hired personnel, improvement of professional skills of permanent employees and their re-training when launching development and manufacturing of new products or innovative technologies. The technologies ensuring high quality and certification of products are of primary importance.

可靠性和高质量是乌法发动机制造生产公司的名片

乌法发动机制造生产公司是俄罗斯制造发动机的最大的公开股份公司。它建立于1925年7月17日。七十五年以来公司一直以质量和可靠性为重点。公司在这一方面取得的成绩得到了四个国际有威望的奖励。公司的工作人员以独一无二的技能、高质量的工作、职业性技巧和责任心为特点。

乌法发动机制造生产公司几十年以来形成了人材潜力、建立了教学基础和培训工作人员的调整好的系统。目前培训工作人员的系统包括有新来工人的培训、已有的工作人员的技能提高；而开始生产新产品或引进新设备和工艺时，进行人员的进修。

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ПРИМЕНЕНИЯ КРИОГЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ



В аэрокосмической индустрии возникает необходимость поиска новых сырьевых ресурсов для создания экологически более чистых топлив, имеющих в то же время достаточно большой хладоресурс. Такими топливами могут стать углеводородные газы (метан, пропан, бутан и т.д.), получаемые из природного и нефтяного газов, и водород.

Эти газы сильно отличаются друг от друга по своим физическим свойствам, что существенным образом может влиять на конструкцию, энергетику и эксплуатацию ЛА. Как известно, чем ниже температура кипения и уже температурный диапазон жидкого состояния газа, тем большее количество проблем придется решать при проведении НИОКР и, следовательно, тем дороже будет обходиться практическое внедрение результатов.

Среди рассматриваемых газов наилучшими энергетическими характеристиками по массе и наибольшим хладоресурсом располагает водород. Однако он обладает особенностями, которые в настоящее время ограничивают его широкое применение в авиации. Этот газ, как известно, в чистом виде на Земле практически не встречается, и его употребление в качестве топлива требует значительных энергозатрат. Массового использования водорода в авиации следует, видимо, ожидать только при наличии большого избытка экологически чистой энергии, потребной для его производства.

Определенные сложности возникают и при разработке летательных аппаратов с двигателями, работающими на метане. Использование метанового топлива связано с решением тех же проблем, что и при использовании водородного топлива. Из этого следует, что в настоящее время перевод авиационной техники на криогенное водородное или метановое топливо представляет сложную научно-техническую и организационную проблему.

В настоящее время, в условиях ограниченных финансовых ресурсов, России необходимо выработать новую стратегию исследования проблем, возникающих при внедрении газо-топливной технологии в авиационную и авиационно-космическую технику, которая позволила бы максимально реализовать имеющийся научно-технический задел, а также соразмерить имеющиеся финансовые возможности и эффект, который может быть получен от внедрения достигнутых результатов.

В связи с этим представляется целесообразным проведение поэтапных исследований возможности внедрения в авиационную и авиакосмическую индустрию углеводородных газов и во-

дорода с постепенным снижением уровня осваиваемых температур кипения применяемого топлива.

На первом этапе предлагается сосредоточить усилия на разработке и внедрении в широкую эксплуатацию ЛА с двигателями, работающими на авиационном сконденсированном топливе (АСКТ), получаемом из нефтяного газа. АСКТ (ТУ 39-1547-91) представляет собой смесь высококипящих углеводородных газов: пропана, бутана, пентана, гексана и др.

Внедрение АСКТ в авиационную технику может пройти без больших затрат и проблем. Реальным подтверждением этому является разработка и летные испытания экспериментального вертолета Ми-8ТГ, проведенные в 1987 г. В настоящее время на Московском вертолетном заводе им. М.Л. Миля при участии ОАО "Интеравиагаз" создан и начал проходить испытания первый промышленный образец Ми-8ТГ с двигателями, работающими как на АСКТ, так и на авиационном керосине, а также на их смесях. В 1995 г. он демонстрировался в полете на Международном авиакосмическом салоне в Москве и привлек внимание отечественных и зарубежных специалистов.

Результаты исследований, проведенных в ЦИАМ, ЦАГИ, ГосНИИ ГА, НИПИ-газпереработки и конструкторских бюро им. С.В. Ильюшина и А.С. Яковлева показали возможность, и, главное, эффективность перевода на газ не только вертолетов, но и самолетов. Причем такую разновидность газового топлива, как АСКТ-Б (обеспропаненное АСКТ), можно заправлять непосредственно в крыльевые топливные баки самолетов местных авиалиний типа Ил-114, Як-40 и т.п. до температуры окружающей среды на земле не выше +5 °С (такие температуры в некоторых районах Сибири и Севера бывают до 10 месяцев в году).

На втором этапе объектом исследований по внедрению в авиационную и космическую технику газовых топлив будут криогенные углеводородные топлива с широким температурным диапазоном жидкого состояния (АСКТ-К). Основными компонентами таких топлив являются пропан и бутан, обладающие весьма благоприятными эксплуатационными характеристиками. Они входят в состав природного, нефтяного и нефтезаводских газов, из которых могут быть выделены в достаточно больших количествах. Удельная теплота сгорания АСКТ-К на 6...7 % выше, чем у авиационных керосинов.

Характеристики АСКТ-К особенно выгодно отличаются от соответствующих характеристик криогенного метанового топлива

Центральный институт авиационного моторостроения:
Николай Дубовкин,
Вячеслав Зайцев,
Владимир Скибин,
Леонид Яновский

Проблемы энергетики и экологии вызывают у мирового сообщества все большую тревогу в связи с ожидаемой стабилизацией и последующим снижением добычи нефти, а также с ростом загрязнения окружающей среды. Определенный вклад в усугубление этих проблем вносят авиация и космонавтика. Вместе с тем, развитие общества приводит к необходимости создания летательных аппаратов (ЛА) с большими сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями полета. При движении с такими скоростями аппарат подвергается значительному аэродинамическому разогреву, поэтому одной из ключевых проблем создания таких летательных аппаратов является охлаждение теплонапряженных элементов планера, двигателя и бортового оборудования, которая уже не может быть решена за счет хладоресурса жидких топлив типа керосина.

(КМТ). Температура кипения АСКТ-К при нормальном давлении не ниже -40 °С, температура замерзания - не выше, чем у КМТ, а температурный диапазон жидкого состояния близок к керосиновому: 145 ° (у метанового топлива 21 °). По объемной теплоте сгорания АСКТ-К превосходит метановое топливо в 1,5, по плотности - в 1,5...1,6, по хладоресурсу - в 1,3 раза. При этом значительная часть хладоресурса АСКТ-К, в отличие от метанового топлива, находится в жидкой фазе, что дает возможность создавать компактные системы охлаждения (кондиционирования).

Широкий температурный диапазон жидкого состояния значительно облегчает решение проблем транспортировки и хранения АСКТ-К в наземных условиях и использования его на борту ЛА. При небольшом избыточном давлении (0,6 МПа) оно остается жидким даже при положительных температурах. Опасность возникновения аварийной ситуации (например, при нарушении теплоизоляции) из-за перегрева АСКТ-К является маловероятной, в то время как для КМТ такая опасность реальна и чревата серьезными последствиями.

АСКТ-К позволяет производить доводку авиационной и космической техники, начиная с умеренно низких температур. По сравнению с КМТ для его размещения на борту ЛА требуется примерно в 1,5 раза меньший объем баков. По этому показателю АСКТ-К уступает авиационному керосину ТС-1 лишь на 4...8 %. Таким образом, массо-габаритные характеристики ЛА на АСКТ-К и на авиационном керосине ТС-1 практически одинаковы, а следовательно, близкими окажутся и летные характеристики ЛА. В отличие от КМТ пропан-бутановая топливная система ЛА будет мало отличаться от штатной.

По сравнению с авиационным керосином АСКТ-К обладает более высокой термостабильностью, менее агрессивно по отношению к конструкционным, резинотехническим и уплотнительным материалам, имеет более высокие экологические показатели.

АСКТ-К обладает еще одним преимуществом перед метановым топливом. Его запасы можно длительно и без потерь хранить при температуре окружающей среды, и охлаждать до криогенных температур только то количество топлива, которое необходимо

для заправки очередного ЛА. При такой технологии отпадает необходимость иметь в аэропорту большие криогенные емкости и мощные системы поддержания топлива в сжиженном состоянии. Это упрощает и удешевляет технологические операции с АСКТ-К.

Сырьевых ресурсов - нефтяного газа для производства АСКТ-К - по нашим данным вполне достаточно для уникальных сверхзвуковых и гиперзвуковых ЛА. Достаточно его будет и для космических ракет, потребности которых в топливе в ближайшие 20...30 лет вряд ли будут значительными. Кроме того, при очистке природного газа высвобождается сырье для производства АСКТ-К в количествах, достаточных и для перспективной авиации и космонавтики.

С позиции экономики внедрение АСКТ-К должно предшествовать внедрению метанового топлива. Затраты на создание и эксплуатацию авиакосмической техники, работающей на АСКТ-К, будут значительно ниже, чем на КМТ. В дальнейшем опыт, полученный при эксплуатации ЛА на АСКТ-К, позволит в сжатые сроки и с относительно малыми затратами перевести авиационно-космическую технику на криогенные метановое, а затем и водородное топливо (КВТ).

Таким образом, при ограниченных ресурсах и необходимости решать сложные проблемы, обусловленные особенностями газовых топлив, четко прослеживается логическая последовательность внедрения газовых топлив в аэрокосмическую технику в виде четырех этапов: АСКТ - АСКТ-К - КМТ - КВТ. Эта последовательность представляется технически и экономически целесообразной. Тем самым будет обеспечена возможность быстрого внедрения в промышленность результатов научных достижений, приобретенных на каждом этапе, и получение от этого дополнительных средств для проведения дальнейших исследований. Кроме того, это позволит при значительно меньших затратах изучить особенности и накопить опыт эксплуатации газо-топливных летательных аппаратов на более высоком температурном уровне, который можно затем использовать при создании авиационной техники на следующем, более низком температурном уровне, вплоть до применения жидкого водорода.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭТАПОВ ВНЕДРЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ТОПЛИВ В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКУЮ ТЕХНИКУ

Характеристика	Этап			
	I	II	III	IV
Топливо	АСКТ	АСКТ-К	КМТ	КВТ
Рабочие температуры, °С	+45...-90	-40...-180	-162...-180	-253...-259
Диапазон жидкого состояния, °С	135	145	21	6
Сравнительная с керосином цена тепловой единицы	0,5...0,6	0,6...0,8	1,2...1,6	10...15
Затраты на сооружение аэропорта (относительно традиционных)	1,3	2	~6	>100
Наличие конструкционных материалов	100 %	50 %	50 %	10 %
Наличие уплотнительных материалов	100 %	50 %	20 %	0 %
Наличие теплоизоляционных материалов	нет необходимости	50 %	50 %	10 %
Двигатели	Незначительная модернизация	Существенная модернизация	Новая разработка	
Топливные баки	Создан образец	Имеются прототипы	Новая разработка	
Топливная система	Малая доработка	Доработка	Новая разработка	
Система кондиционирования воздуха	Высокоэффективная		Требуются исследования	
Наземная инфраструктура	Имеется	Требуются исследования		
Заводы по производству топлива	Имеются	Дооборудование существующих	Заводов нет	
Основные задачи этапа	Приобретение опыта работы с газовыми топливами		Работа на криогенных топливах с узким температурным диапазоном жидкого состояния	

DIGEST

PROBLEMS AND PROSPECTS OF CRYOGENIC HYDROCARBON FUELS IN AEROSPACE ENGINEERING

The space industry feels a great demand for research works of new raw materials for development of ecology-friendly fuels, having, at the same time long-time cooling properties. The best energy characteristics are provided by hydrogen but its widespread use can be predicted only with large surplus of "clean" energy. The authors propose a step-by-step approach to introduction of cryogenic fuels (liquefied natural gas, methane or hydrogen fuels) with a successive decrease in temperature of their storage. This approach ensures a rapid application in the industry the results of scientific achievements being accumulated at each step and getting additional resources for further research works.

ХОЧЕШЬ ХОРОШО ЖИТЬ

ЗАВТРА,

РАБОТАЙ ХОРОШО

СЕГОДНЯ

Предприятие "Салют" хорошо известно не только в России. Его продукция нашла своих покупателей как на Востоке, так и на Западе. Родившись в 1912 г., тогда еще в виде небольшого сборочного завода, он первым в России освоил выпуск французского авиационного двигателя "Тном". Завод внес свою лепту в становление советской авиации и победу в Великой Отечественной войне. После ее окончания и по сегодняшний день предприятие (известное как завод № 45, а ныне ФНПЦ "ММПП "Салют") выпускает газотурбинные двигатели. На вопросы редакции журнала "Двигатель" о жизни завода ответил генеральный директор ФНПЦ "ММПП "Салют" Юрий Сергеевич Елисеев.

"Двигатель": Пожалуйста, расскажите кратко о главных событиях последних лет, настоящем и будущем ММПП "Салют".

Юрий Елисеев: Самый худший период своей жизни мы, в общем-то, пережили. Этот период относится где-то к 1995-1996 гг. Тогда был минимум по производству и минимум по численности работников - немногим более 4500 человек. Сейчас у нас 10 000 только на основной площадке, и набор персонала продолжается. Растет численность, соответственно растут объемы производства. Создано несколько филиалов, все они загружены и имеют нормальные темпы роста.

Наша продукция пользуется спросом, всю ее мы реализуем. Планируем в ближайшие три-четыре года численность практически удвоить. У нас создано конструкторское бюро (12 апреля ему исполнился год), там уже работают 400 очень грамотных конструкторов в области газотурбинных двигателей. Дело в том, что будущее "Салюта" - специализация именно в этой области. Если взять по приоритетам, то это "воздух" - самолетные, вертолетные и ракетные двигатели; далее идет стационарная техника - газоперекачивающие и энергетические установки и заводы по сжиганию мусора. Следующее направление - транспортные газотурбинные двигатели. Мы считаем, что в ближайшие 1,5-2 года нам удастся найти нишу в судовых газотурбинных установках мощностью до 25 МВт. Сегодня мы также занимаемся газотурбовозами - локомотивами для железных дорог, в которых в качестве двигателя используется газотурбинный двигатель. Доказано, что на больших пере-

гонах, что характерно для Сибири, Китая и других мест, наиболее экономичным является газотурбинный привод. Этим направлением мы занимаемся совместно с МГУ им. Баумана.

По всем названным направлениям уже есть наработки и можно сказать, что, в ближайшие годы - 2001-2002 гг. - мы будем иметь либо опытные, либо демонстрационные образцы.

"Д": В то время, когда многие еще пытаются выжить, вы продолжаете развиваться и строите планы. Благодаря чему?

Ю.Е.: Естественно, бесплатно ничего не получается. И мы совершенно четко понимали, что за годы перестройки потеряли очень много. И вот здесь большую роль сыграл энтузиазм людей, который зачастую недооценивается. Вполне естественно, что энтузиазм надо поддерживать финансовыми вливаниями. Деньги мы получали за реализованную продукцию, и кроме того есть банки в России, руководство которых беспокоится и заботится о ее будущем, а вместе с этим и о будущем своего бизнеса (период "купи - продай" уже проходит). К таким кредитным организациям, прежде всего, относится Сберегательный банк России, в частности, его московское отделение, которое предоставило нам достаточно большой кредит и на очень хороших условиях. Благодаря этому нам удалось в 1999 г. восстановить, обновить и расширить производство, улучшить технологическую базу, создать новые рабочие места. В этот же период нам удалось создать и конструкторское бюро.

"Д": Кроме Сбербанка какие-нибудь коммерческие банки поддерживали ваше предприятие?

Ю.Е.: Контакты осуществлялись со многими банками, но реально помощь мы получили от Внешэкономбанка, хорошие отношения с Внешторгбанком.

"Д": В 1998 г. в Думе проходили слушания "О состоянии и перспективах развития отечественного авиационного двигателестроения в интересах военной и гражданской авиации и отраслей топливно-энергетического комплекса" (журнал "Двигатель" в № 1 за 1999 г. подробно рассказывал об этом событии). Было на них и Ваше выступление. Изменились ли Ваши взгляды на ситуацию в авиадвигателестроении?

Ю.Е.: Совершенно не изменились. И даже упростились. Прежде всего, это касается создания различных совместных предприятий (СП) с иностранными компаниями. Как-то раз один из руководителей западной фирмы сказал мне, что мы первые руководители российского предприятия, которые при встрече не начинают с разговоров о создании СП. Дело в том, что мы считаем необходимым, прежде всего, чтобы инженеры - наши и зарубежные - научились говорить на одном языке. А этот период может растянуться и на год, и на два, и на три. Был мо-

В конструкторском бюро ФНПЦ "ММПП "Салют"



мент, когда мы получили из Швейцарии чертежи шестерен и две недели не могли в них разобраться. Теперь же нам достаточно максимум 24 часа на ответ - будем это делать или нет. И дело не в знании иностранного языка, а в умении общаться на одном инженерном языке. Но и знание языков, прежде всего английского, немецкого и французского, приветствуется. Это знание необходимо, так как мы довольно часто направляем наших специалистов в зарубежные поездки с различными целями. В том числе и мир посмотреть: это тоже стимул для служебного рвения.

Что же касается наших отношений с зарубежными партнерами, то мое мнение: кроме создания СП существует очень много других форм сотрудничества. В том числе и по контракту. Так, мы работаем с Pratt & Whitney Canada и делаем для канадцев детали двигателей. Работа интересна обеим сторонам. Для французских фирм SNECMA и TURBOMECA изготавливаем некоторые детали двигателей, для немецкой MTU и в США поставляем сложный режущий инструмент - протяжки - для изготовления пазов дисков компрессоров и турбин. При этом мы постепенно познаем друг друга, что очень важно, т.к. при этом расширяется атмосфера полного доверия. Раскрываются деловые качества партнеров. Я за то, чтобы делать, как говорят на Западе, "step by step" - шаг за шагом, а не бросаться с зажмуренными глазами в объятия западных партнеров. Тем более мы не должны считать себя ущемленными и быть на правах младших братьев. Мы признаем сотрудничество только на равных. Нам есть чему учиться, но и у нас есть много интересного. Мы продолжаем являться авиационной державой, и мы интересны для любого партнера.

"Д.": Чтобы на равных разговаривать с сильнейшими мировыми производителями авиационной техники на вашем предприятии должны работать высококвалифицированные сотрудники, и должны быть соответствующие требования к принимаемым на работу. Каковы они?

Ю.Е.: Главное - это желание поступающего работать. У нас особые требования к дисциплине. Мы и в объявлениях пишем: "Лица с вредными привычками просим не беспокоиться". Если человек выпил, то немедленное увольнение, и никаких предупреждений. И даже я, как директор, ничем помочь не могу, раз уж такое решение было принято всеми и закреплено Положением о заводе. Это решение оправдано, т.к. наши беды на 90 % от того, что человек в нетрезвом состоянии. Это специфика. А в остальном, на предприятии есть работа для людей с самыми разными наклонностями, способностями, уровнем знаний и т.д. У нас есть КБ, там нужны очень умные, трудолюбивые. Туда мы направляем выпускников МАТИ, МАИ, МГТУ. В основном медалистов, это в прямом смысле слова "золотой фонд". В кратчайшее время именно они станут лучшими специалистами.

"Д.": В связи с тем, что у вас на предприятии создан научно-технический центр, формируется и начинает работать конструкторское бюро, как будут складываться взаимоотношения с существующими КБ, НИИ и ВУЗами?

Ю.Е.: С моей точки зрения, создание собственного КБ несколько не мешает сотрудничеству с другими КБ, а наоборот, мы становимся достойными партнерами и будем в состоянии не только послушно следовать рекомендациям ведущих разработчиков двигателей, но и сможем поправить их при необходимости. И в целом для страны это выигрыш - мы будем не просто серийным заводом, выполняющим работы по чертежам любого КБ, а сможем и сами разрабатывать.

Когда говорят, что слишком много КБ, то поверьте, это надумано. Если посмотреть, какова мировая потребность в новой технике только в области газотурбостроения, то окажется, что в России этих КБ явно недостаточно, да и потенциал их низок. А если учесть, что средний возраст сотрудников КБ по отрасли в районе 60, то это говорит о разрыве поколений. Ученый или конструктор, которому уже за 70, просто

не успеет подготовить молодого специалиста, пусть тот будет даже гением. Прежде всего мы постарались собрать опытных, высококвалифицированных специалистов, всю жизнь создававших газотурбинные двигатели. Находили мы их в различных КБ и на предприятиях, во всевозможных фирмах, где они по 5-6 лет работали не по специальности, в том числе и грузчиками в гастрономе. Теперь они могут передавать свой опыт и свои знания молодым специалистам. Средний возраст сотрудников нашего КБ - 40 лет, и разрыва поколений не произойдет. Через два-три года всем будет понятно, что шаг был сделан в правильном направлении. Удалось совершить большое дело: не утеряны знания и опыт, накопленные не одним поколением.

"Д.": Традиционно ваше предприятие самостоятельно выпускало двигатели, преимущественно для истребительной авиации. Теперь будете выпускать их в кооперации с другими предприятиями. Чем это вызвано?

Ю.Е.: У нас есть твердая уверенность, что новейший двигатель, особенно пятого и последующих поколений, может быть создан в России только благодаря тесной работе нескольких, повторяю, нескольких КБ и нескольких предприятий. На мой взгляд, на сегодняшний день многие наши всемирно известные КБ обескровлены. По этой причине, а также из-за дефицита времени и будет необходима тесная, тщательно спланированная кооперация.

Завод "Салют" традиционно выпускал двигатели для истребителей, начинал еще с МиГ-15 и МиГ-17. Затем для Су-24 и МиГ-25. Теперь АЛ-31Ф для самолетов семейства Су-27. Этот двигатель является хорошей базой для дальнейшего развития предприятия, но из-за нестабильной экономической ситуации в стране, а также из-за нестабильной политической обстановки в мире (в любой момент по каким-либо причинам может быть прекращена поставка военной техники в какую-нибудь страну) надеяться на производство двигателей только для военных самолетов нельзя. Мы должны, не теряя времени, сделать завод разноплановым. Нам необходимо осваивать кроме "воздуха" также "землю", "воду", транспорт и т.д. В этом направлении многое уже сделано: совместно с Уфимским моторостроительным производственным объединением и украинским предприятием "Мотор-Сич" мы изготавливаем Д-436 для Бе-200, Ту-334 и Ту-134. Модернизация Ту-134 путем установки Д-436 позволит увеличить его дальность полета вдвое. Это будет прекрасная машина. Будет Д-436 и на Як-42.

Что касается сотрудничества с другими КБ, то у нас с ними прекрасные отношения: с заводом им. В.Я. Климova мы совместно создаем вертолетный двигатель, с КБ "Союз" - малоразмерный двигатель. С Pratt & Whitney RUS - вертолетный двигатель мощностью 450...600 л.с. Традиционно хорошие отношения у нас с ОАО

Обсуждение договора с делегацией Pratt & Whitney Canada



"А. Люлька-Сатурн", с которым мы совместно участвуем как в модернизации двигателей (например, АЛ-31Ф), так и в создании новых (АЛ-55). Совместно с запорожским КБ "Прогресс" мы осваиваем, кроме уже упомянутого Д-436, еще и двигатель Д-27 для транспортного самолета Ан-70. Ярким примером сотрудничества и кооперации можно считать совместную работу по созданию АЛ-41Ф. Головным разработчиком этого двигателя является ОАО "А. Люлька-Сатурн", серийным заводом определены "Рыбинские моторы", но я думаю, что работы там хватит всем, и заводам, и КБ, и при проектировании, и в производстве.

В рамках кооперации по двигателю Д-436 за нами закреплена горячая часть: камера сгорания, турбина и дальше. По Д-27 - достаточно сложный редуктор и другие агрегаты. АЛ-41Ф - это двигатель пятого поколения, его производство потребует применения новых технологий. Сказать сейчас, кто и какую часть АЛ-41Ф будет делать - невозможно. Необходимо создать независимую экспертную комиссию из представителей ведущих институтов, таких как ВИАМ, ЦИАМ, НИИД, представителей заказчика. Они должны провести анализ технического состояния предприятий, вошедших в кооперацию по производству этого двигателя, и определить степень участия каждого. Это двигатель следующего поколения, и надо объективно посмотреть на готовность предприятий к освоению новых технологий. Конечно, сделать можно все, но учитывая скудность финансирования и стремление к минимизации затрат надо поручать изготовление деталей двигателя тому, у кого освоена соответствующая технология.

Авиация не может развиваться по какому-либо одному направлению: только двигателестроение, либо только самолетостроение. Необходимо развивать всю инфраструктуру одновременно. Вспомните, когда-то для развития авиации одновременно с организацией ведущих институтов (ЦАГИ, ЦИАМ) и КБ (Туполева, Поликарпова) создавались аэроклубы, писались патриотические песни об авиации. Этого как раз сейчас и не хватает, с экранов телевизоров пичкают нас всякой ерундой. Накапливаются, с государственной точки зрения, моральные потери. И если сейчас это не так заметно, т.к. еще живо то поколение, которое помнит и знает, как создается авиация, то через некоторое время эти потери станут ощутимы. Пока не поздно надо вернуть радио, телевидение и прессу лицом к авиации.

Что касается технической стороны, то еще раз повторю: сегодня ни один завод не может быстро в одиночку построить двигатель, тем более современный, пятого или шестого поколения. Для этого необходимо привлекать ЦИАМ, ЦАГИ, ВИАМ. Нам нужны институты, занимающиеся проблемами керамики, композитов,

топлива и многим другим. Это огромнейшая сфера, значительную часть проблематики которой решают институты, в первую очередь МАТИ, ИГТУ, МАИ, МАМИ. Кстати, в МАМИ только что создана кафедра газотурбинных двигателей.

Наш завод сегодня имеет потребность почти во всех специальностях, по которым осуществляется подготовка в ВУЗах Москвы. Дело в том, что на предприятии есть и банк, есть и социальная сфера: фабрика-кухня, дом культуры, в котором мы учим петь и танцевать. И везде нам нужны специалисты. На заводе создан Центр подготовки кадров, часть которого является отделением МАТИ им. К.Э. Циолковского. В прошлом году мы приняли на вечернее и дневное отделения института 72 человека, в этом году планировали 100, но поступило 500 заявлений, и мы приняли 150.

Конечно, мы не можем работать и без научно-исследовательских институтов. В первую очередь это относится к ЦИАМу, которому, при всей скудности средств, мы заказываем работы с прицелом на будущее. Сейчас вместе с ним создаем новый компрессор. С ВИАМом мы создали установку для монокристаллического литья лопаток с длиной пера до 400 мм.

Очень хорошие отношения с институтами Академии наук РФ, например, с Институтом физико-химических проблем керамических материалов, где ведутся работы по множеству интереснейших направлений. Некоторые задачи, над которыми мы бьемся, там уже решены. Я уверен, что многие российские НИИ имеют столь высокий потенциал, и сегодня наша беда заключается в том, что мы хорошо знаем, что делается за границей, у Pratt & Whitney, SNECMA и т.д., но совершенно не представляем, что делается у соседей.

Если использовать только наработки, которые есть у предприятий московского региона, то двигатель нового поколения можно будет сделать за гораздо меньшие деньги, чем мы сегодня себе это представляем. И за гораздо меньшие, чем потребуются американцам на такую же работу. Надо только знать, где и что делается.

"Д": Кстати, одной из целей журнала "Двигатель" как раз и является обеспечение информацией всех предприятий и организаций, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией двигателей.

Ю.Е.: А ведь мы плохо знаем, что делается в других отраслях промышленности. Мы будем расширять круг наших партнеров, и прежде всего внутри России.

"Д": Этому служат организуемые в России выставки. Что полезного дала прошедшая в апреле этого года выставка "Двигатели-2000"?

Ю.Е.: Безусловно, это полезная выставка. На таких выставках мы узнаем, кто чем занимается и на каком уровне находится. Отрадно было убедиться, что не все умерло. Хотя многим очень хотелось бы и нас разогнать вместе с ВПК. Оказалось, что мы живучие - настолько хорошо были в свое время скроены.

На выставке мы нашли много партнеров, с которыми будем разрабатывать новые технологии и осуществлять поиск решений сложнейших задач, возникающих при создании двигателя следующих поколений и модернизации существующих. Так, мы подписали контракт на создание вертолетного двигателя совместно с Санкт-Петербургским ГУП "Завод им. В.Я. Климova".

С предприятием САВМА (Кимры) разрабатываем новую технологию по изотермической раскатке дисков компрессоров, и вместе с ними создаем технологическую линию. Это будет совершенно новый уровень использования материалов, в частности, дисков турбин, дисков компрессоров. И именно на выставке состоялся наш первый разговор на эту тему. В следующем году действующая линия должна быть готова. А затем приступим к созданию линии по изотермической раскатке валов. Этим будет сделан большой вклад, по крайней мере, в удешевление производства двигателей.

Экспозиция ФНПЦ "ММП "Салют" на выставке "Двигатели-2000"



"Д": Ваши двигатели продаются в основном в Китай и Индию. Что можно сказать о продвижении продукции на Запад, и есть ли в этом необходимость?

Ю.Е.: Необходимость проникновения на западный рынок объективно существует, ведь наши производственные мощности загружены далеко не полностью. Пока мы используем потенциал "Салюта" на 50 %. Нам, конечно, интересен не только восточный рынок, но и западный. Это позволит нам чувствовать, где находятся они и где находимся мы. Нам есть чем делиться с западными партнерами, мы взаимно заинтересованы. Так, мы поставили на Запад мультипликатор, повышающий обороты с 2 тыс. до 42 тыс. с двумя планетарными редукторами. Он будет встраиваться в систему кондиционирования самолета Boeing 777 и использоваться во время стоянки. Такой же мультипликатор мы поставили в Австрию. Мы ежегодно экспортируем 3...4 тыс. шестерен. Самая большая партия - 20 единиц. Вес шестерен колеблется от 25 г до 82 кг. Иногда заказывают одну-две. Основной заказчик - швейцарская фирма "Кислинг".

C Pratt & Whitney Canada мы занимаемся "привязкой" двигателя PW-127 к российскому вертолету. С французскими SNECMA и TURBOMECA прошли важный этап узнавания друг друга. С последней фирмой мы приступили к совместной работе по созданию малоразмерного двигателя. В следующем году, я уверен, мы поставим первые детали.

Продать военный двигатель на Запад пока не удастся, подчеркну - "пока". Что касается гражданского, то придется подождать выхода самолета Ту-334 на наши российские линии. Только после этого, возможно, появится интерес к этой машине и на Западе. Это же касается и Бе-200. Будь эта машина в МЧС, в этом году не сгорели бы наши леса, а закупи его Греция - и у них не было бы таких пожаров.

"Д": Итак, между создателями отечественных газотурбинных двигателей существуют деловые связи. Каково Ваше мнение о возможности взаимодействия между двигателестроителями разных отраслей: авиационной, автомобильной, судовой и других?

Ю.Е.: Конечно, что-то можно сделать. Вот мы сделали монокристаллическую лопатку для стационарной газотурбинной установки энергетической мощностью 65 МВт. Она сделана по всем законам авиационной техники, а для стационарной техники это шаг вперед. У нас есть покрытия, которые могут быть использованы при создании двигателей для автомобильной и иной техники. Обязательно должен быть обмен информацией, но нельзя заблуждаться и считать, что если, к примеру, в ракетостроении есть какие-то достижения, то они сразу же позволяют сделать современный двигатель. Ошибкой была передача в авиационную отрасль легкого машиностроения. После нашего знакомства с людьми, проектировавшими оборудование для этой отрасли, мы поняли, что там своя специфика, свои подходы. Люди там были грамотные, а мы не многим смогли им помочь. Если бы им дали достаточно средств, то они сами справились бы со своими проблемами.

Надеяться, что из танкостроительного завода (а танки наши хорошие) можно мановением волшебной палочки получить завод по производству народного автомобиля, не приходится. Нет, конечно, технических проблем нет, требуется только время и деньги. Если проблема сложная - надо много денег, если проблема очень сложная - надо очень много денег. Задаром ничего не получается. Авиация, особенно современная - очень дорогое удовольствие.

Мы давно уже не вкладывали в авиацию достаточно средств. В результате и нового ничего нет, все постепенно приходит в упадок. Мы уже находимся не в критическом, а в закритическом состоянии. Только начнем делать что-то новое, как тут же обнаружится, что необходимо новое оборудование, новые технологии. Сразу это не осилить. Техническое совершенствование предприятия необходимо производить постоянно, без рывков.

"Д": Ваше предприятие не только выжило, но и имеет хорошие перспективы на будущее. Кто, по Вашему мнению, сделал наибольший вклад в процветание "Салюта"?

Ю.Е.: Назвать можно многих. В первую очередь, я бы отметил главного конструктора Э.И. Гольдинского. Ему уже далеко за 60, но когда я предложил ему создать КБ, он не побоялся взяться за это поручение. Дело в том, что почти никто, за исключением двух-трех человек, не верил в успех. Потребовалось много и физических, и моральных сил для преодоления трудностей. Скептики говорили, что для создания КБ требуется лет десять, а то и двадцать. Пришлось объяснять, что такие сроки присущи периоду мирной жизни. Сейчас же ситуация хуже, чем на войне. Нас без боя берут. Поэтому специалисты нашего КБ работают по 12 ч в сутки. Они вкладывают свои знания и опыт в новое дело, получают при этом не только удовольствие от любимой работы, но и относительно приличную зарплату. Кроме того, наши конструкторы работают не на корзину, их работа завершается изготовлением и испытанием конструкций.

"Д": Моральное удовлетворение от успехов своего предприятия - это хорошо, но каково материальное вознаграждение, в том числе и зарплата?

Ю.Е.: Средняя зарплата на предприятии - около 200 долларов. Но это средняя. Конструкторы, а также высококвалифицированные работники получают гораздо больше: 500, 600, а иногда и 1000 долларов. Все зависит от знания, умения и конкретных дел.

Стараемся помогать своим работникам. Делаем в столовой обеды подешевле. Нашим сотрудникам и их детям предоставляем возможность летнего отдыха: только в Анапе отдыхает 1500 детей и 250 семей, а в Подмосковье - 2000 ребят. Содержим стадион "Крылья Советов", где в различных секциях наши сотрудники бесплатно занимаются спортом. В доме культуры "Чайка" работают 26 кружков, секций и групп.

Больной для всех вопрос - жилье. Мы понимаем, что на сегодняшнюю зарплату купить квартиру невозможно, поэтому у нас есть банк, который выдает ссуду и кредиты (только в прошлом году было выделено свыше 2 млн долларов) на срок до 10 лет. Благодаря этому наши работники улучшают жилищные условия. В этом году мы приступаем к строительству первого из трех жилых домов улучшенной планировки. Но бесплатно выдавать квартиры мы не можем: деньги вложены общие. Будем продавать квартиры по минимальной стоимости. А лучшим работникам, преданным заводу, будем предоставлять кредит. Продав старую, ветеран сможет приобрести новую квартиру в этом доме.

Одним словом, мы живем по принципу: хочешь хорошо жить завтра - работай хорошо сегодня.

Новое оборудование в цехе завода



ВКЛАД МГТУ В РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

МГТУ им. Н.Э. Баумана:

Владимир Зарубин, заведующий кафедрой ФН-2

Николай Иващенко, заведующий кафедрой Э-2

Михаил Осипов, заведующий кафедрой Э-3

Предпосылкой для активного участия ученых, преподавателей и выпускников в прошлом училища, а ныне университета в создании отечественных двигателей различных классов явилось существование в ВУЗе всемирно признанных школ тепловых и гидравлических машин, прочности, материаловедения, технологии и ряда других, формирование которых проходило на всем протяжении 170-летней истории МВТУ-МГТУ.

Основание научной школы "Двигатели внутреннего сгорания" в МВТУ связано с именем выдающегося теплотехника профессора В.И. Гриневецкого. По его инициативе в 1906-1907 учебном году в Механической лаборатории Императорского Московского технического училища (ИМТУ, ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана) были начаты систематические экспериментальные и теоретические исследования двигателей внутреннего сгорания (ДВС). К проведению исследовательских и учебных работ В.И. Гриневецкий привлек молодых ученых - воспитанников ИМТУ Е.К. Мазинга и Н.Р. Брилинга, положив тем самым начало созданию Московской школы двигателистов.

Е.К. Мазинг руководил испытаниями промышленных установок и возглавил исследования газовых двигателей и генераторов. Н.Р. Брилинг в организованной им автомобильной лаборатории начал первые отечественные исследования автомобильных карбюраторных двигателей, а в дальнейшем развернул работы и в области авиационных двигателей. Учениками Н.Р. Брилинга являлись ставшие впоследствии академиками и главными конструкторами авиационных двигателей В.Я. Климов, А.А. Микулин, Б.С. Стечкин, Е.А. Чудаков, А.Д. Швецов, В.А. Добрынин.

В 1934-1935 гг. в МВТУ по заданию Горьковского автозавода был разработан проект одного из первых отечественных автомобильных дизелей. Важным достижением МВТУ стала разработка в 1943-1944 гг. по заданию Главного бронетанкового управления Красной Армии рабочего проекта танкового двухтактного дизеля с клапанно-щелевой продувкой мощностью 1250 л.с.

За 90 лет существования научной школы по двигателям внутреннего сгорания в МГТУ подготовлено более 25 докторов технических наук, свыше 200 кандидатов технических наук и более 2000 высококвалифицированных инженеров, изданы уникальные многотомные учебники по двигателям внутреннего сгорания, выдержавшие несколько изданий, написаны 26 монографий и сборников научных трудов. Среди воспитанников школы восемь лауреатов Государственных премий, десять Заслуженных деятелей науки и техники РСФСР, шесть академиков и членов-корреспондентов Российской академии наук.

Большая заслуга в создании научной школы газотурбостроения принадлежит выпускнику МВТУ Владимиру Васильевичу Уварову (1899-1977 гг.), ученику Н.Е. Жуковского. Этот выдающийся ученый, инженер и конструктор, инициатор развития нового направления в энергетике - газотурбинных двигателей и установок, сформировал специальность "газотурбостроение" еще до возникновения соответствующих объектов в промышленности.

Во Всесоюзном теплотехническом институте (ВТИ) под руководством Уварова была создана лаборатория "Газовых турбин", где началась разработка высотного турбовинтового двигателя. В 1936 г. впервые в мире проводились испытания высокотемпературной газотурбинной установки ГТУ-1 с отбором мощности. Выполненная по двухвальном схеме установка отличалась обилием оригинальных решений. Испытания ГТУ-1 проводились учениками и помощниками Уварова: М.И. Востриковым, Б.А. Уваровым, В.Х. Абианцем, П.К. Казанджаном, впоследствии ставшими известными конструкторами и учеными. В 1940 г. вся группа была переведена в ЦИАМ, где под руководством Уварова развернули отдел, получивший задание на проектирование опытного высокотемпературного ТВД мощностью 1000 л.с. Ведущими конструкторами основных элементов двигателя являлись выпускники МВТУ О.И. Голубева, С.М. Шляхтенко, В.Е. Михальцев. В 1946 г. опытный завод ЦИАМа закончил изготовление ТВД. Одновременно с его испытаниями коллективу Уварова была поставлена задача по созданию ТВД мощностью 3000 л.с. Испытаниями этого двигателя руководил выпускник МВТУ А.Г. Романов (статью Романова о первых двигателях В.В. Уварова см. в № 5 - 1999 журнала "Двигатель"). Результаты испытаний позволили Уварову поставить задачи по углублению фундаментальных исследований в публикации "Профилирование длинных лопаток паровых и газовых турбин", нашедшей впоследствии широкое признание среди двигателистроителей.

Учитывая важность создания реактивных и турбореактивных двигателей, в 1948 г. в МВТУ под руководством Уварова была создана кафедра реактивных двигателей (РД), а в 1949 г. - кафедра "Газотурбостроение".

В 50-х годах преподавателями и научными сотрудниками кафедры под руководством Уварова были проведены параметрические, расчетные и конструкторские работы по созданию локомотивного ГТД. Совместно с Коломенским заводом под руководством главного конструктора Л.С. Лебединского были изготовлены несколько газотурбовозов, которые более 10



Доктор технических наук профессор В.В. Уваров (второй слева), главный конструктор Л.С. Лебединский (пятый слева) с руководителями завода и города Коломна у газотурбинной установки первого советского газотурбовоза (1957)

лет успешно эксплуатировались на железных дорогах страны. В конце 60-х годов под руководством Уварова разрабатывалась оригинальная схема высокоэкономичного двухконтурного турбовентиляторного двигателя с большой степенью двухконтурности. В начале 70-х годов по заказу промышленности под руководством Уварова создавалась первая в мире ГТУ, работающая по замкнутому циклу, для космической станции, изготавливались экспериментальный и опытный образцы. На кафедре активно исследовались процессы микрофакельного сжигания, оригинальные системы охлаждения, новые схемы ГТД и ГТУ с ядерными реакторами.



Выпускники факультета "Фундаментальные науки" МГТУ им. Н.Е. Баумана, закончившие обучение в 2000 г. с отличием, среди преподавателей и руководителей факультета

В 1980 г. кафедру возглавил выдающийся ученый, академик РАН А.И. Леонтьев, под руководством которого выполнялись важнейшие фундаментальные и прикладные исследования процессов теплообмена в двигателях различного назначения, систем охлаждения поршневых, ракетных и газотурбинных двигателей. На основе полученных результатов было разработано большое количество научных трудов и учебников, создавших основу для выполнения расчетов, проектирования, моделирования процессов и создания газотурбинных и комбинированных установок различного назначения. За годы работы кафедра подготовила более 2000 инженеров, 150 кандидатов и докторов наук. Выпускники кафедры успешно трудятся в авиационном, транспортном и энергетическом газотурбостроении, атомной индустрии, ракетно-космической промышленности, на предприятиях "Газпрома" и в других отраслях.

Научно-педагогические школы МВТУ внесли существенный вклад в становление одной из наиболее стремительно развивавшихся в уходящем веке отраслей техники - ракетного двигателестроения. Уже первые работы МВТУ в области ракетных двигателей опирались на фундаментальные исследования с широким использованием достижений естественнонаучных дисциплин математики, механики, физики и химии. Возможность применения таких двигателей на летательных аппаратах была рассмотрена еще Н.Е. Жуковским в его выступлении в 1881 г. на заседании Политехнического общества при ИМТУ.

В 1948 г. в МВТУ был создан факультет ракетной техники, который приступил к подготовке инженеров для отечественной ракетной промышленности и в том числе специалистов в области ракетного двигателестроения. В 1962 г. на кафедре ДВС была организована подготовка по новой специальности "Электрореактивные двигатели", а затем, в 1963 г., создана новая кафедра по этой тематике.

Для ускорения обеспечения кадрами быстро развивающейся отрасли на базе факультета ракетной техники были организованы Высшие инженерные курсы для подготовки инженеров. На этих

курсах преподавали такие выдающиеся конструкторы и ученые, как С.П. Королев, В.П. Глушко и другие. В дальнейшем преподавателями МВТУ Л.И. Балабухой, А.М. Виницким, М.В. Добровольским, В.М. Кудрявцевым, Г.Ю. Мазингом, Б.В. Орловым, Г.Б. Сняревым, В.И. Феодосьевым и рядом других были написаны первые в стране учебники по ракетной технике и ракетным двигателям.

Научно-педагогические школы МВТУ внесли весомый вклад в становление и внедрение технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента в ракетно-космическую технику. Так, на кафедре В.И. Феодосьева в 60-е годы сформировались направления по моделированию динамики, прочности, устойчивости, термпрочности конструкций ракетно-космической техники и ракетных двигателей. В.И. Феодосьевым была разработана первая в стране систематическая методика расчета на прочность ракетных двигателей на жидком и твердом топливах. К.С. Колесниковым (ныне академиком РАН) проводились исследования устойчивости полета ракеты с учетом динамических характеристик камеры сгорания и системы подачи топлива ЖРД. Научные труды профессора Н.А. Алфутова послужили основой для большого цикла работ по математическому моделированию и экспериментальному исследованию механики композиционных материалов, а также по расчету на прочность выполненных из таких материалов корпусов ракетных двигателей на твердом топливе.

Приведенные примеры касаются лишь сравнительно небольшой части коллектива МВТУ, принимавшего непосредственное участие в разработке, создании и совершенствовании отечественных двигателей для различных объектов техники, но они характерны для многих кафедр и научных подразделений нашего ВУЗа. Подводя некоторые итоги работы в этом направлении в связи со 170-летием университета, коллектив МГТУ им. Н.Э. Баумана надеется, что его опыт и квалификация смогут пригодиться отечественному двигателестроению, а наши выпускники и в грядущем тысячелетии продолжат дело своих учителей.

DIGEST

THE CONTRIBUTION OF MOSCOW STATE TECHNICAL UNIVERSITY IN AIRCRAFT ENGINE DEVELOPMENTS

This year the oldest Russian technical high school - the Bauman Moscow State Technical University (the former Moscow High Technical School or The Imperial High Technical School in the distant past) - celebrates its 170-year anniversary. Many years the sub-faculties of the university were headed by such coryphaei in Russian engine-building as V.I. Grinevestkiy, N.R. Briling, V.V. Uvarov, etc.

More than 25 doctors, 200 holders of the 1st higher degree in science (or kandidats of science), and 2000 highly skilled engineers were graduated from and trained at the department of internal combustion engines of the university within the last 90 years. Among those who graduated from the university are 8 State Prize Winners, 10 Honored Scientists of RF, 6 academicians and corresponding members of Russian Academy of Science.

СЕРДЦЕ ИСТРЕБИТЕЛЯ

Александр Николаев

(Продолжение. Начало в №№ 3-6 - 1999 и в № 1 - 2000).

Через тернии - к "звездам"

Если в конце тридцатых годов почти все молодые советские авиаконструкторы, создававшие истребители, ориентировались только на моторы жидкостного охлаждения, то в 1941 г. их негативное отношение к двигателям воздушного охлаждения было существенно поколеблено. Перемена во взглядах произошла в связи с появлением М-82 - 14-цилиндровой двухрядной "звезды", сконструированной под руководством одного из наиболее опытных отечественных моторостроителей Аркадия Дмитриевича Швецова. В отличие от предшественников, М-82 имел укороченный до 155 мм ход поршня, что позволило существенно уменьшить наружный диаметр мотора - до 1260 мм вместо 1375 мм. Двигатель отличался довольно напряженными удельными параметрами: взлетной мощностью 41,3 л.с./л и средним эффективным давлением 15,5 кгс/см². Его мощность на взлете составляла 1700 л.с., оставляя далеко позади любой из серийных отечественных моторов, в том числе и специально разработанный для штурмовика маловысотный АМ-38.

Однако мотор М-82 был запущен в серию лишь незадолго до нападения Германии, страдал множеством "детских болезней" и требовал кропотливой доводки. Мало кто из авиаконструкторов, уже хлебнувших лиха при устранении дефектов винтомоторных установок на базе М-105 или АМ-35А, горел желанием вновь окунуться в омут головоломных проблем. Только многоопытный Н.Н. Поликарпов, по-прежнему убежденный в достоинствах "звезд", спроектировал свой новый истребитель И-185 под опытный 18-цилиндровый мотор М-71 (Nвзл = 2000 л.с.) и серийный, но менее мощный М-82. Тут вмешался наркомат авиационной промышленности, в мае 1941 г. настойчиво "порекомендовавший" всем авиационным ОКБ проработать варианты боевых машин, в том числе и истребителей, с "восемьдесят вторым" мотором.

В числе наиболее "законопослушных" конструкторов оказался заместитель наркома А.С. Яковлев, уже в августе 1941 г. отдавший

распоряжение о создании истребителя Як-7 М-82А. Правда, как отмечал А.Т. Степанец, бывший ведущий инженер НИИ ВВС по истребителям Яковлева, работа эта "носила чисто экспериментальный характер". Ранней осенью 1941 г. яковлевские "ястребки" заслуженно считались лучшими истребителями в ВВС РККА. И все же проанализировать возможности своей машины с новым перспективным мотором Александр Сергеевич счел полезным. Помимо двигателя, на Як-7 М-82А изменили состав вооружения (установили две пушки ШВАК в крыле плюс синхронный пулемет УБС в фюзеляже), ввели дополнительные бензобаки (более мощный мотор был и более "прожорливым"), выполнили другие переделки. Из-за переезда яковлевского ОКБ-115 в Новосибирск работа затянулась. Лишь в конце января 1942 г. экспериментальный истребитель, пилотируемый П.Я. Федоров, смог впервые подняться в воздух.

По расчетам самолет должен был иметь максимальную скорость 615 км/ч на высоте 6400 м, практический потолок 10 000 м и время набора высоты 5000 м - 5,61 мин. На деле результаты испытаний оказались куда менее впечатляющими. Во-первых, из-за низкой надежности пришлось трижды заменять двигатель. Во-вторых, на второй скорости нагнетателя добиться нормальной работы М-82А не удалось вообще, поэтому максимальную скорость 571 км/ч удалось зафиксировать только на первой границе высоты 2860 м. Примерно такую же скорость развивал обычный серийный Як-7, но его штатный мотор М-105П обладал куда более высокой надежностью. В-третьих, оказалось невозможным установить винт требуемого диаметра (3,2 м), поскольку основные стойки шасси были слишком короткими. Словом, доводка машины требовала стольких усилий и переделок, что Яковлев предпочел махнуть на нее рукой.

По-иному складывались дела в конструкторских коллективах, создавших МиГ и ЛаГГ. Поздней осенью 1941 г. А.И. Микоян узнал, что в новом году серийное производство его истребителя будет свернуто: во-первых, по причине неудовлетворительных летных качеств МиГа, не способного на равных сражаться с "мессерами", а, во-вторых, чтобы переключить все мощности завода № 24 на производство двигателя АМ-38 для штурмовика Ил-2. Последний, по мнению И.В. Сталина, был нужен Красной Армии "как воздух, как хлеб".

Микояновское ОКБ срочно приступило к разработке истребителя И-210 с мотором М-82А. За основу, естественно, взяли МиГ-3, переделав переднюю часть фюзеляжа, ставшую заметно шире, изменив конструкцию фонаря и по-новому расположив маслорадиатор. Вооружение машины состояло из трех синхронных пулеметов УБС, установленных в фюзеляже. В ноябре-декабре 1941 г. были построены пять экземпляров И-210, первый из них в декабре "попробовал воздух". Едва набрав скорость, летчик В.Е. Голофастов столкнулся с тряской хвостового оперения. Из-за плохой герметизации мотоотсека аэродинамическое сопротивление самолета оказалось куда больше расчетного. На высоте 6150 м истребитель развивал максимальную скорость 565 км/ч, уступая Vf 109F-4 на 30...35 км/ч, а серийному МиГ-3 - почти на 80 км/ч. Кроме того, неблагоприятно обстояло дело и с маневренностью, как с горизонтальной, так и с вертикальной (время набора высоты 5000 м - 6,7 мин). Таким обра-



Советские конструкторы авиационных двигателей В.Я. Климов (слева) и А.Д. Швецов



Истребитель Ла-5Ф с двигателем М-82Ф

зом, применение мощного мотора не обеспечило повышения летных качеств истребителя. Но, в отличие от Яковлева, Микоян был фактически "приперт к стенке" обстоятельствами, что заставило его продолжить доводку машины.

После многомесячных испытаний одного из И-210 в аэродинамической трубе стали ясны направления совершенствования его аэродинамики. Тем временем мотористы Швецова тоже не стояли на месте и разработали форсированный вариант мотора - М-82Ф взлетной мощностью 1850 л.с. В декабре 1942 г. микояновцы приступили к проектированию значительно улучшенного истребителя И-211, но только в августе 1943 г. самолет был готов, и Голофастов поднял машину в воздух. На этот раз результат получился что надо. Максимальная скорость И-211 на второй границе высотности составила 670 км/ч, высоту 5000 м он набирал всего за 4 мин. Однако время было безвозвратно упущено: в серийном производстве уже находился Ла-5Ф.

Как известно, судьба развела создателей ЛаГГ-3 вскоре после начала его серийного производства, но все трое независимо друг от друга пришли к мысли о целесообразности замены М-105П более мощным мотором. М.И. Гудков первым предложил установить М-82 на планер ЛаГГа еще в марте 1941 г., однако затем увлекся разработкой варианта ЛаГГ-3 с 37-мм пушкой. Только после нападения Германии на Советский Союз он вернулся к своей идее, и уже в сентябре новый истребитель, получивший наименование Гу-82, поднялся в воздух. Компоновка винтомоторной установки на самолете была заимствована от легкого бомбардировщика Су-2, в одном из вариантов оснащавшегося М-82. Гу-82 неплохо летал, но вскоре Гудкову и его ОКБ пришлось эвакуироваться в Новосибирск. Наркомат авиапромышленности, ознакомившись с первым результатами испытаний, стал готовить постановление о начале серийного производства Гу-82. Явно преждевременному решению воспротивилось руководство горьковского завода № 21, не заинтересованного в ломке налаженной серии ЛаГГ-3. Во второй половине 1941 г. именно ЛаГГаами укомплектовывалось большинство новых и переформированных истребительных авиаполков (42 авиаполка, в то время как МиГами - 37, а Яками - всего 19). Постепенно вопрос о серийном производстве Гу-82 "замотали", тем более что и сам Гудков не проявил необходимой настойчивости.

Истребитель ЛаГ-5 с мотором М-82, созданный В. Горбуновым на тбилисском заводе № 31, также не стал серийным. Реальный успех выпал на долю С.М. Лавочкина, хотя путь к нему оказался чрезвычайно трудным. В феврале 1942 г. заместитель наркома А.С. Яковлев сумел убедить руководство страны в целесообразности прекращения серийного производства ЛаГГ-3 на горьковском заводе и развертывания постройки Як-7 на освободившихся мощностях. Но Семен Михайлович не опустил руки: с немногими оставшимися сотрудниками в том же феврале он сумел закончить изготовление опытного ЛаГГ-3 М-82. Не располагая временем для существенных переделок, лавочкинцы просто заменили мотораму но-

вой, на которой смонтировали взамен М-105П куда более "лобастый" М-82. Для плавного сопряжения с обводами капота мотора по бокам фюзеляжа надставили вторую обшивку.

Первые же полеты показали, что установка М-82 пошла на пользу: истребитель прибавил в скорости у земли на целых 10 % по сравнению с серийным ЛаГГом. Об успехе немедленно сообщили А.Д. Швецову, а тот - секретарю Молотовского обкома ВКП(б) Н. Гусарову (моторы М-82 строились на заводе № 19 в Молотове - так тогда называлась Пермь). Последний, как и секретарь Горьковского обкома М. Родионов, немедленно доложил о новом истребителе И.В. Сталину. Практически одновременно к председателю ГКО попал доклад летчика-инженера А. Никашина, летавшего на ЛаГГ-3 М-82 и высоко его оценившего.

В конце апреля 1942 г. срочно созданная госкомиссия прибыла на горьковский авиазавод. В нее вошли инженеры и летчики от НИИ ВВС и ЛИИ НКАП. Для вынесения вердикта о судьбе нового ЛаГГа комиссии потребовалось всего шесть летных дней. Первый вылет А. Якимов совершил 21 апреля 1942 г. "Самолет многообещающий", - гласило его заключение. Вместе с тем, летчик обратил внимание, что в кабине чрезвычайно жарко. Особенно припекало от маслобака, находящегося под ногами летчика. Пришлось пойти на серьезные доводочные работы. Государственные испытания ЛаГГ-3 М-82 проводились в период с 9 по 14 мая 1942 г., по их результатам самолет признали удачным и рекомендовали внедрить в серийную постройку.

Летные данные ЛаГГ-3 М-82 были выше, чем у любого из истребителей, состоявшего в то время на вооружении ВВС РККА. На второй границе высотности 6450 м самолет развивал максимальную скорость 600 км/ч. При использовании взлетной мощности мотора на высоте 600 м истребитель разгонялся до 560 км/ч, легко обгоняя "мессера". По такой важной характеристике, как набор высоты за боевой разворот - 1100 м, ЛаГГ-3 М-82 превосходил не только отечественные, но и все вражеские самолеты, применявшиеся на фронте.

К сожалению, в серийном производстве сохранить высокие качества ЛаГГ-5 (так стали называть ЛаГГ-3 М-82, затем это название сменили на Ла-5) не удалось. Появление на фронте первых серийных машин, оказавшихся к тому же излишне тяжелыми в управлении, не внесло перелома в воздушные бои летом 1942 г. "Навязать истребителям противника воздушный бой на ЛаГГ-5 нельзя из-за меньшей горизонтальной скорости, - отмечал лейтенант В.А. Чиликин из 27-го истребительного авиаполка. - Приходится вести бой только оборонительно; имея преимущество в скороподъемности, "мессершмитты" добиваются превосходства в высоте и, следовательно, занимают лучшую позицию для атаки. В силу этого обстоятельства несколько машин противника могут скосать численно большую группу самолетов ЛаГГ-5".



С.М. Лавочкин и И.Н. Кожедуб на аэродроме

В то же время, Ла-5 имел огромные резервы для совершенствования. Работа, проделанная лавочкинцами совместно с ЦАГИ, ЛИИ НКАП, ОКБ Швецова и ЦИАМом, позволила вернуть скорости опытного ЛаГ-3 М-82, потерянные в серии. В результате принятых мер ресурс мотора увеличился со 100 до 150 ч, а время его работы на форсированной мощности с января 1943 г. стало неограниченным (у М-82Ф). Решая задачу снижения массы Ла-5, конструкторы не оставили без ревизии практически ни одного из элементов конструкции: пересмотрели и облегчили центроплан, фонарь, шасси, винтомоторную группу... При этом прочность истребителя не ухудшилась.

Весной 1943 г. самолет Ла-5Ф практически не уступал вражеским истребителям по комплексу летных качеств. Головной завод № 21 ежемесячно отправлял на фронт 350...400 машин этого типа. К сборке Ла-5Ф приступили на заводах № 99 в Улан-Уде и № 381 в Москве. Накануне начала грандиозного сражения на Курской дуге в частях действующей армии имелось 978 самолетов Ла-5 и Ла-5Ф, что составляло более четверти всех истребителей. Среди тех, кто ранним июльским утром с нетерпением ждал команды на взлет в кабине Ла-5Ф, был и никому не известный сержант И.Н. Кожедуб, впоследствии ставший лучшим советским асом.

Наиболее перспективным направлением совершенствования "лавочкина" стала установка двигателя М-82ФН (форсированного, с непосредственным впрыском топлива в цилиндры) вместо карбюраторных двигателей М-82 и М-82Ф, осуществленная на серийных машинах летом 1943 г. Форсирование по наддуву и оборотам позволило увеличить взлетную мощность М-82ФН до 1850 л.с., а номиналь-



Двигатель М-107А

ную - до 1460 л.с. на высоте 4650 м. Заводские испытания Ла-5ФН показали, что скорость машины на номинальной мощности возросла до 548 км/ч у земли и 619 км/ч на высоте 5600 м (648 км/ч на форсаже). Первые серийные машины попали в 32-й гвардейский авиаполк, которым командовал Герой Советского Союза подполковник В. Давидков. За время Курской битвы летчики полка провели 25 воздушных боев и сбили 33 самолета противника (в том числе 21 FW 190А), потеряв всего 6 своих. Летом и осенью 1943 г. немецкие авиационные эксперты вполне обоснованно считали истребитель Ла-5ФН самым опасным противником на Восточном фронте.

В январе 1944 г. дальнейшая модернизация истребителя привела к созданию Ла-7. Благодаря снижению полетной массы и аэродинамическим улучшениям при прежнем двигателе АШ-82ФН (так стал называться М-82ФН в 1944 г.) опытный истребитель обладал выдающимися летными данными: максимальной скоростью на расчетной высоте 680 км/ч и временем набора высоты 5000 м, составлявшим всего 4,45 мин. За боевой разворот истребитель мог набрать 1200...1250 м. Начиная с июня 1944 г. серийные Ла-7 начали поступать в строевые части. Правда, как это случалось и ранее, на первом этапе серийной постройки летные данные "семерки" несколько ухудшились, но к началу 1945 г. их удалось подтянуть до

уровня опытной машины. О высоких боевых возможностях Ла-7 свидетельствуют результаты войсковых испытаний нового истребителя в 63-м гвардейском истребительном авиаполку: за полтора месяца боев гвардейцы сумели уничтожить 55 вражеских самолетов, потеряв всего 4 своих.

Ставка на рядный супердвигатель

Весной 1942 г. по инициативе ОКБ Яковлева серийный двигатель М-105П форсировали по наддуву с 910 до 1050 мм рт. ст. Прироста мощности (1260 л.с. на первой скорости нагнетателя) и, соответственно, увеличения скорости и скороподъемности истребителей удалось добиться на малых и средних высотах. Это было бы неплохо, но заводы "Даймлер-Бенц" также перешли на выпуск модифицированных DB 601 моделей N и E. С мотором DB 601N взлетной мощностью 1350 л.с. истребитель Bf 109F-4 продемонстрировал полное преимущество над Яками и ЛаГами с М-105ПФ.

Летом 1942 г. В.Я. Климов основную ставку делал на мотор М-106, отличавшийся от М-105ПФ несколько большей мощностью (1350 л.с. на высоте 2400 м), пониженной степенью сжатия, усиленным коленвалом и блоком редуктора. К осени конструкторам удалось подготовить к испытаниям односкоростную модификацию М-106-1ск, унифицированную по ряду узлов с М-105ПФ. Важным достоинством являлись одинаковые габариты обоих двигателей, что позволяло почти без изменений в конструкции самолета монтировать М-106 взамен предшественника.

Параллельно ОКБ Климова работало над еще более мощным двигателем М-107. Он также представлял собой 12-цилиндровый, жидкостного охлаждения V-образный мотор, но конструкция его блоков цилиндров была пересмотрена. Так, для увеличения проходных сечений клапанов каждый цилиндр имел теперь не три, как на М-105 и М-106, а четыре клапана - два впускных и два выпускных. Изменениям подверглись также картер, коленчатый вал, шатуны, поршни, клапаны и ряд других деталей. Существенное отличие двигателя М-107 от предыдущих модификаций заключалось в том, что на выходе из нагнетателя часть воздуха направлялась непосредственно в цилиндры мотора, минуя карбюратор, а другая часть попадала в цилиндры в составе переобогащенной смеси. Обладая рядом преимуществ, такая система питания для надежной работы должна иметь хорошо отлаженные и доведенные карбюраторы.

Руководство страны впервые узнало о моторе М-107 (тогда его называли М-107П - "пушечный") от руководителей авиапрома еще в марте 1940 г., а спустя полгода, 2 ноября, вышло совместное постановление ЦК ВКП(б) и СНК СССР, в котором важнейшим направлением работ моторостроителей называлось освоение серийного производства мощных моторов АМ-37, М-107П и М-89. Этот документ, в частности, обязывал В.Я. Климова и директора завода № 26 П.Д. Лаврентьева к 1 мая 1941 г. провести 100-часовые испытания М-107П. Еще более радикальное решение было принято на совместном заседании ЦК ВКП(б) и СНК 25 января 1941 г.: заводу № 26 определялась программа выпуска 2000 новых моторов до конца текущего года за счет сокращения выпуска М-105 на 3400 единиц. К сожалению, поставленная задача оказалась не по плечу конструкторам и производственникам.

Первоначально двигатель М-107 развивал взлетную мощность 1400 л.с. и номинальную 1300 л.с. на высоте 5000 м. В августе 1941 г. мотор прошел 50-часовые совместные испытания. Но дальше дело не шло. То обрывало поршень, то пробивало картер, то не выдерживал главный шатун. Лишь во второй половине 1942 г. Климов смог сосредоточиться на дальнейшей доводке двигателя. В частности, применив новый нагнетатель с лопатками Поликовского, удалось форсировать мотор по наддуву, в результате чего взлетная мощность выросла до 1600 л.с., а номинальная - до 1500 л.с. на высоте 4500 м. Усовершенствованный двигатель получил обозначение М-107А.

Об успехе Климова вскоре стало известно в Москве. Постановление ГКО от 25 сентября 1942 г. обязывало уфимских моторостроителей к середине ноября закончить 50-часовые испыта-

ния М-107А, а к концу года довести ресурс мотора до 100 ч. На этот раз оснований для оптимизма было гораздо больше, чем до войны. Подтвержденные испытаниями характеристики ставили новое детище Климова на одно из ведущих мест в мире. Если М-105П имел удельную мощность 29,1 л.с./л, М-105ПФ - 34,5, М-106 - 35,6, то М-107А - уже 42,7 л.с./л.

Но и германские моторостроители не стояли на месте. Освоение производства моторов DB 605А (взлетной мощностью 1475 л.с. и номинальной 1355 л.с. на высоте 5800 м) позволило истребителю Вf109G-2 летом 1942 г. продемонстрировать превосходство над отечественными машинами в сражениях над Ржевом, Сталинградом, на подступах к Ленинграду... Эксплуатация на фронте, однако, выявила серьезные дефекты двигателей DB 605А, и прежде всего - прогары поршней. Немцам пришлось временно ограничить срок службы "шестисот пятого" до 50 ч и полностью запретить использование взлетного режима.

Тем не менее, легко объяснимо беспокойство А.С. Яковлева, отметившего по результатам боев за Сталинград, что "появление двух десятков "мессершмиттов" с мощными и высотными моторами... оказало исключительно сильное воздействие на боеспособность наших истребительных частей... Имея абсолютное превосходство на высотах 6000 м и больше, немецкие истребители могут надежно прикрыть свои бомбардировщики, и последние получают возможность безнаказанно производить налеты на различные объекты советского тыла".

Понимая, что развитие серии двигателей М-106 не даст необходимого истребителям преимущества в летных данных, А.С. Яковлев предложил весной 1943 г. сосредоточить усилия моторостроителей на доводке М-107А. Опыт установки такого мотора на истребитель Як-9 и проведенные летчиком П.Я. Федорови заводские испытания свидетельствовали, что ставка на "сто седьмой" потенциально позволяет создать выдающуюся машину с максимальной скоростью у земли 590 км/ч, а на высоте 5800 м способную "выжать" 680 км/ч. К сожалению, опытный Як-9 с М-107А потерпел аварию 25 февраля 1943 г. и восстановлению не подлежал. Потребовался почти год на изготовле-



Истребитель Як-9У с мотором ВК-107А

К сожалению, отличные оценки, неизменно получаемые Як-9У за высокую скорость и маневренность, в значительной мере обесценивались низкой надежностью его силовой установки. Истребитель долго и с большими проблемами доводился. На какие только ухищрения не приходилось идти инженерам, конструкторам, испытателям: уменьшали допустимые обороты двигателя, увеличивали открытие заслонок, устанавливали более мощные радиаторы... И все-таки температуры воды и масла постоянно "зашкаливали". Это было тем более обидно, что по простоте пилотирования и удобству в эксплуатации Як-9У неизменно отличался пилотами в лучшую сторону.

Воздушные бои в конце 1944 г. показали, что по сравнению с извечным противником - германским Вf 109G - яковлевский "ястребок" с ВК-107А обладал преимуществом в скорости и характеристиках вертикального маневра. Однако даже после устранения перегрева воды и масла надежно работать винтомоторная группа Як-9У так и не стала. Из редуктора выбрасывало масло через уплотнения, наблюдалась тряска на пониженных оборотах, систематически выходили из строя све-

ПРОИЗВОДСТВО НЕКОТОРЫХ ТИПОВ МОЩНЫХ АВИАМОТОРОВ В СССР В ГОДЫ ВОЙНЫ

Завод	Тип мотора	1941 г.	1942 г.	1943 г.	1944 г.	1945 г.	Всего
№ 16	М-105ПФ	-	5	3962	4975	3897	12 839
	М-82	412	-	-	-	-	412
№ 19	М-82Ф(ФН)	-	3948	4649	764	-	9361
	АШ-82ФН	-	-	-	5461	5884	11 345
№ 24	АМ-35А	4012	173	202	41	-	4428
	М-105П	5277	54	96	-	-	5427
№ 26	М-105ПФ	-	10 048	11 965	8762	4312	35 087
	М-107	29	657	-	-	-	686
	М-107А	-	41	208	2111	3191	5551
№ 29	АШ-82ФН	-	-	75	1075	1875	3025
№ 466	М-105ПФ	-	511	2702	3095	1900	8208
Итого		9730	15 396	23 859	26 282	21 059	96 326

ние "дублера", в конструкцию которого попутно внесли множество изменений. На госиспытаниях в январе-апреле 1944 г. машина, получившая обозначение Як-9У ("улучшенный"), показала максимальную скорость на боевом режиме у земли, равную 600 км/ч, а на второй границе высотности (5600 м) - 700 км/ч. Специалисты НИИ ВВС отметили, что по основным летным данным в диапазоне высот от земли до 6000 м Як-9У с ВК-107А (так с 1944 г. стал называться М-107А) "является лучшим из известных отечественных и иностранных истребителей".

Серийные моторы по-прежнему имели ресурс порядка 30 ч. Поэтому, хотя сотни новеньких истребителей успели до Дня Победы попасть в строевые части, сломать хребет "люфтваффе" им было не суждено. Основную тяжесть воздушных боев на заключительном этапе войны пришлось вынести лавочкинским Ла-5ФН и Ла-7 с моторами АШ-82ФН, а также яковлевским Як-3 и Як-9 с моторами ВК-105ПФ.

(Окончание в следующем номере).

DIGEST

In summer, 1942 the Soviet Air Force was armed with La-5 fighters powered by M-82 air-cooled engines. Upon recovery from "infantile sickness" and installation of the augmented engine, La-5 became a threatening opponent to German fighters. In 1944, La-7 fighter, being an improved version of La-5, came into being. Its advantages in flight performances over the enemy fighters were undoubted. Yak-9U fighter powered by ВК-107А liquid-cooled higher-thrust engine became another unpleasant surprise for German pilots. Its flight characteristics were superior to competitors but because of insufficient reliability of the engine its application in air battles was limited.

THE HEART OF A FIGHTER

ПВРД - ЗАДАНИЕ НА ЗАВТРА?

Прямоточные воздушно-реактивные двигатели... Кто хоть немного знаком с этой областью двигателестроения, скажет: "Дело - труба". И будет во многом прав. И не только потому, что основа конструкции ПВРД - кольцевая камера сгорания - "труба". Вся история отечественного ПВРД-строения связана с непрерывным отстаиванием своего места и роли. Широкому применению ПВРД препятствовал ряд объективных обстоятельств, ведь несомненные преимущества "прямоточек" проявляются в основном при скоростях, соответствующих числу $M > 3$, и высотах более 15-20 км, освоение которых в 50...60-е годы было проблематично. Кроме того, постоянно приходилось преодолевать непонимание со стороны руководства отрасли, смежников, бороться с мифами о неэкономичности ПВРД и тому подобное. В СССР существовало всего одно ОКБ, многие годы занимавшееся разработкой ПВРД. Возглавлял его талантливый конструктор Михаил Макарович Бондарюк...

Михаил Макарович родился 15 ноября 1908 г. в семье железнодорожного кондуктора Макара Трофимовича и Анны Борисовны Бондарюк. Михаил был пятым ребенком в семье, которая жила в Дорогомилове. В 1930 г. М.М. Бондарюк окончил МВТУ и стал работать в НИИ ГВФ. Его всегда отличало стремление к знаниям, к самообразованию, в результате чего он очень быстро сумел зарекомендовать себя весьма способным инженером с большой эрудицией. С самого начала деятельности Бондарюк активно включился в работу по совершенствованию авиадвигателей. Уже в 1931 г. он опубликовал в бюллетене НИИ ГВФ № 4 свою первую статью "Характеристики и пути развития американских авиамоторов", а в 1932 г. отправился в командировку в Италию, где работал в комиссии по приемке авиадвигателей "Изотта-Фраскини" для самолетов "Савойя" С-55, эксплуатировавшихся в СССР.

Впоследствии под руководством Бондарюка был создан девятицилиндровый авиамотор МГ-31, запущенный в серийное производство для самолетов ГВФ. Но уже в 1939 г. опытно-конструкторские работы по созданию двигателей были исключены из планов НИИ ГВФ. Институт сосредоточился на научном обосновании состава самолетно-моторного парка и оборудования трасс Аэрофлота. Михаил Макарович занимался повышением надежности, увеличением сроков службы и экономичности двигателей самолетов Аэрофлота и являлся, по существу, научным руководителем этой работы. В результате проведенных исследований в практику ГВФ была внедрена методика определения наиболее выгоднейших режимов полета.

Однако делом всей жизни для М.М. Бондарюка стала работа в области реактивного двигателестроения. Он одним из немногих в нашей стране обратил внимание на прямоточные ВРД, оценил их перспективность и еще в 1940 г. вплотную занялся реализацией идеи "в железе". На первых порах Бондарюк сумел убедить заместителя начальника Главного управления ГВФ М.Ф. Картушеву в целесообразности создания ПВРД и использования их в качестве ускорителей для тяжелых транспортных самолетов.

Дозвуковой ПВРД РД-900 на летающей лаборатории Ту-14



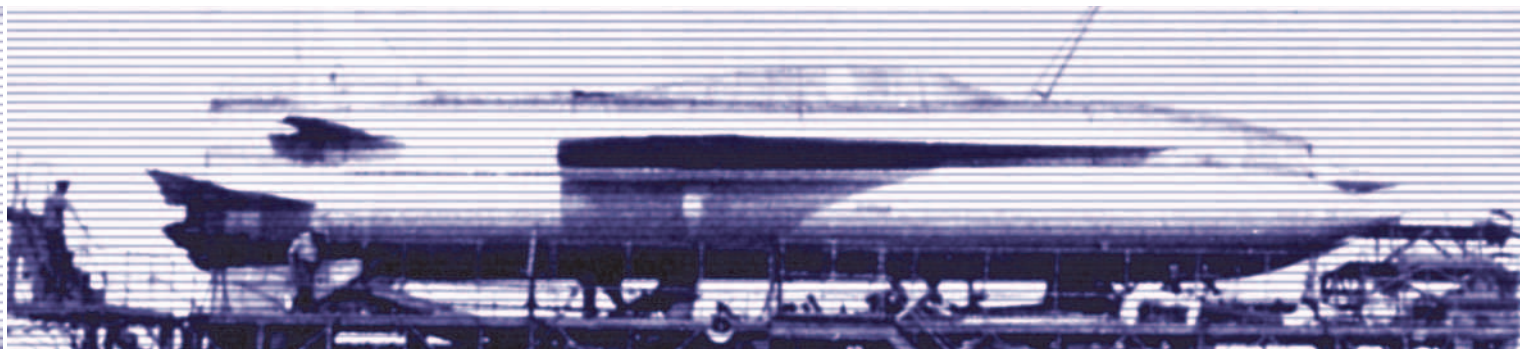
21 апреля 1941 г. в НИИ ГВФ было создано экспериментальное конструкторское бюро (ЭКБ-3), которое возглавил Бондарюк. В состав ЭКБ-3 входили С.М. Ильяшенко, Г.Г. Фарабин, А. Хува, Н.М. Степанов, несколько механиков и чертежников. Бюро размещалось в двух маленьких комнатах ангара НИИ ГВФ. ЭКБ-3 занималось теоретическими расчетами, конструированием и изготовлением опытных образцов дозвуковых ПВРД и созданием стенда для их испытаний. В конце 1941 г. бюро было эвакуировано в Казань, где оно разместилось в здании авиационного института. Здесь к коллективу Бондарюка присоединилась группа Г.А. Варшавского, работавшая над созданием ПВРД в Институте химической физики АН СССР.

В результате работ объединенного КБ в августе 1942 г. на серийном самолете ЛаГГ-3 (зав. № 31213173) были проведены летные испытания первого в стране прямоточного двигателя ВРД-1. И хотя они закончились относительно неудачей (достигнутый прирост скорости при работающих ускорителях - всего 30 км/ч, зато потеря скорости при неработающих ПВРД - 50 км/ч), работы по повышению экономичности и надежности конструкции были продолжены. В 1944 г. ЭКБ-3 разработало новый образец ПВРД, который успешно прошел летные испытания на истребителе Ла-5, обеспечив значительный прирост скорости.

После возвращения из эвакуации ЭКБ-3 перевели из системы ГВФ в ОКБ-293 В.Ф. Болховитинова для подключения к созданию двигательной установки самолета "БИ" (вариант с двумя ПВРД). В 1944 г. КБ Бондарюка вместе с ОКБ-293 влило в состав образованного НИИ-1 НКАП и преобразовало в отдел прямоточных двигателей, а затем - в институтское КБ-2. В августе 1947 г. М.М. Бондарюк был назначен главным конструктором КБ.

В 1946-1947 гг. прошли заводские испытания еще два экспериментальных самолета Ла-126 и Ла-138, оборудованные ПВРД РД-430 с камерой сгорания (КС) диаметром 430 мм (в дальнейшем именно диаметр КС нередко обуславливал индекс "изделия"). Из опыта работ по применению ПВРД на дозвуковых самолетах стало ясно, что их полет с увеличенной скоростью продолжался относительно недолго, зато все остальное время самолет "таскал" двигатель впустую, что снижало его скорость и дальность.

Более перспективным направлением сочли оснащение ПВРД беспилотных крылатых снарядов и экспериментальных ЛА. Под общим руководством Бондарюка разрабатывался ряд одноконтурных дозвуковых ПВРД, таких как РД-165 (проект двигателя для установки на концах лопастей несущего винта экспериментального вертолета И.П. Братухина), РД-350, РД-007 (проект 1947-1948 гг. для самолета-снаряда "10X" как альтернатива пульсирующего воздушно-реактивного двигателя), РД-700 (он же РД-1). На основе РД-700, разработанного в 1948 г., был создан первый двухконтурный ПВРД РД-1А для опытного реактивного снаряда береговой обороны "Шторм" конструкции ОКБ завода № 293.



На стенде были достигнуты тяга 1500 кгс и ресурс 1 ч при скорости снаряда, соответствовавшей $M=0,8$. Работы по этому ПВРД свернули до начала летных испытаний натурных снарядов.

Таким образом, в первый послевоенный период талантливый и энергичный коллектив, возглавляемый М.М. Бондарюком и его заместителем Г.А. Варшавским, сумел создать ряд работоспособ-

Экспериментальная ракета "025"
с ПВРД РД-025 на второй ступени



ных конструкций ПВРД. Основными работниками КБ являлись А.Ф. Макеев, И.М. Вишнепольский, И.Б. Леванов, С.М. Родин, Ю.Н. Глазунов, Н.Д. Домарев, Ю.К. Ефимов, И.А. Куратов, К.И. Платонов, Е.Я. Губер и другие. 1 октября 1950 г. коллектив был выделен из состава НИИ-1 МАП и получил возможность работать самостоятельно. Главным конструктором образованного ОКБ-670 МАП стал М.М. Бондарюк.

В 1950 г. для самолета-мишени спроектировали и построили опытный двухконтурный дозвуковой ПВРД РД-800. Он послужил основой для разработки в 1951-1952 гг. двигателя РД-900 для самолета-мишени Ла-17. Двигатель максимальной тягой 1100 кгс предназначался для работы на высотах 2...8 км при скоростях полета, соответствующих числам $M=0,42...0,73$. РД-900 стал первым изделием ОКБ, выпускавшимся серийно в 1954-1958 гг. на куйбышевском заводе № 24, и одновременно последним дозвуковым ПВРД коллектива М.М. Бондарюка.

С конца 40-х гг. начались первые теоретические и конструкторские проработки сверхзвуковых ПВРД (СПВРД), которые в дальнейшем показали свою незаменимость для беспилотных боевых ЛА (ЗУР, КР, самолетов-разведчиков), летающих на скоростях $M > 3,0$ и высотах свыше 15...20 км. Здесь СПВРД превосхо-

дит РДТТ и ЖРД по экономичности, а ТРД - по сообщаемой аппарату скорости.

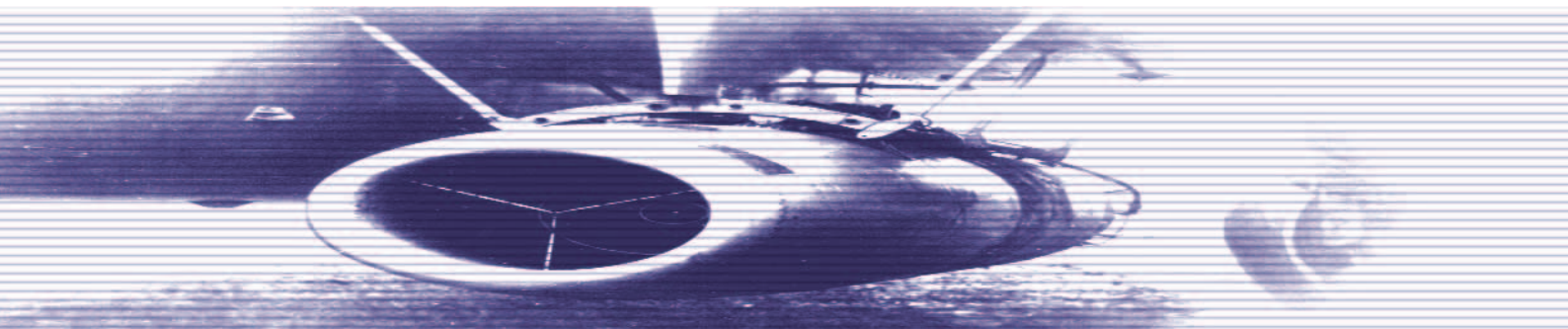
Проведение ряда научных изысканий, экспериментов с моделями сверхзвуковых диффузоров позволило пополнить теоретический и практический багаж и перейти к созданию натурных образцов СПВРД. Еще в 1949-1950 гг. в ОКБ был создан первый отечественный одноконтурный ПВРД РД-550, работающий при сверхзвуковых скоростях воздушного потока. Он был очень простым по конструкции, не имел агрегатов регулирования, являлся чисто экспериментальным и предназначался для беспилотной летающей модели ЛМ-15 (разработанной в ОКБ-293 МАП под руководством М.Р. Бисновата и В.Н. Елагина). Летные испытания РД-550 проводились в ЛИИ на летающей лаборатории Ту-12 при скоростях, соответствовавших $M=0,8$, и в составе моделей на высотах до 8000 м при $M=1,15...1,6$. В сопловой части двигателя размещался сбрасываемый стартовый пороховой двигатель (подобно РД-1А), разгонявший ЛМ-15 до скорости, необходимой для запуска СПВРД.

Следующим этапом явился переход от дозвукового и околозвукового диффузоров (с прямым скачком уплотнения), которые при скорости набегающего потока до $M > 2$ создавали большие потери энергии, к сверхзвуковому диффузору с центральным телом, обеспечивающим организацию ступенчатой системы косых и прямого скачков уплотнения воздуха. Необходимость натурной отработки заставила сконструировать ракету - летающую лабораторию для первого такого экспериментального двигателя РД-025. Уже в 1952 г. начались испытания двигателя на баллистической двухступенчатой ракете "025". После отделения стартового РДТТ первой ступени работающий СПВРД обеспечивал разгон ракеты до числа $M=3,2...3,4$ и набор высоты до 15 км. Дальность полета составила 70 км. Результаты работы сочли удачными, и они легли в основу проектирования новых СПВРД других ракет.

Во второй половине 50-х гг. на основе ракеты "025" и двигателя для нее в ОКБ под руководством ведущего конструктора И.М. Вишнепольского были спроектированы более совершенные образцы: "034" с РД-034 (первый СПВРД, построенный по интегральной схеме с несбрасываемым пороховым ускорителем, расположенным в камере сгорания), "036" с РД-036, "036А" с РД-036А. Их предполагалось использовать в качестве боевых тактических ракет. Однако эти изделия, в том числе "036" системы "Вихрь", не были приняты на вооружение, хотя и являлись перспективными. Помимо боевых, по

Крылатая ракета "Буря" в сборочном цехе





заданию Центральной аэрологической обсерватории разрабатывалась двухступенчатая ракета "036М" (с РД-036М) для выполнения исследований на высотах до 130 км. Все указанные двигатели имели несбрасываемый пороховой ускоритель, расположенный в КС.



Полноразмерный макет крылатой ракеты "Буря"

Для экспериментальной крылатой ракеты (ЭКР) дальнего действия, спроектированной в ОКБ-1 С.П. Королева в 1952-1954 гг., создавался маршевый одноконтурный СПВРД с искривленным каналом воздухопровода. РД-040 проходил всесторонние доводочные испытания на стенде, а с лета 1954 г. - официальные заводские испытания, после чего был предъявлен на госиспытания. Проект двигателя обещал получение высоких характеристик: высотности 16...26 км, скорости, соответствовавшей $M=2,9...3,3$, и продолжительности работы 9 ч. Впервые СПВРД был оборудован турбонасосным агрегатом (ТНА) и автоматикой регулирования подачи топлива. Однако от реализации проекта ЭКР с проектной массой 3,0...3,5 т и дальностью 1500...2000 км отказались еще на этапе проектирования.

Следующим крупным шагом в деятельности ОКБ-670 стало создание мощных маршевых СПВРД для стратегических межконтинентальных крылатых ракет "Буря" (ОКБ-301 МАП С.А. Лавочкина) и "Буря" (ОКБ-23 МАП В.М. Мясищева) по постановлению ЦК и Совмина СССР от 20 мая 1954 г. Для первой КР разрабатывался двигатель РД-012У (ответственный ведущий конструктор И.Б. Леванов), для второй - РД-018А (Ю.К. Ефимов).

В процессе проектирования (в 1954-1956 гг.) РД-012У конструкторами было рассмотрено несколько компоновочных схем КС, модели которых отрабатывались на стендах ЦАГИ. К 1957 г. по окончании всего комплекса стендовой отработки РД-012 был подготовлен к летным испытаниям. Однако в 1958 г. были получены новые ТП заказчика (ОКБ-301), и разработчикам из ОКБ-670 пришлось расширять высотный диапазон запуска двигателя и повышать его экономичность. Доработанный двигатель с укороченной камерой сгорания РД-012У с КС диаметром 1700 мм, оборудованный ТНА и системой регулирования, прошел полный цикл заводских и совместных летных испытаний (18 пусков) в составе КР "Буря". Двигатель продемонстрировал высокую надежность работы в экстремальных условиях на больших скоростях, при высоких температурах, что свидетельствовало о правильности заложенных конструкторских принципов. Маршевая скорость "Бури" на высоте 16...25,5 км соответствовала $M=2,8-3,3$. Двигатель непрерывно работал в течение 6 ч, его тяга доводилась до 12 900 кгс. Расчетную дальность полета 8000 км не удалось получить по причинам,

не зависящим от СПВРД. В то время ни один из существовавших или разрабатывавшихся ЛА не имел столь высоких характеристик; многие из них не превзойдены и сегодня. В ходе работ по РД-012У был проведен комплекс фундаментальных теоретических исследований, освоены новые технологии и материалы, сооружено несколько стендов, разработаны методики испытаний, используемые и по сей день. В ходе стендовой отработки двигатель РД-018А, создававшийся в 1957-1958 гг. для крылатой ракеты "Буря", также продемонстрировал выдающиеся характеристики.

Помимо стратегических "крылаток", ОКБ Березняка интенсивно разрабатывало СПВРД для зенитных управляемых ракет (ЗУР) и противоракет. Пик развития этих работ пришелся на конец пятидесятых и первую половину шестидесятых годов.

Вначале на основе конструкции снаряда "025" была построена экспериментальная двухступенчатая ракета КМ с крестообразным оперением и двигателем РД-025. Она предназначалась для изучения влияния углов атаки на работу двигателя. Всего было выполнено около 10 испытательных пусков ракет КМ. СПВРД удовлетворительно работал при углах атаки до 7° (при холодных продувках - до 11°). Двигатель надежно запускался при скоростях, соответствовавших числам $M=1,91...1,98$, на высотах 1100...1300 м, имел время работы до 19,75 с и эффективную тягу 300...600 кгс.

Результаты экспериментов с ракетой "КМ" легли в основу работ по созданию зенитной управляемой ракеты ЗМ8 для зенитного ракетного комплекса 2К11 "Круг" (постановление ЦК и Совмина СССР № 188-88 от 13 февраля 1958 г.). Разработка самой ЗУР была поручена ОКБ-8 (главный конструктор Л.В. Люльев), а создание маршевого СПВРД для нее - ОКБ-670 (ответственный ведущий конструктор И.Б. Леванов). Изначально для первого варианта ЗМ8, компоновка которой включала четыре автономных СПВРД, расположенных симметрично относительно оси ракеты, разрабатывался одноконтурный РД-07 с КС диаметром 350 мм, начальной тягой около 1650 кгс и диапазоном чисел $M=1,8...4,0$. Однако после перехода к однодвигательной схеме ЗМ8 (пришлось спроектировать новый маршевый одноконтурный РД-07К диаметром 850 мм, который располагался непосредственно в корпусе ракеты. Его мощность была вчетверо больше, чем у РД-07. Подача топлива осуществлялась от ТНА. При создании РД-07К пришлось освоить технологию изготовления камеры сгорания из титанового сплава СТ-4, что обеспечило снижение массы двигателя на 28%. Экспериментальные и доводочные испытания различных компоновок двигателя проводились в 1959 г., летные в составе ЗУР - в 1960-1964 гг. Заложенные в двигатель тягой до 7800 кгс возможности обеспечили досягаемость по высоте до 25,5 км и диапазон чисел $M=1,8...4,0$. В 1964 г. Сухопутные войска и Войска ПВО страны приняли на вооружение зенитный ракетный комплекс с первой отечественной ЗУР, у которой в качестве маршевой двигательной установки использовался СПВРД ЗЦ4 (РД-07К). Серийное изготовление началось в том же году на заводах в Челябинске и Тюмени. Данный тип двигателя стал, без сомнения, классическим и выдержал три модификации. Затем появились улучшенные ЗЦ4М1 и ЗЦ4М2 для модернизированных ЗУР ЗМ8М1 и ЗМ8М2.

Параллельно с созданием РД-07К в соответствии с постановлением Совмина № 944-397 от 30 августа 1960 г. в ОКБ разрабатывалась модификация этого СПВРД (РД-09) для морского варианта ЗУР комплекса "Круг", однако в следующем году тему исключили из плана.



В качестве маршевого двигателя для дальнего высотного беспилотного перехватчика Р-500 конструкции ОКБ-155 МАП в 1959-1960 гг. на базе конструкции РД-08А разрабатывался маршевый СПВРД РД-085 с КС диаметром 850 мм. Он должен был обеспечивать полет со скоростями, соответствующими $M=2,2...4,45$ на высотах 5...30 км, и дальность до 1000 км. Особенностью конструкции двигателя было размещение в центральной игле диффузора порохового двигателя для подъема Р-500 на высоту в 35 км. Прорабатывался вариант регулируемого диффузора. Работы были прекращены на этапе доводки двигателя. Основными участниками разработки РД-085 были С.В. Беспалов, И.М. Вишнепольский, Ю.Н. Глазунов, А.П. Киселев, Б.Ф. Кожемякин, Я.С. Черняк и др.



СПВРД РД-014 для ЗУР "Даль-М"

Для другой опытной ЗУР системы "Даль" в соответствии с постановлением Совмина от 17 августа 1956 г. ОКБ-670 разработало разгонно-маршевые СПВРД с КС диаметром 850 мм. Два двигателя, расположенных на концах крыльев, должны были обеспечивать разгон ракеты с $M=2,0$ на высоте 1500 м до $M=3,5...4,0$ на 25...30 км и дальнейший полет. С учетом потребностей заказчика двигатель был максимально форсирован по тяге. Все агрегаты смонтировали в центральном теле диффузора. Просчитывались три варианта: РД-08 (с регулируемым соплом), РД-08А (упрощенный с нерегулируемым соплом) и РД-08Б (форсированный путем использования кислородосодержащего топлива). Двигатели и ТНА прошли стендовые испытания в 1958-1960 гг.

На основании постановления ЦК КПСС и Совмина № 898-375 от 15 августа 1960 г. коллектив проводил исследования и разработку СПВРД РД-014 для оснащения ЗУР системы "Даль-М". Четыре двигателя предполагалось установить по бокам ракеты и использовать в качестве ускорителей второй ступени при $M=1,7...3,5$ на высотах 1,5...20 км. Все агрегаты и топливо аналогично РД-085 располагались в центральном теле диффузора. Различные компоновки КС с конца 1960 г. проходили стендовые испытания. В конструкторских и экспериментальных работах принимали участие Г.А. Варшавский, Б.Н. Журавлев, Ю.Я. Фишков, Е.Я. Губер и другие. Программу ЗРК "Даль-М" закрыли в 1962 г.

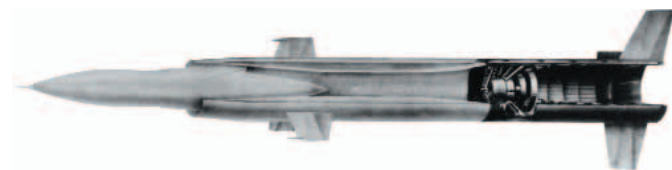
Важным этапом для ОКБ-650 явилось создание двигательной установки, состоявшей из четырех СПВРД РД-015 и предназначенной для разрабатываемой в ОКБ П.Д. Грушина высокоскорост-

ной противоракеты В-1100 (А-350) системы ПРО А-35. Двигатели РД-015 размещались по пакетной схеме на пилонах и составляли 2-ю ступень ракеты. Одноразовость и кратковременность действия СПВРД позволили применить одноконтурную схему КС и использовать вместо ТНА баллонную систему топливоподдачи, что упростило и облегчило конструкцию (всего 200 кг). После сброса сопел стартовых РДТТ 1-й ступени должен был осуществляться выход СПВРД на рабочий режим и дальнейший разгон до $M=4...5$ и набор высоты 13...20 км, где включалась в работу 3-я ступень.

Проводившиеся с 1959 г. разработки СПВРД шли в двух направлениях. Создавался вариант двигателя РД-015, работавший на керосине, и твердотопливный вариант РД-015Т (ракетно-прямоточный). В том же году осуществлялась отработка КС жидкостного РД-015 на стендах ЦАГИ и ЦИАМа. С июля 1960 г. были продолжены работы только по ракетно-прямоточному варианту (для ракеты А-350Т). Ведущим конструктором темы был Ю.К. Ефимов.

В соответствии с приказом минавиапрома № 121 от 17 апреля 1964 г. в качестве 2-й ступени создавался СПВРД РД-046 для опытной трехступенчатой зенитной ракеты В-758 ("22Д") конструкции ОКБ-2 МАП (главный конструктор П.Д. Грушин). Рабочий проект РД-046, ведущим конструктором по которому был назначен Ю.К. Ефимов, закончили в декабре 1965 г., в том же году начались летные испытания двигателей в составе ЗУР. Четыре двигателя, размещенные на крыльях, разгоняли ракету до чисел $M=4,0...4,8$ на высоте до 20...25 км. Всего было проведено 5 пусков.

По постановлению ЦК КПСС и Совмина № 47-22 от 13 января 1972 г. под руководством ведущего конструктора Ю.К. Ефимова велись работы по ПВРД 9Д131 для зенитной ракеты 9М38 (МКБ "Новатор", главный конструктор Л.В. Люльев), предназначенной для комплексов 9К37 "Бук" и М-22. Но в серию ЗРК "Бук" пошел с ракетой, оснащенной другим двигателем - твердотопливным.



Зенитная ракета 3М8 с СПВРД РД-07К

Тематика деятельности ОКБ-670 постоянно расширялась. Коллективом создавались проекты СПВРД для зенитных управляемых, крылатых, баллистических ракет и беспилотных ЛА. Кроме того, ОКБ бралось за новые области деятельности. Велась работа по бортовым источникам электропитания (БИП), гиперзвуковым ПВРД (ГПВРД), ядерным реактивным двигателям (ЯРД) и ядерным энергетическим установкам (ЯЭУ) для космических аппаратов. Во многом успешность работы всего коллектива была тесно увязана с личностью его лидера - М.М. Бондаряка.

DIGEST

The development of ramjets in our country is associated with Mikhail Bondaryuk, who headed the working team of designers been developing ramjets for more than twenty years. As well-known, the doubtless advantages of ramjets become evident at speeds over Mach 3.0 and 15-20-km altitudes that is fantastic for today's airplanes. Thus, Bondaryuk and his employees were engaged in the development of engines for future aviation. The most successful projects of Bondaryuk's Design Bureau are the following: engines for powering La-17 target drone aircraft, "Burya" strategic intercontinental missile, and 38M guided anti-aircraft zenith controlled missile of "Krug" complex. In early 1960s, the design bureau launched the development of hypersonic ramjets, nuclear engines and powerplants.

RAMJETS - A PROJECT FOR TOMORROW?

ПРЕЖДЕ ЧЕМ УПАСТЬ, САМОЛЕТ ИНОГДА ГОРИТ

Опасность пожара угрожала летательным аппаратам с момента их появления. Достаточно вспомнить первый легендарный полет Икара, который погиб из-за разрушения крыльев вследствие теплового воздействия Солнца. Его последователи в реальной жизни учли ошибку Икара, и пока никто более ее не повторял. Однако пожары на летательных аппаратах от этого не прекратились.

Огромные левиафаны воздуха - дирижабли, наполненные водородом, пали жертвами пожаров в тридцатых годах нынешнего века. Сгорел английский R-101, сгорели американские "Акрон" и "Мейкон", подобно свечкам растворились в огне многочисленные дирижабли графа Цепелина. В результате сложившаяся индустрия дирижаблестроения в течение всего нескольких лет оказалась разрушена.

Пожары самолетов унесли жизни тысяч авиаторов и пассажиров. И это, в принципе, совершенно неудивительно. Конструкцию летательного аппарата делают весьма легкой, иначе он не сможет подняться в воздух. А это значит - слишком много факторов влияют на безопасность полетов. Доля легко воспламеняющегося топлива в общей массе летательного аппарата достигает 25...30%; в сущности, современный самолет является летающей цистерной с керосином. Вдобавок эта цистерна напичкана электрикой и снабжена газотурбинными двигателями с большим количеством нагретых до высокой температуры частей, ежесекундно подвергаясь в полете значительным нагрузкам и безжалостно "тестируя" многочисленные трубопроводы, баки и агрегаты на прочность.

И, случается, они не выдерживают. Так, недавно едва не сгорели почти две сотни дагестанских призывников, направлявшихся

к месту службы на внезапно вспыхнувшем Ил-76. А трагедия с французским "Конкордом" потрясла весь мир, с волнением наблюдавший кадры любительской видеосъемки: огромный огненный хвост, волочившийся за сверхзвуковым красавцем-лайннером вплоть до его удара о землю.

Проблема борьбы с пожарами не является новой для авиации. Сегодня практически все самолеты и вертолеты оборудованы средствами пожаротушения. Другое дело - какими, насколько эти средства эффективны.

Учитывая весь многообразный опыт борьбы со стихией огня, ОАО "Гранит-Саламандра" были разработаны уникальные аэрозольные генераторы (АГ). Особенности этих устройств является высочайшая надежность срабатывания в любой реальной ситуации, а также повышенная эффективность применения. Кроме того, они примерно на треть дешевле и легче систем пожаротушения, использующих сжатые газы. Ввод АГ в действие может производиться вручную, дистанционно, либо в автоматическом режиме, по команде от соответствующих датчиков. Для летательных аппаратов характерны относительно небольшие объемы, в которых возможно возгорание. Это позволяет использовать малоразмерные легкие генераторы огнетушащего аэрозоля, а также производить их дублирование.

ОАО "Гранит - Саламандра"
127412, Москва, ул. Ижорская, 13/19.
Тел.: 485-90-55, 485-84-54.
Факс: 484-16-33, 485-82-22.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

17 мая 2000 г. после продолжительной и тяжелой болезни скончался большой друг нашего журнала доктор технических наук, профессор кафедры Э-3 МГТУ им. Н.Э. Баумана, заслуженный деятель науки РФ В.Е. Михальцев.

Всеволод Евгеньевич около 20 лет проработал в ЦИАМ им. П.И. Баранова, возглавляя отдел по исследованию перспективных авиационных двигателей, преимущественно ТРДД, а с 1958 г. перешел в МВТУ на кафедру "Турбостроение" к В.В. Уварову. Ныне в одном лишь ЦИАМ работают более 30 воспитанников профессора Михальцева, в том числе первый заместитель начальника института. Покойный до последних дней поддерживал тесную связь с коллективом института, активно участвуя в совместных работах.

Всеволод Евгеньевич родился в Петрограде 7 марта 1917 г. В 1935 г., после окончания с отличием Ленинградского автодорожного техникума, он поступил в ЛПИ на специальность ДВС, а в 1938 г. переехал в Москву и перевелся в МВТУ им. Н.Э. Баумана, который закончил в 1941 г. С 1940 г. работал под руководством профессора В.В. Уварова над авиационными газотурбинными двигателями. Им он и посвятил 60 лет своей научной деятельности. Горячий патриот газотурбостроения, В.Е. Михальцев доказывал перспективность этого двигателя во всех областях хозяйства: от авиации до сжигания хозяйственных отходов. Профессор Михальцев возглавлял научное направление и являлся создателем школы ПД периодического сгорания.



Одно из последних фото: В.Е. Михальцев у памятной доски В.В. Уварова

Всеволод Евгеньевич 50 лет преподавал в МВТУ и зарекомендовал себя блестящим лектором, талантливым воспитателем, всегда находившим общий язык с молодежью. Его отличали разносторонность интересов, глубокий патриотизм, оптимизм, проявлявшиеся в самых сложных жизненных ситуациях. Он всегда думал о будущих поколениях - был страстным защитником окружающей среды и земных недр. Авторитет В.Е. Михальцева непрерываем по всем областям разработки и создания газовых турбин и установок. После Всеволода Евгеньевича остались его ученики, более 200 научных трудов и, главное, сотни учеников, в памяти которых навсегда сохранится образ Учителя.

"КЕССОННАЯ БОЛЕЗНЬ"

ООО "РЕАМ-РТИ":

Иван Пятов, генеральный директор

Сергей Крестьянинов, ведущий специалист

Одной из сложнейших проблем, стоящих перед конструкторами, материаловедами и эксплуатационниками, является обеспечение герметизации узлов и механизмов любого устройства, работа которого основана на применении газов и жидкостей. Длительное время единственным материалом для герметизации остаются эластомеры (композиционные материалы на эластичной основе). Однако им присущ ряд недостатков, устранением которых занимается российская фирма "РЕАМ-РТИ".

Одним из важных требований к эластомерам является обеспечение их стойкости в условиях больших градиентов давления при частом "взрывном" изменении давления окружающей среды, так называемая "кессонная стойкость". Дело в том, что все современные эластомеры содержат как растворенные газы, так и газы, ад-



Разрыв диафрагмы погружного электронасоса

сорбированные на активных поверхностях ингредиентов. Из-за низкой газопроницаемости скорость диффузии газа недостаточна для его свободного выхода. Внутри материала образуются, а затем схлопываются пузырьки. Это приводит к расслоению эластомера, появлению на его поверхности трещин и даже к полному разрушению изделия.

Эксперименты и анализ отказов различных резинотехнических изделий, проведенные специалистами ООО "РЕАМ-РТИ", позволили сделать вывод о том, что разрушения по признакам "кессонный эффект" проявляются в ряде изделий, работающих при давлении ниже 1,0 МПа в условиях многократного изменения последнего. Такие разрушения обусловлены неправильным подбором марок резин. Особенно сильно этот эффект проявляется при повышенной температуре окружающей среды (для большинства резиновых смесей критическая температура составляет всего 90 °С).

Анализ состояния деталей, используемых в погружном оборудовании (например, диафрагмы гидрозашиты электродвигателей), показал, что значительное количество электронасосов имели диафрагмы с характерными для "кессонного" воздействия разрушениями. Нарушения целостности, вызванные этой же причиной, обнаружены на уплотнительных кольцах, обрезиненных клапанах и других изделиях автомобильных газотопливных систем, элементах систем торможения. Это, впрочем, характерно и для изделий авиационной, судовой, газовой, химической промышленности и т.п.

Наименее стойкими являются силиконовые резины, фторкаучуки (в том числе марок Viton). К наиболее устойчивым по отноше-

нию к "кессонному" эффекту относятся резины на основе нитрильных (NBR) и гидрированных нитрильных каучуков (HNBR).

Как это не странно, российские производители эластомерных изделий не имеют норм, стандартизованных процедур испытаний и, соответственно, аргументированных требований к эластомерным изделиям, в том числе подвергающихся "кессонному" воздействию. Анализ рынка эластомерных изделий России показывает, что объем нормированных требований к качественным показателям, например, к отделке поверхности и нарушению ее целостности, однородности прочностных свойств по изделию и т.д. также недостаточен. В результате, оснований для предъявления каких-либо претензий к изготовителям из-за разрушения их продукции нет, поскольку выдержаны общетехнические нормы. По нашему мнению, отсутствие специальных требований и норм (в виде отраслевых стандартов или ГОСТов, требований ТУ) приводит к тому, что производители эластомерных изделий не имеют ориентиров и стимулов для выпуска изделий, качество которых удовлетворило бы эксплуатационников.

Как показывает анализ статистики отказов любого оборудования, выход из строя эластомерных изделий из-за их разрушения, износа, потери эластичности приводит к длительным простоям и существенным затратам на ремонт дорогостоящего оборудования (при относительно низкой удельной стоимости самих эластомерных изделий).



Разрушения колец под действием "взрывного" изменения давления

ООО "РЕАМ-РТИ" готово поделиться накопленным опытом и принять участие в работах по созданию нормативной базы для оценки качества эластомерных изделий и разработке новых оригинальных материалов, как для российских, так и для зарубежных заказчиков.

105188, Россия, Москва,
ул. Щербаковская, д. 57а, офис 413.
Тел./Факс: (095) 232-94-55; 369-43-16; 369-08-79.
E-mai: reamt@glasnet.ru; reamt@online.ru

DIGEST

The prime requirement to elastomers is their high resistance to rapid changes in environment pressure or so-called "caisson stability". All up-to-date elastomers contain dissolved gases. Because of low gas permeability, the gas diffusion rate is insufficient for free release of expanding gases, and bubbles are formed inside the material. It results in elastomer delaminating and final failure of the product. This effect shows itself at pressures below 1,0 MPa and in the conditions of repeated changes in pressure (loads) because of misuse of rubber materials. "REAM-RTI" Co. is eager to share its accumulated experience and take part in new developments of materials with Russian or foreign customers.

"CAISSON DISEASE"

ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРУЙ

ТОРМОЗНЫХ РДТТ

НА КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ

ФГУП "Исследовательский Центр им. М.В. Келдыша":

Руфина Голлендер, начальник сектора, к.т.н.

Ирина Гурина, старший научный сотрудник, к.т.н.

Юрий Кочетков, начальник отдела, д.т.н.

Михаил Филимонов, ведущий научный сотрудник, к.т.н.

Для отделения последней ступени ракеты-носителя от разгонного блока широко используются твердотопливные ракетные двигатели (РДТТ) торможения. Струи продуктов сгорания этих двигателей, содержащие металлы и их соединения в газообразной и конденсированной фазах, попадая на поверхность космических аппаратов (КА), покрывают ее налетом. Воздействуя на оптику бортовой аппаратуры, продукты сгорания вызывают в ней напряжения и загрязняют поверхности прозрачных окон, что ведет к ухудшению характеристик приборов. В связи с этим актуальной является задача уменьшения интенсивности струй продуктов сгорания РДТТ в местах расположения иллюминаторов.

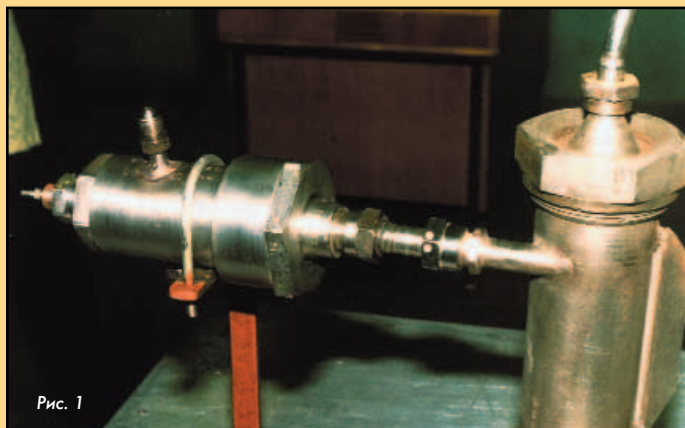


Рис. 1

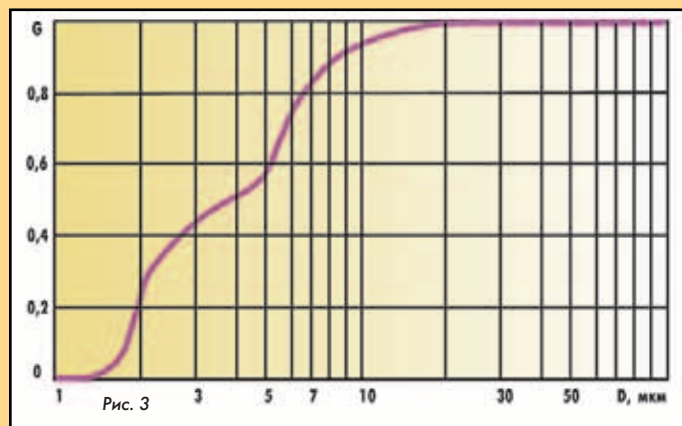


Рис. 3

Исследования воздействия струй тормозных РДТТ на космический аппарат проводились для схемы с четырьмя двигателями, расположенными в плоскости отделения последней ступени. Продукты сгорания выходили из сопел в виде отдельных струй, постепенно сливаясь в одну. Исследователи интересовались параметрами этой кольцевой струи, состав и характер движения в ней полидисперсных частиц конденсированной фазы. Следует заметить, что газовое течение имело наиболее сложное поведение на начальном участке до момента смыкания струй. На значительном расстоянии от двигателей суммарное газовое поле моделировалось осесимметричной струей с центральным телом.

Исследования показали, что в реальных условиях газовое течение являлось неравновесным с переменной степенью приближения к равновесному из-за незавершенности целого ряда химических реакций и процесса конденсации паров металлов и их окислов. Это приводило к образованию, по сути, двухфазной кольцевой струи.

Для получения представительной функции распределения было проведено три независимых испытания с отбором частиц непосредственно из камеры сгорания и за срезом сопла. Эксперименты проводились при значениях давления и времени работы РДТТ, близких к реальным (7 МПа и 0,5 с, соответственно). Одновременно с этими исследованиями проводились огневые испытания натурального двигателя с отбором проб продуктов сгорания в четырех сечениях за срезом сопла. При сжигании в барокамере маломасштабного заряда твердого топлива имитировалось развитие струи в вакууме и осуществлялся отбор проб осажденных продуктов сгорания.

Исследования показали, что продукты конденсированной фазы представляли собой мельчайшие компактные образования, имеющие характерный для окиси свинца болотный цвет (рис. 2). На основе результатов экспериментов по методике, разработанной отделением Института химической физики РАН, с использованием дисперсионного анализа впервые были получены функции распределения частиц продуктов сгорания баллистического твердого топлива (рис. 3).

Анализ спектров частиц показал, что функции распределения геометрических размеров осаждаемых частиц имели бимодальный характер, причем первая мода находилась в диапазоне значений 0,8...1,2 мкм, а более крупная - в диапазоне 5...7



Рис. 2

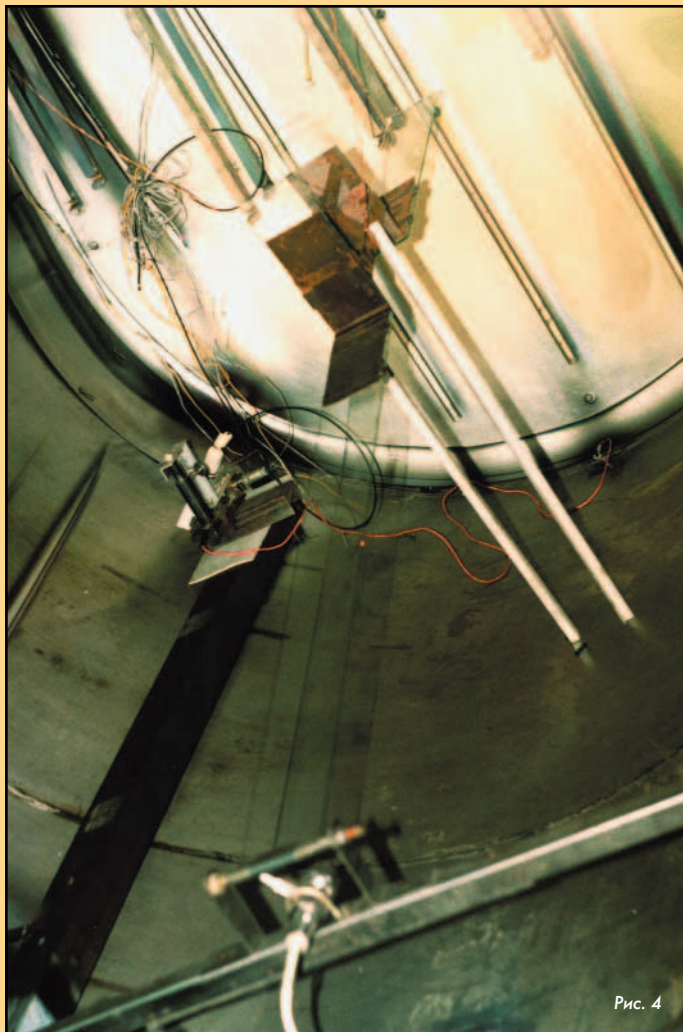


Рис. 4

ний, описывающих движение, являлось то обстоятельство, что для частиц небольших размеров они принимают вид дифференциальных уравнений с малым коэффициентом при производной высшего порядка. Применяя метод М. Филимонова, использующий для решения такого рода уравнений монотонную разностную схему, удалось добиться требуемой точности вычислений.

Для иллюстрации возможностей разработанного метода и программы расчета двухфазного течения смеси газа и полидисперсных частиц конденсированной фазы в сверхзвуковой области выполнена оценка уровня загрязнения поверхности КА. Рассматривался случай работы четырех тормозных двигателей с выпадением продуктов сгорания твердого топлива на расстоянии примерно 10 м от них (рис. 5). Для потока частиц по указанным методикам рассчитывались траектории движения, отличающиеся положением точки старта по отношению к центральному телу (корпусу КА).

В корпусе корабля на расстоянии примерно 4 м от твердотопливных тормозных двигателей имелся уступ. Сверхзвуковая

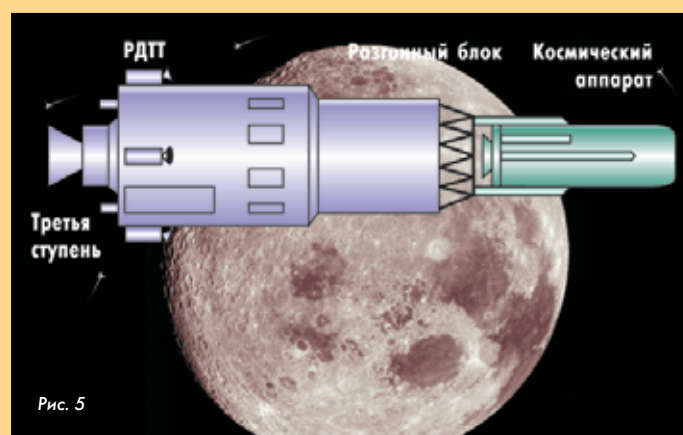


Рис. 5

мкм. Среднемассовые размеры частиц составляли 8...10 мкм. Полученные спектры частиц использовались в качестве исходных данных для проведения комплекса расчетов двухфазного (газовая и конденсированная фазы) течения продуктов сгорания тормозных РДТТ.

Экспериментальные исследования процессов осаждения частиц на пластины, имитирующие поверхности разгонного блока и КА, проводились в барокамере, размеры которой позволяли моделировать полное, без искажений, развитие струи от тормозного двигателя (рис. 4). Количественный химический анализ выпавших продуктов сгорания показал наличие окиси свинца, а также присутствие следов окислов титана.

Для численного моделирования процессов обтекания КА продуктами сгорания тормозных РДТТ в Центре Келдыша была разработана уникальная методика расчета и создан соответствующий комплекс программ. Результаты расчетов обладают хорошей сходимостью с данными, полученными в экспериментах. В основу методики положено раздельное решение уравнений для газовой и конденсированных фаз, которые описывают осесимметричное сверхзвуковое течение полидисперсной смеси газа и частиц без учета фазовых превращений. Методами численного моделирования определялись траектории движения частиц. В качестве исходных данных для получения интегральных параметров течения использовались спектры массового распределения частиц, полученные экспериментально.

Основной задачей моделирования являлось определение характера взаимодействия частиц с границей потока (стенкой). В связи с этим вычислительный метод предусматривал максимально возможное повышение точности расчетов вблизи ограничивающей поверхности. Другой особенностью уравне-

кольцевая струя, образующаяся при истечении в вакуум продуктов сгорания, при движении в районе уступа создавала область разрежения. Отклонение частиц от прямолинейного движения вызывалось влиянием именно этой области. Частицы, пролетая вблизи области разрежения, получали составляющую скорости, направленную к поверхности КА. Одновременно пограничный слой оказывал на частицы слабое тормозящее воздействие.

На увеличенном расстоянии от места истечения струи поток газа влиял на траектории частиц существенно слабее, что связано с уменьшением коэффициента сопротивления почти на порядок. Для разреженной среды длина свободного пробега молекул газа существенно превышала диаметр частиц конденсированной фазы. Таким образом, наблюдался случай свободно-молекулярной бомбардировки, когда значительная часть импульса относительного движения молекул передавалась частицам.

Расчет скорости потока осаждения частиц и плотности распределения их по поверхности КА показал, что различные отсеки аппарата загрязняются неодинаково. В результате моделирования было установлено, что на степень загрязнения поверхностей существенным образом влияет динамика корабля и то обстоятельство, что КА в процессе отделения перемещается в зону, свободную от частиц. Выявленные закономерности поведения продуктов сгорания твердотопливных зарядов позволяют с хорошей точностью и полнотой обосновать адекватные меры, направленные на исключение осаждения частиц на корабль. Одно из предложений предусматривает коррекцию траекторий движения частиц на достаточно ранней стадии, в результате чего при дальнейшем их движении полностью исключается выпадение на поверхность КА.

"ЧЕМОДАН", ИЛИ ДВА ПОРШНЯ В ОДНОМ ЦИЛИНДРЕ

Виктор Марковский



К середине 50-х годов как в мировом, так и в отечественном танкостроении начал формироваться новый класс машин - основные боевые танки, в которых сочеталась высокая подвижность средних танков с мощным вооружением и броневой защитой тяжелых. Масса основных боевых танков, вооруженных 100...125-мм пушками и защищенных толстой броней, быстро перешагнула за 40-тонную отметку. Для сохранения приемлемых значений скорости и маневренности, обеспечивавших не

только оперативные возможности, но и лучшую выживаемость на поле боя (очевидно, что в подвижную машину труднее попасть и скорость в этом случае служит дополнительной защитой), требовалось повысить энерговооруженность танков, используя более мощные двигатели.

Однако как раз в этот период отечественные конструкторы танков столкнулись с отсутствием подходящего двигателя: в производстве на предприятиях Минтрансмаша находились только дизельные двигатели В-54, В-55 и В-12 мощностью 520...680 л.с. - надежные и доведенные силовые установки семейства все того же В-2, обладавшего далеко не безграничными возможностями форсирования. Помимо требований к высокой мощности танковых моторов были заданы удельная литровая мощ-

ность, экономичность, диапазон рабочих оборотов и, в определенной мере, внешняя характеристика. Танкостроители жестко ограничили массу, объем и особенно высоту перспективного двигателя, обуславливавшие габариты будущих боевых машин.

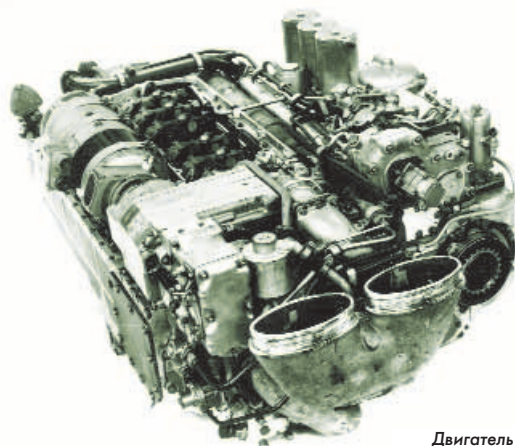
Нельзя сказать, что ведущими моторостроительными КБ не уделялось должного внимания созданию более мощных двигателей. Еще в конце 40-х годов отечественные конструкторы работали над проектами мощных быстроходных силовых установок, включая дизели с высоким наддувом, с тяговой газовой турбиной и т. п. (см. "Двигатель" № 1 - 2000 г.), однако разработку некоторых из них пришлось прекратить из-за неразрешимости возникших технических проблем, а другие работы в 1952 г. закрыли волевым решением руководства ввиду "избыточности" заложенных характеристик, для которых, как заявлялось, "не найдется применения". Прошло немного времени, и "директивно закрытая" проблема возникла вновь.

К 1953 г. были сформулированы основные тактико-технические требования к танковым силовым установкам нового поколения. Внимание танкостроителей привлек дизель оригинальной схемы, разрабатывавшийся в ЦИАМ под руководством доктора технических наук профессора А.Д. Чаромского - известного конструктора авиационных моторов марки "АЧ", строившихся в 1942-1946 г. на подмосковном заводе № 500. После войны знаменитый дизелист и лауреат Сталинской премии I степени оказался не у дел и занимался теоретическими и опытно-конструкторскими работами в ЦИАМ. Его новый проект двигателя отличался от классических конструкций, удивляя и привлекая не только высокими удельными характеристиками, но и небывалой компактностью. Вместо привычной V-образной или оппозитной компоновки с одним поршнем в цилиндре (казалось бы, а как иначе?) новинка Чаромского имела по два поршня в каждом цилиндре, разделенных камерой сгорания. Нельзя сказать, что эта схема не предлагалась ранее, однако Чаромскому удалось создать вполне работоспособный образец мощного двухтактного быстроходного турбопоршневого дизеля (для повышения мощности мотор был оборудован компрессором и турбиной с механическим приводом от коленвала). Машина получилась очень компактной, "плоской" с рядным расположением цилиндров, из-за чего ее фамильярно именовали "чемоданом", а саму компоновку характеризовали как "два горшка" в одной "трубе". Опытный одноцилиндровый отсек такого двигателя У-305 уже работал на стенде в ЦИАМ.

Однако принять проект в том виде, в каком он разрабатывался, при всей его привлекательности по мощностным и весовым показателям не представлялось возможным. Мотор все же создавался для авиационного применения, где требовалась винтовая



Первый заместитель главного конструктора Г.А. Волков



Двигатель 5ТДФ

внешняя характеристика, в то время как "танкистам" была необходима прогрессивная, с расчетом на высокую приемистость и приспособляемость, частые выходы на предельную нагрузку и почти постоянно на переменных режимах. К тому же авиационный мотор не удовлетворял требованиям, предъявляемым к танковой силовой установке и по компоновочным соображениям - габаритам, "обвязке" к соединениям. С учетом этих оговорок в 1954 г. А.Д. Чаромский, возглавивший группу конструкторов-дизелистов харьковского завода транспортного машиностроения № 75, разработал проект танкового турбодизеля 4ТД, рассчитанного на достижение мощности 580...600 л.с.

Наименование 4ТД двигатель получил по количеству цилиндров - 4, в которых находились по два поршня размерностью 120/120x2 со встречным движением. Цилиндры располагались горизонтально, обеспечивая минимальную высоту силовой установки и, соответственно, моторно-трансмиссионного отделения, что, в конечном счете, благоприятно сказывалось и на общей высоте и заметности самого танка. Высота двигателя получалась менее 700 мм, что полностью соответствовало требованиям военных и была заметно меньше по сравнению с V-образным В-2 и его "родственниками". Частота вращения 4ТД составляла 3000 об/мин, компрессор и турбина механически соединялись с коленвалом, продувка была прямоточной. К другим конструктивным особенностям относились индивидуальные топливные насосы и поршни, с учетом высоких тепловых нагрузок выполненные составными - легкий алюминиевый корпус с накладкой из жаропрочной стали и жаровым стальным кольцом.

Опробование одноцилиндровых отсеков будущего дизеля и испытания на безмоторных стендах обнаружили массу проблем. Они были связаны, в первую очередь, с напряженным температурным режимом и высокой нагруженностью узлов, являвшихся следствием самой схемы (работа камеры сгорания, приводившей в движение сразу два поршня, требовала высокотемпературного процесса и более "плотного" газового цикла). Однако не только это было причиной отказа от проекта 4ТД, так и не построенного в металле. Заводское танковое КБ "60М" во главе с А.А. Морозовым изменило требования к силовой установке, которым 4ТД перестал удовлетворять. На смену первоначальному проекту нового танка "объект 430" с дизелем 4ТД, завершеному к концу 1954 г., пришел инициативно предложенный "объект 430У", усиленный танк с крупнокалиберной пушкой и мощной бронезащитой, достигшей толщины 160 мм в лобовых листах вместо 120 мм у танка прежнего проекта. Развитие этого конструктивного направления, в конечном счете, привело к утверждению более перспективной машины, для организации работ по которой было принято постановление Совмина от 6 мая 1954 г. № 880-524.

Однако проектная масса нового танка составила 42 т, и ему требовалась более мощная силовая установка, причем, по опыту доводки других "объектов", высказывались пожелания о создании резерва мощности. Лучшее - враг хорошего, и на смену проекту 4ТД пришел дизель 5ТД, отличавшийся не только увеличенным до пяти числом цилиндров. Совместные совещания танкостроителей и дизелистов, проводившиеся на заводе каждый четверг, как и сложившееся между А.А. Морозовым и А.Д. Чаромским полное взаимопонимание, позволили устранив в новом проекте некоторые "нестыковки", в первую очередь - в отношении компоновки моторно-трансмиссионного отделения. Сохранив поперечное



Опытный танк "объект 430"

расположение мотора с двухсторонним отбором мощности и двумя планетарными бортовыми трансмиссиями, расположенными побортно по обе стороны двигателя, конструкторы сместили на освобожденные места по бокам мотора, параллельно коробкам перемены передач, компрессор и газовую турбину, ранее в 4ТД смонтированные сверху на блоке двигателя. Новая компоновка позволила вдвое уменьшить объем МТО по сравнению с танком Т-54, причем из него были исключены такие традиционные узлы, как центральная КПП, редуктор, главный фрикцион, бортовые планетарные механизмы поворота, бортовые передачи и тормоза. Как отмечалось позднее в отчете ГТУ, трансмиссия нового типа позволила сэкономить 750 кг массы и состояла из 150 механически обработанных деталей вместо прежних 500.

Что же касается самого двигателя 5ТД, то его общую высоту удалось уменьшить до рекордных в мировом танкостроении 581 мм. Гордясь своим достижением, создатели мотора предлагали ввести в теорию двигателестроения новый критерий оценки двигателей транспортных средств - удельную высоту $h' = h / N_e$, где h - высота двигателя; N_e - полезная мощность. Для дизеля 5ТД этот параметр равнялся 1 мм/л.с., а позднее при совершенствовании моторов семейства ТД был понижен почти вдвое, причем высота их не менялась, и рекордный критерий оставался недостижимым даже для лучших зарубежных образцов.

Однако заказчика больше интересовал работоспособный образец двигателя, а не теоретические выкладки. В июне 1955 г. для развертывания широкого фронта работ на заводе было организовано КБ для создания танкового мотора 5ТД - отдел 60Б. Главным конструктором назначили профессора А.Д. Чаромского, его заместителем по КБ - Г.А. Волкова, по испытаниям - С.Г. Осетрова. Параллельно на заводе существовал отдел 1600, занимавшийся прочими работами по дизелестроению (в основном, для тепловозов); на его опытно-испытательной базе предстояло производить отладку 5ТД. Ведущим инженером по двигателю стал Л.Л. Голинец, техбюро отдела 1600 руководил Н.И. Силаков. В отдел 60Б направили также опытных дизелистов из других подразделений, включая специализировавшееся по мощным танковым моторам СКБ-2, конструкторского отдела по тяжелым дизелям 60Д и танкового отдела 60М, а также молодых специалистов по турбинам и электротехнике.

Одной из сложнейших проблем, помимо синхронизации коленвалов, располагавшихся по бокам двигателя, стало обеспечение механической связи между компрессором и турбиной, вынесенными на противоположные торцевые стороны моторного блока. Ее осуществили путем рессорного соединения внутри кулачкового вала. Система охлаждения была выполнена без традиционного вентилятора с механическим отбором мощности, "съедающим" ее часть, а эжекционной, система возду-



Опытный танк "объект 430У"

очистки - инерционной вместо громоздких фильтров (частицы пыли в ней оседали в циклонах сменных кассет). Все системы обслуживания двигателя были заблокированы сверху над дизелем, образуя "второй этаж" МТО, схема которого получила наименование "двухъярусной".

К числу других прогрессивных конструктивных идей танкового дизеля 5ТД относились также другие направленные на достижение высоких показателей решения:

- силовая схема со стальными анкерными связями и разгруженным алюминиевым блоком цилиндров;
- двухсторонний отбор мощности от выпускного коленчатого вала на бортовые трансмиссии;
- горизонтальное расположение цилиндров и "сухие картеры";
- составные поршни с алюминиевым корпусом, жаропрочной стальной накладкой и неразрезным жаровым кольцом;
- минимальный охлаждаемый объем камеры сгорания и устройство поршней, обеспечивающие минимальную теплоотдачу в воду и масло;
- система наддува с комбинированной связью коленвала, компрессора и газовой турбины, обеспечивающая также хорошую приемистость и пусковые качества;
- полукрытая топливная аппаратура с минимальным количеством прецизионных деталей;
- всережимный регулятор частоты вращения, управляющий топливными насосами;
- оснащенность компрессором высокого давления и автоматически переключающимся стартер-генератором.

Параллельно с выпуском рабочих чертежей готовили и отрабатывали подготовку производства, проектирование оснастки. Отделом 1600 за два года были изготовлены 24 уникальных моторных и безмоторных стенда, в том числе два для исследования и продолжительных испытаний одноцилиндровых отсеков, стенд для воспроизведения замкнутой системы автоматического регулирования, длительных "горячих" испытаний турбины, стенды для отработки компрессора, насосов, масляной и топливной систем, прочностных испытаний, моделирующий стенд для воспроизведения замкнутой системы автоматического регулирования.

Двигатель авиационного типа требовал качественно иного, на порядок более высокого, уровня технологии производства. На заводе началось освоение сложнейшего алюминиевого литья пятисекционных блоков цилиндров, корпусов компрессоров и турбин, картеров и корпусов редукторов, плит передач. Использо-

валось также специальное литье - под давлением (центробежное и жидкая штамповка), по выплавляемым моделям и в оболочковые формы. Для выпуска жаропрочного прецизионного литья, в первую очередь деталей турбины - лопаток и дисков ротора, был оборудован специальный участок, позднее развернутый в специализированный цех - второй в стране (первый имелся на Пермском авиационном моторостроительном заводе, откуда были прикомандированы специалисты, доставлены образцы деталей, отлитых по выплавляемым моделям, сами модели и передана технология их изготовления).

Оценив преимущества авиационных методик, директор завода К.Д. Петухов немедленно распорядился о налаживании такого производства в Харькове. В цехе было освоено стальное прецизионное литье по выплавляемым моделям со стержнями из карбамида, применявшееся для изготовления уникальных конструкций - тонкостенных цельнолитых патрубков с внутренними аэродинамическими решетками и выходов турбин. Разработанными в Харькове технологиями тогда не владел ни один другой завод, в том числе и авиационного моторостроения.

Не менее уникальную конструкцию имел и ротор турбины, цельносварной с диском из жаропрочного сплава ЭИ-395, валом из высоколегированной стали 30ХМА и литыми лопатками из кобальтового сплава ЛК-4. Для налаживания сварочного производства на завод прибыли специалисты ВИАМ во главе с ведущим сварщиком Люстровым.

Первые сварные узлы были выпущены в 1956 г., и собранный к концу этого года образец мотора 5ТД уже имел цельносварной бандажированный ротор, обладавший высокой надежностью и отменными газодинамическими показателями. Аналогов в стране эта конструкция не имела.

Позднее, по предложению заместителя председателя Совета Министров Л.В. Смирнова, курировавшего эти работы, началось освоение цельнолитых роторов турбины из жаропрочных сплавов, а также деталей и узлов компрессора - центробежных рабочих колес, колеса водяного насоса, лопаток и корпуса направляющего аппарата из терморезистивных пластмасс типов АГ-4С и АГ-4В. Примечательно, что впоследствии технологии, разработанные харьковскими дизелистами, были использованы при создании космической техники, в том числе и в лунных спускаемых аппаратах.

Над новым дизелем, помимо конструкторов и технологов, работали опытей-

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ 5ТД И 5ТДФ		
Характеристика	5ТД	5ТДФ
Год выпуска	1956	1960
Мощность, л.с.	580	700
Частота вращения, об/мин	3000	2800
Размерность, см	12/12	12/12
Объем цилиндров, л	13,5	13,5
Удельный расход топлива, г/л.с.·ч	175	175
Габаритная мощность, л.с./м ³	729,5	917
Литровая мощность, л.с./л	42,8	52



Заместитель главного конструктора по опытным работам С.Г. Осетров

"Объект 462" - прототип танка Т-64



шие станочники, металлурги, сварщики и слесари-сборщики, многие из которых принимали участие еще в изготовлении первых образцов мотора В-2 в тридцатые годы, в годы войны строившие двигатели для танков на заводах № 77 (Барнаул), № 183 (Нижний Тагил) и № 75 (Челябинск) и выезжавшие с ремонтными бригадами на фронт. Обычным делом тогда было, что мастеров, имевших большой стаж и опыт, чем иные руководители, заводское начальство знало по именам, а совещания по заданию, стоявшему на контроле ВПК и Министерства оборонной промышленности, начинались с отчета - как обстоят дела на участке, где заправлял работой тот или иной моторист (впрочем, тогда еще живы были традиции, по которым настоящему инженеру вменялось в привычку умение самостоятельно работать с металлом, а многие видные конструкторы имели собственный набор инструментов).

Чрезвычайно много проблем доставило освоение выпуска составных поршней - конструкции оригинальной, легкой и даже изящной, но потребовавшей высокой точности изготовления и кропотливой доводки, ведь поршням приходилось принимать на себя колоссальные нагрузки при достигнутой высочайшей на то время удельной литровой мощности - порядка 40 л.с./л. Другим "узким местом" стала топливная аппаратура, в которой каждый топливный насос питал 4 форсунки, вмонтированные в тонкостенные гильзы цилиндров.

В январе 1957 г. первый опытный образец танкового дизеля 5ТД был подготовлен к стендовым испытаниям. Компактная силовая установка рабочим объемом 13,5 л имела габариты 1433x955x581 мм и при заданной мощности 580 л.с. характеризовалась литровой мощностью 42,8 л.с./л, габаритной мощностью 729 л.с./м³ и удельной массой 1,8 кг/л.с. Удельный расход топлива составлял 175 г/л.с.ч. По окончании стендовых испытаний 5ТД в том же году был передан на объектовые (ходовые) испытания в опытном танке "объект 430", а к маю 1958 г. прошел межведомственные Государственные испытания с хорошей оценкой. Примечательно, что весь цикл создания уникального изделия потребовал весьма небольшого времени - от начала предэскизного проектирования до завершения Госиспытаний прошло менее 5 лет. По этому поводу председатель Госкомиссии полковник Урусов заметил: "Такого чуда я не помню - очевидно, потому, что его никогда раньше не было и его нельзя было ожидать в такое короткое время".

И все же дизель 5ТД в серийное производство решили не передавать. Причиной вновь стало изменение требований военных к новым танкам, в очередной раз вызвавшее необходимость роста мощности. С учетом очень высоких технико-экономических показателей двигателя 5ТД и заложенные в нем резервы (что продемонстрировали и испытания) новую силовую установку мощнос-

тью порядка 700 л.с. решили создать на его основе. КБ обязывалось немедленно приступить к проектированию и постройке опытных образцов форсированного мотора 5ТДФ. Заводу и строительным организациям, соответственно, предписывалось начать подготовку его серийного выпуска и постройку современного моторостроительного производства, не дожидаясь окончательной доводки и принятия двигателя заказчиком. Риск был велик и сравним со степенью новизны двигателя, однако решение было инициировано не только и не столько партией и правительством - сами танкостроители выступили с предложением для достижения качественного скачка создавать новый основной танк "объект 432" (будущий Т-64) с усиленным вооружением, защитой и высокими маневренными качествами, что требовало существенного роста энерговооруженности.

Соответствующее постановление Совмина № 141-58 было принято гораздо позднее, 17 февраля 1961 г., однако еще годом раньше на заводе прошло совещание по вопросу создания двигателя 5ТДФ. Его вел замминистра С.Н. Махонин (недавний директор завода № 75), от КБ в совещании принимал участие назначенный главным конструктором Л.Л. Голинец, принявший дела у А.Д. Чаромского, по окончании испытаний 5ТД возвратившегося в Москву в связи с выходом на пенсию. О придаваемом заданию значении Махонин сказал следующее: "Все мы помним ту колоссальную роль, которую сыграл танк Т-34 с двигателем В-2 в победе над врагом. Мы не хотим войны и новых трагедий, но если она, не дай Бог, случится, то роль двигателя В-2 и танка Т-34 возмуг на себя создаваемый двигатель 5ТДФ и танк Т-64, и они с этим справятся". Закрывая совещание и обращаясь к заводчанам, он подытожил: "Все, что на совещании было сказано - истина. Организовать серийное производство, особенно такого двигателя, как 5ТДФ, очень сложно. Не менее сложно запустить в кратчайшее время практически новый моторостроительный завод. Это сложная организационно-техническая работа, но мы с ней справимся. Главное зависит от конструкторов - если они справятся, то будет новый двигатель и новый завод".

(Продолжение в следующем номере)

DIGEST

By mid-1950s, both world and Russia tank-building began developing a new class of machines - the combat tanks combining high mobility of mid-class tanks with powerful armament and defensive armor of heavy tanks. Weight of the leading combat tanks armed with 100...125-mm guns and protected by the thick armor very quickly crossed 40-ton mark. To maintain acceptable speeds and maneuverability it was required to increase power-to-weight ratio by using more powerful engines.

In 1954, A.D. Charomskiy, headed a working team of diesel designers at Kharkov Transport Machine-Building Company № 75, proposed an original design concept of a tank turbodiesel aiming at 580...600 h.p. The engine was called according to the number of cylinders, each containing two pistons moving in opposite directions. The cylinders were placed horizontally, ensuring minimal height of the powerplant, that favored to total height and visibility of the tank. In January, 1957 the first diesel prototype, dubbed as 5TD, was assembled for performance tests. The tests were successfully completed and the working team launched the development of a supercharged diesel derivative dubbed as 5TDF.

"A SUITCASE", OR TWO PISTONS IN ONE CYLINDER

ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Приводы подачи всех современных металлообрабатывающих станков с ЧПУ, в том числе и электроэрозионных (ЭЭ), строятся по традиционной схеме. Так, у одного из них перемещение каретки подачи (рабочего органа - РО) осуществляется с помощью шагового двигателя. Поворот ротора двигателя с валом через ременную передачу передается на ходовой винт червячной передачи. С помощью шариковой гайки (она скреплена с РО) вращение винта трансформируется в продольное перемещение РО. Более надежные и современные приводы выполнены без ременной передачи. В этих приводах силовой шаговый двигатель непосредственно соединен с ходовым винтом.

Недостатки указанных приводов хорошо известны:

- большое количество промежуточных элементов от источника энергии до РО;

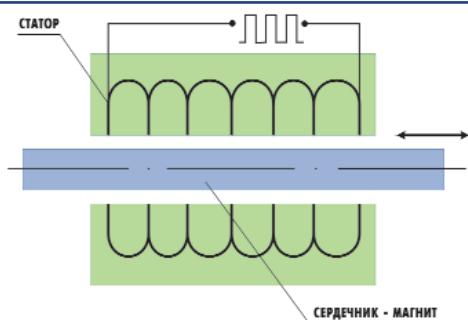


Рис. 1.

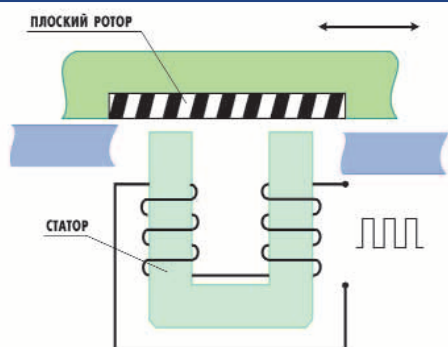


Рис. 2.

- громадная инерционность этих элементов, что особенно заметно у крупных станков;
- наличие зазоров в передающих устройствах;
- трение сопрягаемых деталей (резко изменяющееся при переходе системы из состояния покоя в состояние движения);
- температурные и упругие деформации практически всех передающих звеньев;
- износ сопрягаемых элементов в процессе эксплуатации и потеря исходной точности;
- погрешности в шаге ходового винта и накопленная погрешность по длине и т.д.

Поскольку эти недостатки снижают основные качественные характеристики приводов (точность и равномерность хода РО, величину мертвого хода при реверсе, допустимые ускорения и скорости РО), конструкторская мысль станкостроителей давно пытается как-то уменьшить их влияние. Например, взамен ходового винта с гайкой для уменьшения трения уже давно используют дорогое и сложное шаровинтовое соединение; с целью ликвидации зазоров в соединении винта с гайкой вводят специаль-

ные устройства натяга соединения; ходовые винты особо точных станков изготавливают по классу эталонных; погрешности шага винтов уменьшают с помощью компенсаторов; для борьбы с температурными деформациями создают изощренные системы охлаждения и т.д. Проблемы, проблемы, проблемы... И уже давно стало ясно, что проблемы приводов с ходовыми винтами принципиально не поддаются решению из-за их физико-технической сущности.

Передовая конструкторская мысль уже много лет работала над задачей кардинальной замены типовых приводов металлообрабатывающих станков на какие-то другие. Как говорят, гениальное - просто. И таким гениальным решением стало применение линейных двигателей (ЛД).

Принцип работы такого двигателя не нов и, в общем, известен даже школьнику, поскольку прототипом ЛД является простейшая электромагнитная система (рис. 1). Она состоит из металлического сердечника-магнита и статорной обмотки. При подаче тока определенной полярности в обмотку сердечник сместится в ту или иную сторону, причем практически мгновенно. Как видим, между источником энергии и РО нет никаких промежуточных элементов, передача энергии осуществляется через воздушный зазор, ничего не надо вращать, становится возможным осуществление главной задачи - продольного движения РО. Перспективность решения, естественно, была сразу оценена. На рассмотренном принципе уже десятилетия работают все элементы электроавтоматики, системы электротормозов, системы защиты, специальное оборудование ударного типа и т.д. Громкий опыт использования электромагнитных систем выявил их достоинства: удивительную простоту конструкции и применения, возможность почти мгновенной остановки и реверса, быстроту срабатывания, большие создаваемые усилия, простоту настройки. Не было только одного - возможности регулирования скорости РО в электромагнитной системе. А без этой возможности применить электромагнитный привод в качестве движителя для РО станка было невозможно.

Потребовались многие годы работы ученых и конструкторов разных стран, прежде чем был достигнут успех. Особенно интенсивно исследования велись в Японии, где линейный привод (рис. 2) был впервые использован как движитель для сверхскоростных поездов. Там же были предприняты попытки создания линейных приводов для металлообрабатывающих станков, но первые разработанные образцы имели существенные недостатки: создавали сильные магнитные поля, перегревались, а главное - не обеспечивали равномерности движения РО. Лишь на пороге нового тысячелетия серийно выпускаемые станки (пока только электроэрозионные) стали оснащаться ЛД нового поколения, отличающимися равномерным движением кареток станков со сверхвысокой точностью, большим диапазоном регулирования скорости, громадными ускорениями, мгновенным реверсом, простотой обслуживания и наладки и др. Японская фирма SODICK Co. Ltd сумела решить сложнейшие конструкторско-технологические задачи и вывела линейные двигатели на новый уровень совершенства.

В принципе, конструкция ЛД изменилась не сильно. Двигатель состоит всего из двух элементов: неподвижного плоского статора и плоского ротора с воздушным зазором между ними. И статор, и ротор выполнены в виде плоских: легко демонтируемых блоков. Статор крепится к стойке (основанию) станка, а ротор - к рабочему органу. Ротор элементарно прост, он состоит из набора прямоугольных брусков, представляющих собой сильные

Павел Серебrenицкий, к.т.н.,
Балтийский государственный технический университет
"Военмех" им. Д.Ф. Устинова

НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

постоянные магниты. Последние закреплены на тонкой плите из специальной минералокерамики, коэффициент температурного расширения которой в два раза меньше, чем у гранита, а твердость близка к твердости сапфира. Кстати, из такого же материала исполняются и многие подвижные элементы станков фирмы SODICK Co. Ltd, такие как рабочие каретки, ползуны и пр. Есть у фирмы модели станков, все элементы которых полностью выполнены из минералокерамики. Использование керамики в совокупности с эффективной системой охлаждения позволило решить многие проблемы линейных приводов, связанные с температурными факторами, наличием сильных магнитных полей, жесткостью конструкции и т.п.

Точная и равномерная подача РО во всем диапазоне скоростей обеспечивается благодаря использованию двух технических "изюминок":

- размещением постоянных магнитов ротора по отношению к направлению движения РО под определенным фиксированным углом, подобранным в ходе длительных экспериментов;
- применением эффективной шестифазной импульсной системы управления статором (и самим приводом) и оригинальной конструкцией плоского статора.

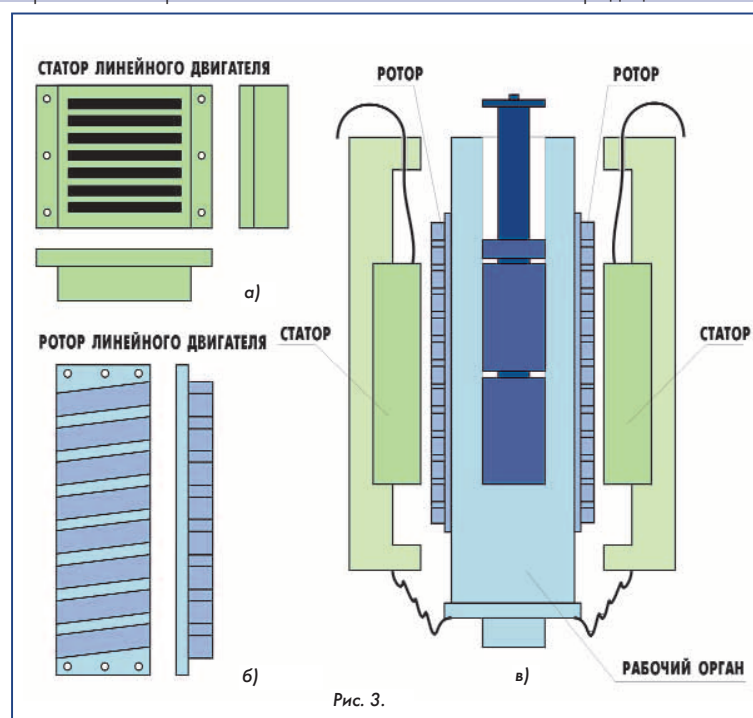
Успешное завершение исследований позволило фирме SODICK Co. Ltd организовать на собственных заводах серийный выпуск широкой гаммы ЛД с выдающимися характеристиками: с ходом подач от 100 до 2220 мм, максимальной скоростью перемещения РО до 180 м/мин с ускорениями до 20 g при точности исполнения заданных перемещений (в номинальном режиме), равной 10^{-7} м (0,1 мкм). Нагрев элементов ЛД в процессе работы относительно температуры помещения не превышает 2 °С. Оборудование обеспечивает почти мгновенную остановку РО, реверс, моментальную реакцию привода на команды системы ЧПУ и т.д. Рабочий орган может (например, для увеличения мощности) приводиться в движение несколькими линейными приводами. В частности, так выполнен привод каретки вертикального ползуна линейного ЭЭ прошивного станка модели AQ35L LN1.

Статор станка исполнен в виде прямоугольного блока (рис. 3а) и крепится несколькими болтами в окне вертикальной стойки станка. В рассматриваемой модели применены два статора, размещенные по обе стороны ползуна. К каждому статору крепятся два патрубка системы охлаждения статора, а также кабель подвода энергии и управления. Пластина ротора (рис. 3б) жестко крепится болтами к рабочему органу - подвижной каретке. Поскольку станок имеет два ЛД, то на каретке крепятся, естественно, и два ротора, каждый напротив своего статора

(рис. 3в). Система направляющих и пневмопротивовес обеспечивают исключительную легкость хода каретки.

Следует особо отметить простоту обслуживания, профилактики и ремонта ЛД. Так, чтобы заменить ротор, достаточно отвернуть несколько болтов. Для замены статора достаточно снять две трубки системы охлаждения статора, отсоединить кабель и отвернуть болты крепления. Сравните эти действия, например, с комплексом работ по снятию шаровой гайки или замене подшипника ходового винта.

Эффективность применения новых приводов сразу же нашла убедительное подтверждение. Новая серия ЭЭ станков с линейными двигателями фирмы SODICK Co. Ltd. имеет значительно улучшенные технико-технологические и эксплуатационные характеристики по сравнению с аналогичными станками с традицион-



ным приводом. Так, производительность ЭЭ-прошивных станков увеличилась как минимум в 2 раза, а ЭЭ проволочно-вырезных - на 50 %; кроме того, повысилась точность обработки деталей. У линейных двигателей - большое будущее в металлообработке!

СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННОГО И ЛИНЕЙНОГО ПРИВодОВ СТАНКОВ

Факторы, параметры, характеристики	Традиционный привод	Линейный привод
Промежуточные элементы между двигателем и РО	Ротор, вал, шкивы, ремень, винт, шарики, гайка	Отсутствуют
Потери на трение в элементах привода	Подшипники ротора ШД, ремённая передача, подшипники ходового винта, шарики, плоскости профиля канавки гайки	Отсутствуют
Элементы с упругими деформациями в приводе	Вал ротора ШД, ремень шкива, вал винта, плоскости профиля канавки винта, шарики, плоскости профиля канавки гайки	Отсутствуют
Элементы с температурными деформациями в приводе	Ротор ШД, вал ротора, подшипники ротора, шкивы, ремень, подшипники винта, винт, шарики, гайка	Отсутствуют
Изнашиваемые элементы привода	Подшипники ротора ШД, шкивы, ремень, подшипники винта, ходовой винт, шарики, гайка	Отсутствуют
Обязательные зоны для смазки	Подшипники ротора ШД, подшипники винта, зона шаровинтовой пары	Отсутствуют
Элементы привода, создающие инерционные нагрузки при ускорениях и реверсе	Вращающиеся ротор ШД, вал ротора, внутренние кольца подшипников вала ротора, шкивы, ремень, внутренние кольца подшипников винта, ходовой винт, гайка и шарики в поступательном движении.	Плоский ротор привода в поступательном движении
Основные зоны загрязнения элементов привода (уровень сложности очистки)	Подшипники вала ротора ШД (сложно), подшипники ходового винта (сложно), шаровинтовая пара (очень сложно)	Зазор между плоским статором и плоским ротором (несложно)

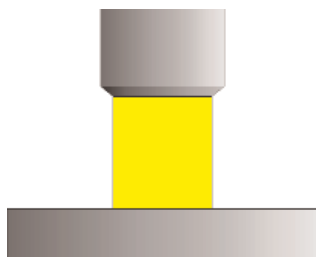
Зачем станку оптимальный искровой зазор?

Автомобилисты со стажем знают, как важен зазор в свече зажигания. Большой зазор - слабая искра, слишком малый - нестабильное зажигание. Чем точнее отрегулирован зазор в свече, тем он оптимальнее, тем качественнее и быстрее



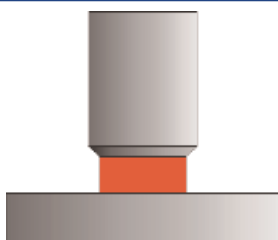
Электроэрозионная (электроискровая) обработка - процесс существенно более сложный, чем зажигание двигателей внутреннего сгорания.

Оптимальный зазор в электроэрозии (величину оптимального зазора задает в ЭЭ станках "СОДИК" система компьютерного ЧПУ, рассчитывая ее по состоянию зазора и данным "базы знаний" ЭЭ обработки) - это оптимальные энергетические режимы искрообразования и, в результате, наиболее производительная и качественная обработка при наименьшем износе электрода.



**Зазор
слишком
велик**

По мере увеличения зазора число искровых разрядов падает. На определенной величине зазора обработка останавливается.



**Зазор
слишком
мал**

По мере уменьшения межэлектродного зазора эффективность разрядов падает, износ электрода возрастает, при определенной величине зазора возникают дуговые разряды, приводящие к повреждению электрода и детали.

Задача сервосистем привода ЭЭ станка - подать электрод максимально точно в командную точку, рассчитываемую КЧПУ. Обычные приводы с ШВП не способны делать это с достаточной быстротой и точностью.

НЕДОСТАТКИ ШВП-ПРИВодОВ

Станок с ШВП-приводами большую часть времени работает с зазорами, большими или меньшими оптимальных

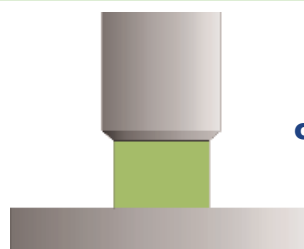
Причина: врожденные конструктивные пороки ШВП-приводов:

- малая скорость, плохая динамика;
- большая инерционность;
- температурные деформации множества металлических частей;
- наличие люфтов (отсюда мертвые ходы);
- нестабильность по трению (скачкообразные подачи);
- погрешность шага винтов.

Фактические точки, куда подает электрод ШВП-привод оказываются в широкой области зазора, в несколько раз большей чем область оптимального зазора. В результате ЭЭ станки с ШВП-приводами большую часть рабочего цикла работают малоэффективно, с зазорами больше или меньше оптимального и, соответственно, со сниженными энергетическими режимами.

Только ЭЭ станки с линейными сервоприводами впервые гарантируют точное и одновременно динамичное позиционирование электрода в область оптимального зазора.

Это достигается благодаря несравнимо более высокой точности и динамике (моментальности) линейных сервоэлектродвигателей.



**Зазор
оптимален**

Работа электроэрозионного станка при оптимальном зазоре обеспечивает максимальную скорость и высокое качество обработки детали.

Уникальная сервосистема "СОДИК" корректирует положение электрода **500 раз в секунду!**

ДОСТОИНСТВА ЛИНЕЙНЫХ СЕРВОПРИВодОВ:

- скорость сервоподач до 36 м/мин (600 мм/с), максимальное ускорение до 1,89g;
- очень малая инерция;
- минимум термдеформаций благодаря уникальной системе охлаждения и конструкционной керамике с особо малым тепловым расширением;
- нет передаточного механизма - нет зазоров - нет люфтов - нет мертвых ходов;
- минимум трения (только в направляющих) - нет скачкообразных подач;
- нет винта ШВП - нет погрешности шага винта и необходимости ее компенсации.

Почему ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ С ЛИНЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ намного производительнее обычных ЭЭ станков ?

Как это ни парадоксально, главная причина не в скорости линейных серводвигателей SODICK, а в их фантастической точности

Sodick

ВПЕРВЫЕ ! Линейные сервоприводы в ЭЭ станках

Для справки: Электроэрозия, как метод точной обработки твердых металлов, была открыта в России в конце 30-х годов. Спустя 60 лет насыщенность российского производства электроэрозионным оборудованием составляет в лучшем случае 1/50 от уровня Японии и 1/30 от уровня США.



Рост производительности
проволочной вырезки на 40...100%.
значительное повышение точности и
качества, солиднейшая экономия
расходных материалов

ЛИНЕЙНЫЕ СЕРВОПРИВОДЫ - БУДУЩЕЕ СТАНКОСТРОЕНИЯ

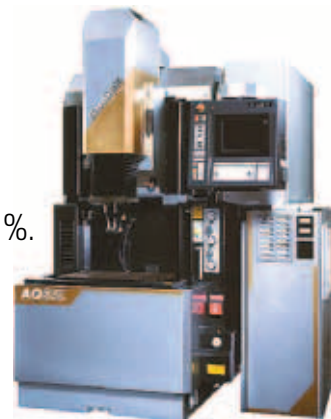
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО ИЗ ЯПОНИИ

Прошивочные и вырезные ЭЭ установки SODICK с высокоточными и динамичными линейными сервоприводами, ЭЭ "супердрели". ГАРАНТИЯ - 2 ГОДА. Поставка со складов в Гамбурге или в Москве (за рубли) в течение 2 - 3 недель. Организация лизинга.

ИНСТРУМЕНТ В ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ – ИСКРОВЫЕ РАЗРЯДЫ.

Характеристики искровых разрядов в значительной степени зависят от величины искрового (межэлектродного) зазора. Оптимальный зазор – это оптимальные режимы обработки и, следовательно, максимальная производительность. Если зазор больше или меньше, чем нужно, теряется производительность и качество. В идеале в каждый момент рабочей сервоподачи зазор должен быть равен командному значению (задаваемому КЧПУ).

Рост
производительности
координатно-
прошивочной
обработки на 50...200 %.
Новые стандарты
точности и качества
обработки.



Обычные приводы из-за больших потерь в механизмах преобразования вращательного движения в линейное, инерционности и т.д. обеспечивают подачу электрода в командные точки лишь с точностью в "десятку" или, в лучшем случае, в "сотку". В результате ЭЭ станок с обычными приводами только малую часть времени работает с оптимальными искровыми зазорами и, соответственно, в оптимальных энергетических режимах (режимах наибольшей производительности).

В линейных сервоприводах нет преобразования вращательного в линейное движение, нет шаровинтовых пар, нет зубчатых или ременных передач - двигатель перемещает прежде всего сам себя. Точность подач - микроны и доли микрона. В результате, в каждом ходе сервоподач достигается идеальный межэлектродный зазор, а в каждом рабочем цикле - идеальные энергетические режимы, что обеспечивает резкий рост и скорости, и качества ЭЭ обработки.

Будьте первыми!

Представительство в Москве:
Тел.: (095) 725-3603, 214-9801.
Факс: 214-1842.
E-mail: sodicom@sodick-euro.ru
www.sodick-euro.ru
Технический центр: (095) 964-2598

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПРОИЗВОДСТВА - НАДЕЖНОСТЬ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Федеральный
научно-производственный центр
ММП "Салют"

Россия, 105118, Москва,
пр. Буденного, 16.
Тел.: (095) 369-8001.
Факс: (095) 365-4006
E-mail: marketing@salut.ru
<http://www.salut.ru>

