

№1(7) январь–февраль 2000

Двигатель

Научно–технический журнал



**Воплощение
на перспективном двигателе
уникальных технических решений
обеспечивает выдающиеся качества новой машины**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Абрамов Г.А.,

директор Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Глухих В.К.,

председатель Совета директоров ОАО "Рыбинские моторы"

Грибакин В.И.,

ген. директор Внешнеэкономического АО "Интерпрофавиа"

Гриценко Е.А.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова, Самара

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания МФПГ "БелРусАвто", Москва

Долецкий В.А.,

президент АО "Русские моторы", Ярославль

Зазулов В.И.,

гл. конструктор ОКБ "ЭГА", Москва

Каблов Е.Н.,

директор ГНЦ ВИАМ

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот – РМА"

Книгель А.Я.,

руководитель Департамента авиационной промышленности Минэкономики РФ

Коржов М.А.,

гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

Крымов В.В.,

гл. инженер ФНПЦ ММП "Салют", Москва

Кузнецов А.Н.,

зам. ген. директора Российского авиационно-космического агентства

Кутнев В.Ф.,

ген. директор ГНЦ НАМИ

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,

Алексей Межуев

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка

Александр Коваленко

Техническая поддержка

Александр Бобылев

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

Валерия Амотника,

Александра Бажанова,

Дмитрия Боева, Александра Медведя,

Владимира Романова, Сергея Сергеева

Адрес редакции журнала "Двигатель":

112250, 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

Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано на фабрике офсетной печати
г. Москва

Тираж 5000 экз.

Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

- 5** **Собрание АССАД: итоги 1999**
- 6** **Отечественные вертолетные двигатели: состояние и перспективы**
В. Скибин, Б. Пономарев
- 8** **Запорожские моторы "народных самолетов"**
- 10** **75 лет в мире высоких технологий**
В. Лесунов
- 12** **Шедевр двадцатого века**
В. Чепкин
- 14** **"Салют" чистому небу**
А. Лейтес, В. Орис
- 16** **В 21 век с авиационным двигателем пятого поколения**
Е. Гриценко, В. Осипов, С. Сватенко, Б. Клинский
- 17** **Все лучшее — для авиации**
И. Радчик, Д. Скворцов
- 18** **Самый массовый вертолетный двигатель**
П. Изотов, Д. Изотов
- 21** **Электроэрозионная обработка применяется потому, что литье слишком дорого, а фрезерование слишком неточно**
Х. Висс
- 24** **Шлифование = качество зубчатых колёс**
А. Калашников
- 26** **"Полет" на "Руслане"**
А. Карпов
- 28** **Фторный ЖРД: соотношение возможности и необходимости**
В. Рахманин
- 33** **Математическое моделирование теплообмена и тепловой защиты в двигателях**
Л. Волкова, Н. Волков, А. Губертов, В. Миронов
- 36** **Сверхмощные танковые двигатели, или наш ответ на "королевский тигр"**
В. Березкин
- 39** **Тот самый "НК"**
Н. Александров
- 44** **Сердце истребителя**
А. Николаев
- 47** **Любовь была взаимная**
А. Маркуша



*Полет прекрасен,
когда его творишь сам*

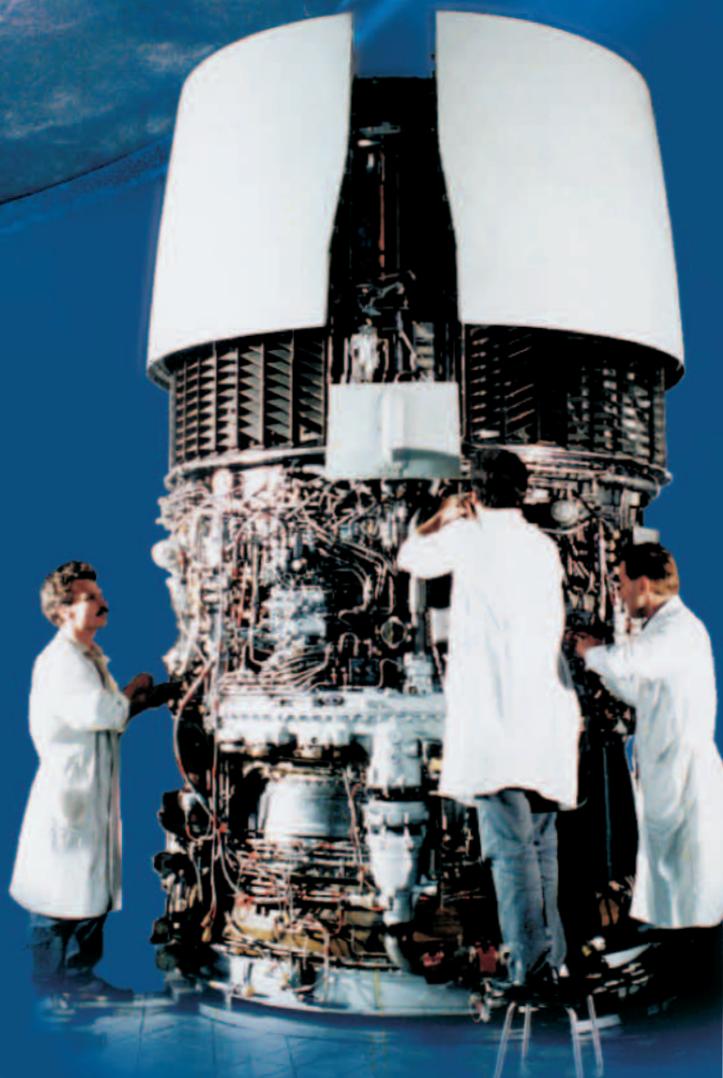


ПЕРМСКИЙ
МОТОРНЫЙ
ЗАВОД



АВИАДВИГАТЕЛЬ

РОССИЙСКИЙ
ЦЕНТР
ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ



СОБРАНИЕ АССАД: ИТОГИ - 1999

Очередное общее собрание АССАД состоялось 28 марта 2000 года. В отчетном докладе Президент АССАД Виктор Чуйко отметил, что одной из самых главных задач предприятий, Правления и Генеральной дирекции в 1999 г. было выполнение исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике, вошедшей в Президентскую программу "Развитие гражданской авиационной техники России до 2000 года". Основными направлениями работ являлись:

- дальнейшее совершенствование двигателей ПС-90А и ТВ7-117С;
- создание двигателей НК-93, Д-436Т1 (ТП), ТВД-1500, РД-600, ТВД-20, ВГД-2 и других.

Следует отметить, что в отличие от прошлых лет в 1999 г. договоры по выполнению указанной Президентской программы впервые были полностью профинансированы: во многом благодаря усилиям Минэкономки, Росавиакосмоса и АССАД, сумевших организовать работу с государственными инстанциями, включая Госдуму.

Проведенные предприятиями-членами АССАД работы по двигателям обеспечили летные испытания самолетов Ту-334 (за 1999 г. выполнено 42 полета), Бе-200 (на 1.01.2000 г. выполнено 80 полетов) и вертолета КА-62 с двигателями Д-436Т1, Д-436ТП и РД-600, соответственно.



По двигателю ТВД-20 проведен комплекс работ, направленных на завершение сертификационных испытаний, оформлено заключение Федеральной службы воздушного транспорта о соответствии двигателя техническому заданию, 2 февраля 2000 г. подписан сертификат типа.

Целенаправленные работы по повышению надежности и ресурса двигателя ПС-90А привели к тому, что наработка на одно выключение в полете в 1999 г. значительно увеличилась, превысила установленные нормы и достигла, по предварительным данным, 42 300 ч. Увеличилась наработка этих двигателей на крыле без съема. Один двигатель наработал без ремонта более 7000 ч, шесть — более 6000 ч, двенадцать — более 5000 ч, их эксплуатация продолжается.

В соответствии с протоколом совещания "О мерах по обеспечению эксплуатации самолетов Ил-96-300 в части двигателей ПС-90А", утвержденным Департаментом авиационной промышленности Минэкономки РФ, при АССАД создана рабочая группа, которой проведена работа по сравнительной оценке стоимости жизненного цикла двигателя ПС-90А и его зарубежных аналогов. В заключении отмечается

конкурентоспособность двигателя ПС-90А по сравнению с аналогом западного производства: часовые затраты эксплуатирующей компании при использовании двигателя ПС-90А в 1,45...1,6 раза ниже, чем его зарубежного аналога при одинаковых условиях приобретения.

Продолжались работы по двигателю НК-93. Проведенные испытания газогенератора двигателя НК-93 в термобарокамере ЦИАМ подтвердили значения параметров, близкие к проектным.

По двигателю Д-436Т1 (ТП) проведено 90 % работ в обеспечении сертификации. Эти работы, проводимые АССАД по договорам с Росавиакосмосом, намечено завершить в 2000 г. полу-

чением сертификата типа.

По ТВД-1500 определен облик образца для сертификационных испытаний, проведен комплекс испытаний в подтверждение заявленных параметров и прочностных характеристик двигателя. ОАО "Рыбинские моторы" принимает меры по завершению работ и получению сертификата типа в 2000 г.

На собрании особенно отмечалось возрастание консолидирующей роли АССАД. Важнейшим событием 1999 г. было завершение Генеральной дирекцией работ по созданию и изданию первой энциклопедии отечественного авиационного двигателестроения.

Под руководством Росаэркосмоса наконец-то намечено решение вопросов с лизингом авиационной техники, о которых говорилось многие годы. Это требует существенных изменений в банковском, финансовом, налоговом, таможенном законодательстве, но без этого рынок авиационной техники в нашей стране существовать не может. В бюджете на 2000 г. поднято в два раза финансирование оборонного заказа, причем в реальных деньгах, что позволит загрузить производство "оборонки", в том числе и двигателестроителей и погасить задолженность государства перед производителями. Заместитель генерального директора Росавиакосмоса Станислав Рынкевич, выступивший на собрании, уверен, что эти долги, в том числе и за 1999 г., будут выплачены.

Законы управления современной промышленностью требуют оперативного информирования. Теперь материалы по состоянию авиадвигателестроительной подотрасли России можно будет получать от АССАД непосредственно "из первых рук". Обеспечена регистрация доменной зоны www.assad.ru, и почтовых ящиков электронной почты по коду assad@assad.ru и assad@aviacom.ru. Выполнены подготовительные работы по созданию первой версии сайта АССАД, а также подбор материалов для размещения на сайте. Приближающаяся выставка "Двигатель-2000" обещает стать смотром сил двигателестроителей СНГ и их реальных возможностей, что найдет на этом сайте реальное отражение.



Заместитель генерального директора Росавиакосмоса
Станислав Рынкевич



Когда наша страна занимала шестую часть земной суши, в ней были достаточно четко отлажены внутренняя и международная (в рамках СЭВ) кооперация. Так, разработанные в Киеве самолеты строили в Польше, Венгрия поставляла для всех автобусы, а Минск и Набережные Челны - тяжелые грузовики. Украинское Запорожье, кроме известной легковушки, прославилось монополией в производстве двигателей (российской разработки) для всех вертолетов, летающих и над Союзом, и над всеми странами СЭВ. Однако время идет!..

Владимир Скибин, директор ГНЦ РФ ЦИАМ
Борис Пономарев, начальник отдела ЦИАМ

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ВЕРТОЛЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Двигатели вертолетных турбовальных ГТД (ТВ ГТД), созданные в 60 - 70-е гг., полностью покрывали потребности отечественной военной и гражданской авиации, обеспечивали паритет, а в некоторых случаях - превосходство над потенциальными противниками и конкурентами. Наиболее массовый из серийных вертолетных ТВ ГТД типа ТВ3-117 (в различных модификациях) и турбовальный Д-136 изготавливаются на Украине, отделенной ныне от нас границами. Производство ГТД-350 ещё в 60-е гг. было переведено в Польшу, а устаревшие Д-25В и ТВ2-117 более не выпускаются. Хотя эти двигатели еще находятся в эксплуатации в России и десятках других стран и с ними будут работать многие годы, существует острая потребность в разработке новых приводов для перспективных летательных аппаратов.

Еще в середине 80-х гг. с целью унификации турбовальных и турбовинтовых двигателей ЦИАМ предложил (и это было принято на правительственном уровне) мощностной типоразмерный ряд, состоящий из четырех основных позиций: I - 400 л.с., II - 800 л.с., III - 1600 л.с., IV - 3200 л.с. Кроме того, признавалось возможным создание газотурбинных двигателей ещё двух типоразмеров: 250 л.с. (0), а также 6000 л.с. и более (V). Предполагалось, что двигатель каждого типоразмера может быть форсирован по мощности на 15...25%. Следует отметить, что в приведенном перечне учитывались потребности как в ТВ ГТД, так и ТВД, поскольку эти типы двигателей близки по термодинамическому циклу и конструктивной схеме.

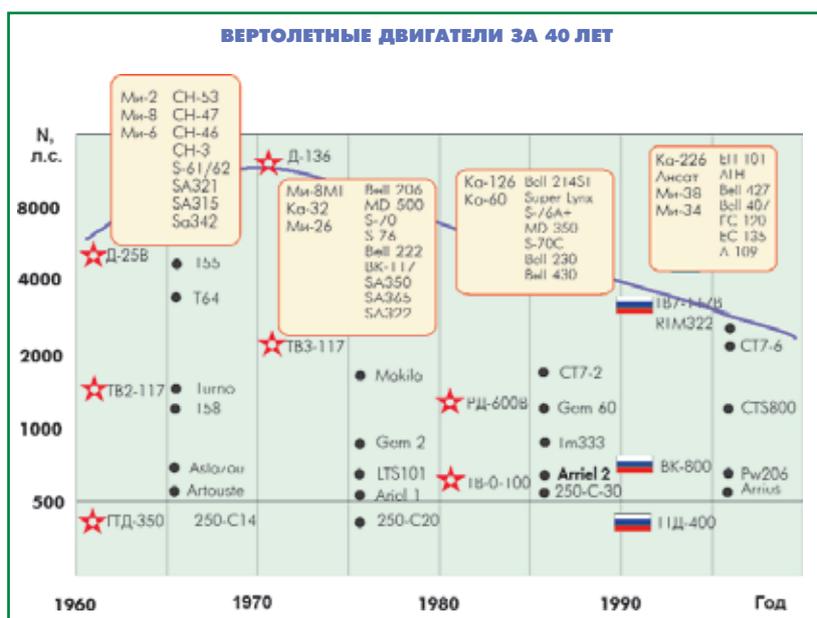
Обеспечивая создание новых двигателей, ЦИАМ выполнил большой комплекс поисковых и научно-исследовательских работ,

позволяющих получить опережающий научно-технический задел (НТЗ). Было показано, что перспективные двигатели следующего поколения должны строиться на основе простого термодинамического цикла Брайтона. При этом целесообразно применять конструктивную схему с одновальным газогенератором, силовой турбиной с выводом вала мощности

вперед через газогенератор и встроенным редуктором. Компрессор газогенератора в таких двигателях должен быть осецентрированным или центробежным с противоточной камерой сгорания и охлаждаемой турбиной, а силовая турбина - неохлаждаемой. Систему автоматического управления в новых машинах целесообразно выполнять электронно-гидромеханической, интегрированной с бортовой системой контроля и диагностики. Созданный НТЗ базировался на современных для 80-х гг. методах аэродинамических, тепловых и прочностных расчетов с широким подтверждением результатов на модельных и натурных стендах.

В соответствии с этим НТЗ в Омском МКБ начались работы по ТВ ГТД ТВ-0-100 (мощностью 720 л.с.) для вертолета Ка-126, включающие стендовые, специальные и летные испытания. Однако в начале 90-х гг. они были прекращены. Вместе с тем, для своего времени двигатель ТВ-0-100 имел достаточно совершенные конструктивную схему и параметры рабочего процесса; имела также возможность форсирования двигателя по мощности до 800...850 л.с.

В ОАО "Рыбинские моторы" продолжается доводка ТВ ГТД РД-600В мощностью 1300 л.с. для вертолета Ка-60. Газогенератор двигателя выполнен по компактной схеме с 4-ступенча-



тым осецентрированным компрессором (3 осевых + 1 центробежная ступени), противоточной камерой сгорания и двухступенчатой охлаждаемой турбиной компрессора. Двухступенчатая неохлаждаемая силовая турбина с выводом вала мощности вперед связана через встроенный редуктор с выходным валом двигателя, имеющим частоту вращения 6000 об/мин. Двигатель снабжен системой защиты от посторонних предметов и пыли. Система автоматического управления состоит из электронного основного и гидромеханического резервного контуров. Двигатель РД-600В прошел большой комплекс испытаний, включая испытания в ТБК ЦИАМ. Окончание сертификации РД-600В запланировано на 2001 г.

Параллельно с созданием турбовального варианта двигателя ОАО "Рыбинские моторы" осуществляет доводку турбовинтового двигателя ТВД-1500Б (для Ан-38) мощностью 1400 л.с., имеющего единый газогенератор с двигателем РД-600В. Двигатели РД-600В и ТВД-1500Б имеют хорошие перспективы развития и могут стать базовыми для семейства турбовальных, турбовинтовых, вспомогательных ГТД и промышленных ГТУ.

Другим перспективным базовым двигателем для отечественной авиации является ТВД ТВ7-117С (для Ил-114) в классе мощности 2500 л.с., созданный ГУП "Завод им. В.Я. Климова". Этот двигатель, имеющий сертификат типа, серийно производится на ОАО "ММП им. В.В. Чернышева". Продолжается разработка модификации ТВД ТВ7-117С серии 2, отличающейся увеличенной взлетной мощностью (2800 л.с.) и межремонтным ресурсом (6000 ч). Кроме того, существует вариант двигателя ТВ7-117М, предназначенный для силовых установок легких морских судов.

Вертолетная модификация двигателя создается в двух вариантах: ТВ7-117ВК с выводом вала мощности назад - для существующих вертолетов фирмы ОАО "Камов" и ТВ7-117ВМ с выводом вала мощности вперед - для вертолета Ми-38 ОАО "МВЗ им. М.Л. Миля". Закончить создание этих двигателей планируется в ближайшие годы.

Таким образом, из предложенного ЦИАМ ряда турбовальных и турбовинтовых двигателей в той или иной степени реализованы ГТД II, III и IV типоразмеров.

До последнего времени в стране отсутствовали двигатели I типоразмера, хотя потребность в них и предложения по их разработке имелись. Так, МКБ "Гранит" на базе короткоресурсного ТРД МД120 предложило ТВ ГТД и ТВД мощностью 400 л.с. Достоинством этого проекта является наличие серийного базового двигателя. Однако, назначение, конструктивное выполнение и параметры термодинамического цикла базового двигателя ограничивают достижимый технический уровень разрабатываемых на его базе ТВ ГТД и ТВД. В последнее время появились и некоторые другие предложения по ГТД I типоразмера, хотя для их реализации потребуются средства и время.

При разработке двигателей для вертолетов заказчики, отраслевые НИИ, ОКБ и заводы ориентировались на выполнение следующих основных требований:

- наличие штатного чрезвычайного режима ($N_{\text{чр}} = 110...120\%$ от $N_{\text{взл}}$ для военной авиации, $N_{\text{чр}} = 130...150\%$ от $N_{\text{взл}}$ для гражданской техники);
- высокий уровень мощности крейсерских режимов ($N_{\text{кр}}$ до 70% от $N_{\text{взл}}$);
- автономность эксплуатации для двигателей военной авиатехники (наличие стартеров, вспомогательных ГТД);



Двигатель РД-600В

- применение пылезащитных устройств (ПЗУ) для военной и гражданской авиации и ЭВУ для военной техники;
- возможность длительной эксплуатации в неблагоприятных воздушных средах (содержащих пыль, морскую соль, снег и т.д.);
- высокая эксплуатационная технологичность, низкая трудоемкость производства и ремонта;
- умеренное улучшение удельных показателей $N_{\text{уд}}$, $C_{\text{уд}}$, $Y_{\text{дв}}$ и др.

В соответствии с этими требованиями новые двигатели вертолетов спроектированы в расчете на достижение высоких параметров термодинамического цикла ($\pi_{\text{к}}^*$ до 15 и $T_{\text{г}}^*$ max до 1550 К) при малом числе ступеней турбокомпрессора (общее число 6 - 8) и числе деталей до 3000.

Для двигателей следующего поколения необходимо резкое увеличение ресурса: межремонтного до 4000...5000 ч (8000...10 000 циклов для боевых вертолетов и 6000...7500 циклов для военно-транспортных), полного до 12 000...15 000 ч (для основных деталей, не заменяемых в процессе ремонта). Необходимо увеличение наработки на отказ до 20 000 ч для двухдвигательного вертолета и 50 000 ч для однодвигательного и сокращение трудозатрат до 0,25...0,3 ч на час полета.

Реализация этих требований на этапе разработки двигателя требует увеличения объема использования современных расчетных методов и создания НТЗ по перспективным конструкторско-технологическим решениям. В числе этих решений - высокоэффективное модульное регулируемое ПЗУ, обновленный двухступенчатый центробежный компрессор с $\pi_{\text{к расч}} \sim 18$, компактная экологически чистая камера сгорания, высокоперепадная охлаждаемая одноступенчатая турбина компрессора, высокоэффективная силовая турбина, электронная САУ, интегрированная с бортовой системой контроля двигателя и летательного аппарата. В конструкции двигателя наряду с перспективными металлическими материалами должны быть использованы композиционные и керамические материалы.

Использование сразу всех этих решений в конкретном двигателе нереально, однако созданный НТЗ позволит выбрать из них те, которые в наибольшей степени определяют технический уровень перспективного ТВ ГТД следующего поколения. В современных условиях его создание является ключевой задачей для исследовательских и производственных организаций авиадвигателестроения, которая может быть решена только в рамках их тесной кооперации.

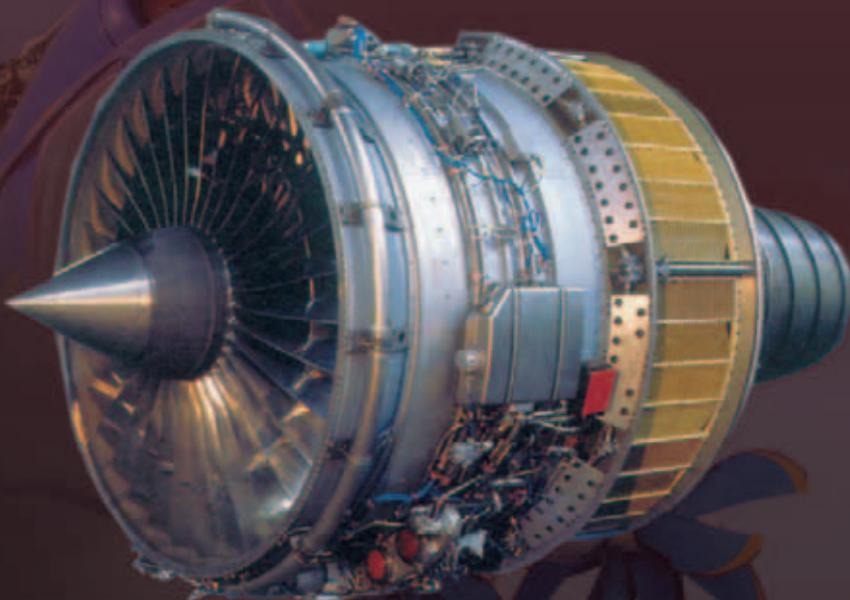
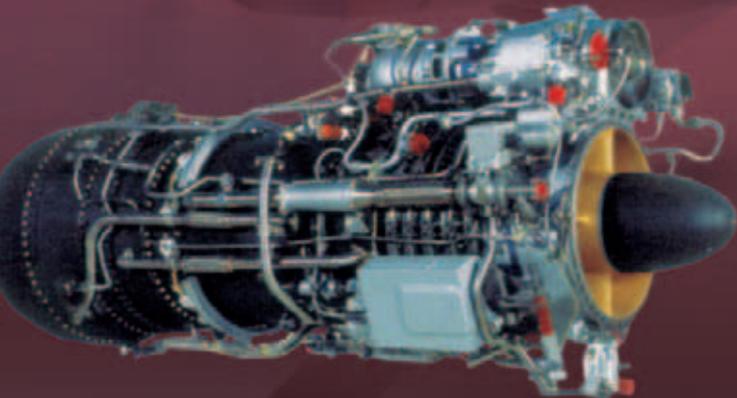
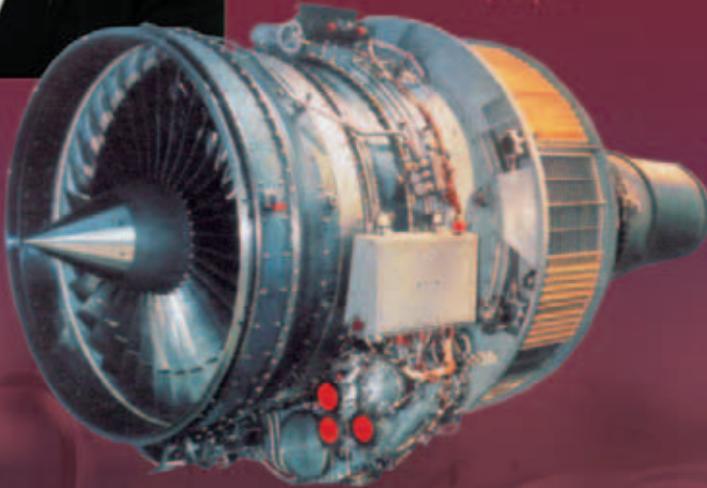
DIGEST

CIAM, who is engaged in the development of engines of a new generation, completed a series of research works providing a scientific and technical base for new developments. These works were based on up-to-date calculation procedures developed in 80s years and experimental checking of calculation results.

Following CIAM's recommendations, Omsk Designed Bureau launched the designing of TV-0-100 turboshaft engine and "Rybinsk Motors" Co. continued the operational development of RD-600V and TVD-1500B turboshafts. Another advanced engine is TV7-117S developed by V.Ya.Klimov's Manufacturing Plant.

Engines of the next generation call for an increase in service life, mean time between failures and a decrease in labor input. The application of advanced computational techniques as well as scientific and technical background will help to meet these requirements.

RUSSIAN HELICOPTER ENGINES: STATE-OF-ART AND PROSPECTS



Акционерное общество открытого типа "Мотор-Сич" базируется на предприятии, которому в следующем году исполнится 85 лет. Авиа-двигательных заводов столь солидного возраста не так уж и много не только в странах СНГ, но и в мире (фирме Pratt&Whitney, например, в этом году 75 лет). Предприятие прочно сохраняет за собой титул лидера в большой степени благодаря стараниям Генерального директора и председателя правления общества Вячеслава Александровича Богуслаева, который за эту деятельность удостоен высокого звания Героя Украины (с чем мы его от всего сердца поздравляем).

В этой статье - отклики некоторых ведущих специалистов отрасли на это событие.

Город Запорожье в Советском Союзе был известен как один из крупнейших промышленных центров. Все знали отечественный вариант "народного автомобиля", производимый в этом городе. Менее известно, что наши "народные самолеты" — Ил-18, Як-40, Як-42, Ан-12, Ан-24 и многие другие поднимали и поднимают в воздух моторы, созданные здесь. Двигателестроительный завод, носящий сейчас имя ОАО "Мотор Сич", не только крупнейший в Украине и СНГ, но и один из самых больших в мире. В то время, когда двигателестроительная промышленность Союза в основном проектировала и создавала великолепные двигатели для истребителей и бомбардировщиков, моторостроители Запорожья сконцентрировали усилия на двигателях пассажирских и грузовых лайнеров. По многим типоразмерам двигателей для пассажирских самолетов и вертолетов запорожцы были не только монополистами в стране, но и обогнали остальные три мировых двигателестроительные державы. ...И тут Советский Союз прекратил существование.

Как и всей промышленности распавшейся Державы, предприятию (к тому же еще и неожиданно отделенному границей от своих основных заказчиков) последние 10 лет приходилось прежде всего бороться за собственное выживание в новых, постоянно меняющихся условиях. Тем не менее, оно выстояло с минимально возможными потерями, сохранив основной кадровый костяк. О том, как это удалось предприятию, рассказал нам председатель правления ОАО "Мотор Сич", Генеральный директор объединения Вячеслав Богуслаев.

"В конце 80-х начале 90-х годов создали мощную группу прогнозирования путей адаптации предприятия к условиям рыночной экономики. По ее рекомендациям приступили к решению нескольких задач. Прежде всего самостоятельно провели обстоятельные презентации на тех рынках, на которых традиционно закрепилась наша продукция еще с советских времен. Выявили попутно многие серьезные недочеты в работе с нашей техникой и наметили оптимальные формы дальнейшего взаимодействия с прежними партнерами.

В зарубежных деловых контактах нашли выгодных инвесторов, основным требованием которых была приватизация гособщества. Создание в 1992 г. акционерного общества открытого типа расширило наши возможности, в

ЗАПОРОЖСКИЕ МОТОРЫ "НАРОДНЫХ САМОЛЕТОВ"

том числе по кооперации с российскими авиационными заводами. Создание совместных предприятий, как правило, трехстороннего характера существенно облегчило выполнение многих, казалось бы, неподъемных проектов, прежде всего разработку в сжатые сроки двигателей ближне- и среднемагистральных самолетов.

Жизнь за 8 лет показала стабильность нашего акционерного общества (более 75 % акций которого принадлежат коллективу завода) с экономической, нравственной, общественно-политической и социальной сторон. Свидетельством этого является охотное и уверенное сотрудничество с нами зарубежных инвесторов.

Важной составляющей наших постоянно растущих доходов являются конверсионные дела, особенно в создании разнообразной бытовой техники, превосходящей по основным показателям

зарубежные аналоги. К примеру, наш сепаратор молока исключает в обрате содержание фракции жира, в то время как у известных сепараторов содержание жира в отходе не менее 0,5 %.

Главное, мы не чувствуем себя оторванными от России, с которой Украина жила одними заботами последние три с половиной века. Заготовки по двигателям на 90 % получаем из России и 90 % двигателей идет в Россию. Взаимоотношения строятся на горизонтальных связях предприятий двух государств, хотя перспективные проекты проходят на уровне правительств. Так, например, совместный с Казанским заводом российско-украинский проект — Ту-324. Как нас не пытаются разделить, начиная с несусветного Беловежского сговора, десятилетие коего грядет — все равно мы вместе. И в этом залог нашей состоятельности".

Владимир Скибин, директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Самой историей развития Россия и Украина попросту обречены на сотрудничество. Да, есть необходимость решать ряд вопросов в области интеллектуальной собственности: они всегда возникают, а сейчас, раз уж политики нас "развели", это сказывается особенно. Однако весь мировой опыт показывает, что альтернативы кооперации нет, а нам сам Бог велел работать вместе — вся практика деятельности нашей науки и производства направлена на удовлетворение запросов друг друга. Активная позиция руководителей Запорожского комплекса "Мотор Сич" — "Прогресс" значительно усиливается четкой ориентацией на совместную работу со многими научными и промышленными организациями Украины и России, что дает и будет давать хорошие результаты.

шления, энергию, нацеленность на главное, высочайшую ответственность в сочетании с умением идти на просчитанный риск. Нам особенно приятно отметить, что при Вячеславе Александровиче получили дальнейшее развитие и значительно укрепились тесные творческие связи между АО "Мотор Сич" и ЦИАМ.

Валерий Гуров, руководитель работ ЦИАМ по конверсии авиационной техники в системе газораспределения

С Вячеславом Александровичем, который лично курирует вопросы конверсии авиационной техники в рамках совместных работ ЦИАМ и АО "Мотор Сич", работаю

около десяти лет. Всегда поражался его умению чутко и смело реагировать на новаторские предложения прорывного характера.

В очередную свою командировку в Запорожье в этом году открыл для себя совершенно неожиданные стороны жизни

Валерий Лесунов, генеральный директор ОАО "УМПО". По поручению коллектива.

Авиадвигателестроение — сложная система, требующая для развития и совершенствования взлета творческой активности, незаурядных способностей, таланта инженера и организатора, использования самых новейших достижений во многих отраслях науки, техники и управления.

Создавать и производить авиационный двигатель — дело людей с творческой натурой, неисчерпимым оптимизмом, широкими и глубокими знаниями техники и жизни.

Все эти качества в полной мере имеются у Вячеслава Александровича Богуслаева — Генерального директора ОАО "Мотор Сич". Сегодня он удостоен звания Герой Украины, а в советское время, не сомневаемся, он был бы Героем Социалистического труда СССР. В России восхищены его энергией и инициативностью, его неудержимым стремлением крепить производственные и жизненные связи русского и украинского народов через укрепление совместных производств авиационных двигателей.

Мы желаем Вам, Вячеслав Александрович, новых успехов, понимая, что эти успехи, в конечном счете, наши общие успехи, только совместными усилиями мы можем эффективно развивать российско-украинское авиадвигателестроение и крепить братство наших народов.

Борис Ланда, начальник отдела ЦИАМ

В условиях жесткой конкуренции и резкого снижения заказов Вячеслав Александрович сумел направить производство на освоение нового типа двигателя — трехвального ТРДД с большой степенью двухконтурности Д-18Т и модернизацию серийных двигателей ТВЗ-117, Д-36, а в последние годы — на освоение серийного производства и сертификацию новых двигателей: Д-436Т1, ТВЗ-117ВМА-СБМ1, АИ-22 и АИ-222.

Он в полной мере проявил качества выдающегося руководителя — перспективность мы-

Виктор Чуйко, Президент и Генеральный директор АССАД

Вячеслав Александрович Богуслаев — человек, волей и стараниями которого создано и поддерживается одно из крупнейших в мире моторостроительных объединений, сохраняют работу тысячи специалистов высочайшей квалификации. Это Великий Моторист, истинный Герой, для которого наиболее характерны преданность "моторному делу", целеустремленность и надежность, компетентность и инициативность, постоянное стремление к новому, прекрасно сочетающееся с его неиссякаемым талантом доброжелательности.

В.А. Богуслаева. При посещении кафедрального собора Андрея Первозванного увидел внутри храма доску с надписью "Слава и благословение Божие созидателям храма сего". Среди десяти фамилий на ней упомянут и В.А. Богуслаев. По свидетельству архиепископа Василия, хорошо знающего Генерального директора и председателя правления ОАО "Мотор Сич" В.А. Богуслаев является мудрым руководителем и благодетелем нашей Православной церкви.

75 ЛЕТ

Валерий Лесунов,
генеральный директор ОАО "УМПО"

В МИРЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Открытое акционерное общество "Уфимское моторостроительное производственное объединение" – одно из старейших отечественных предприятий – отмечает в 2000 году свое 75-летие. Это объединение, обладающее высокой технической культурой, современным оборудованием и передовой технологией, способно производить авиационные двигатели пятого поколения, что поддерживает его репутацию как ведущего российского товаропроизводителя. На УМПО внедрен полный технологический цикл изготовления авиационных двигателей.

Важная роль в производственном процессе объединения отведена металлургическому производству, которое располагает всеми современными способами получения заготовок при высоких показателях качества и точности как с малыми припусками, так и без припусков. Здесь освоен ряд уникальных технологических процессов, отсутствующих на других предприятиях отрасли: точное литье титановых сплавов с газостатированием отливок, штамповка заготовок в режиме сверхпластичности, ионная имплантация.

При изготовлении деталей газотурбинных двигателей (ГТД) остро стоят проблемы снижения металлоемкости деталей из титановых сплавов и повышения надежности изделий в эксплуатации. В объединении эти проблемы решены обработкой давлением с применением явления сверхпластичности. Для этого используется высокоэффективное оборудование: гидравлические прессы усилием 630 тс, индукционные печи открытой выплавки и вакуумные плавильные установки для литья штампов, электроэрозионные станки для обработки гравюры штампов из жаропрочных никелевых сплавов, а также штамповые блоки и нагревательные установки, разработанные и изготовленные УМПО.

Штамповка в режиме сверхпластичности позволяет, по сравнению с традиционной обработкой, снизить металлоемкость в 2...2,5 раза, уменьшить трудоемкость механообработки на 25...50 % и повысить коэффициент использования металла до 0,4...0,6. Такая эффективность особенно характерна при изготовлении деталей сложного профиля в виде стаканов с боковыми отростками и развитыми поверхностями, а также лопаток компрессора ГТД.

Эта технология дает возможность существенно повысить конструкционную прочность материалов благодаря получению однородной мелкозернистой структуры, обеспечению изотропности механических свойств и высокой термостабильности структуры.

На предприятии освоена ионная имплантация, которая представляет собой сопровождаемое мощным радиационным воздей-

ствием внедрение ускоренных атомов или молекулярных соединений в виде ионизированных частиц в твердые тела, изменяющее физические и химические свойства последних.

Применение ионной имплантации по сравнению с традиционными способами упрочнения повышает циклическую долговечность деталей из титановых и никелевых сплавов, конструкционных сталей в 10...20 раз, увеличивает предел усталости на 15...30 %, поднимает коррозионно-усталостную прочность судостроительных сталей и медных сплавов в 1,5...2 раза, а эрозионную стойкость в 1,25...2,5 раза. Износостойкость режущего, волочильного, штампового инструмента из твердых сплавов, быстрорежущей и инструментальной стали, минералокерамики увеличивается от 1,5 до 20 раз в зависимости от вида и материала инструмента, а также обрабатываемого материала.

Технология и оборудование ионной имплантации разработаны институтом ядерного синтеза (Курчатовский институт), Московским авиационным институтом и Уфимским государственным

авиационно-техническим университетом совместно с УМПО и применяется при обработке лопаток компрессора и турбины ГТД.

При получении отливок сложной формы из труднообрабатываемых жаропрочных сплавов особое значение имеет снижение металлоемкости при максимальном приближении заготовок к форме конечной детали и улучшение качества литья.

Задача сниже-

ния металлоемкости решается в УМПО путем применения литья по выплавляемым моделям в электрокорундовые оболочковые формы с использованием пневмопрессов для изготовления моделей, вакуумно-аммиачных сушил для керамических форм, шахтных печей для вытопки модельной массы и проковки блоков, вакуумных электродуговых установок для плавки и заливки. Загрузка такой установки может достигать до 250 кг, вес индивидуальной отливки колеблется от 0,5 до 16 кг и диаметр ее — до 320 мм.

Улучшение качества литья, о чем говорилось выше, необходимо в связи с наличием в титановых отливках внутренних структур-



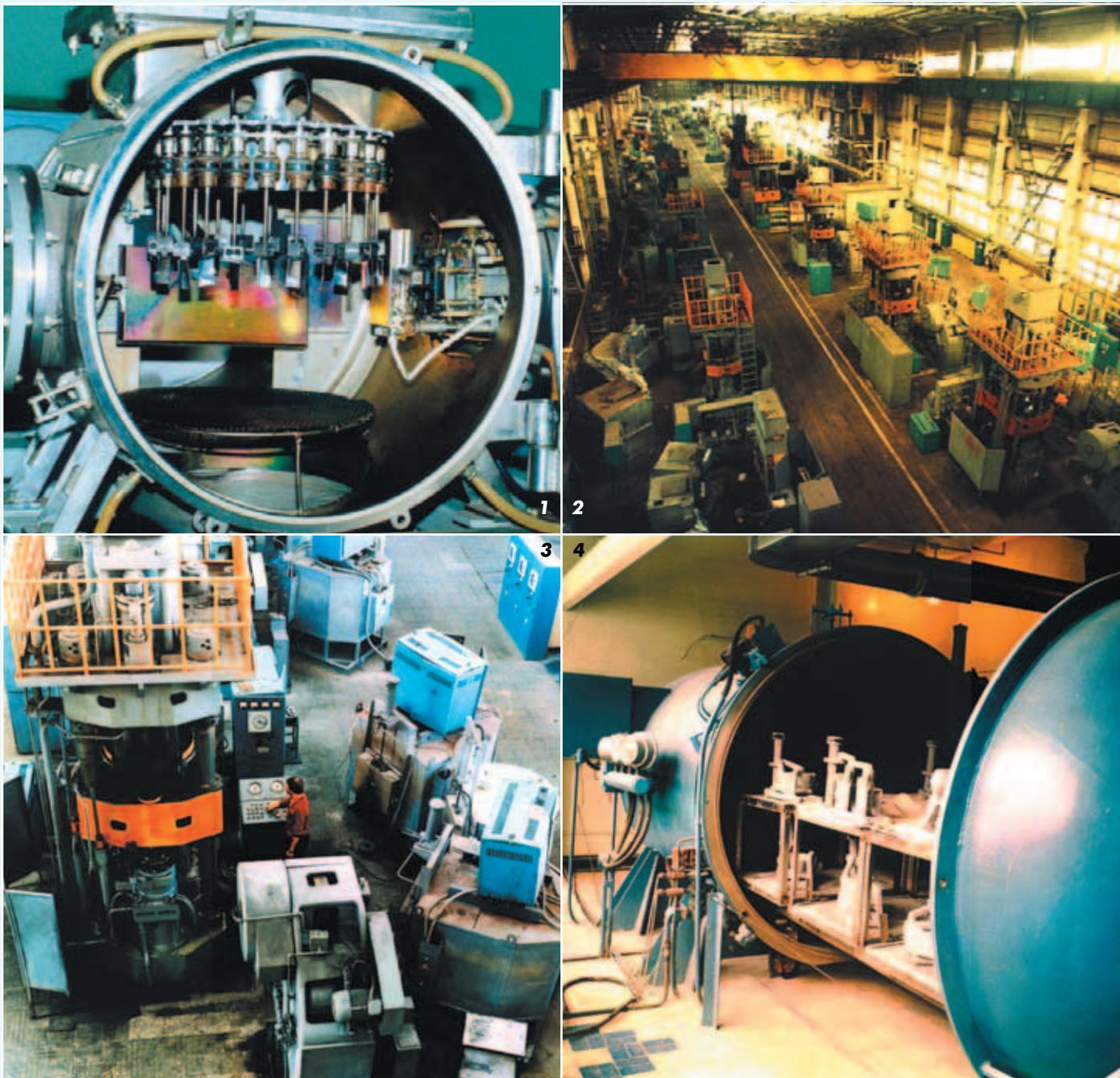
Участок ионной имплантации

ных дефектов. Применение заварки литейных дефектов является причиной высокой трудоемкости получения отливок, но эта операция предупреждает повышенный брак, а также общее снижение и нестабильность механических свойств. В объединении эта задача решается с помощью обработки в газостате при температуре 980 ± 15 °С и давлении 150 МПа.

Высокотемпературной газостатической обработкой титановых отливок обеспечивается 100-процентное "залечивание" внутренних несплошностей путем вязко-пластического затекания металла в полость дефектов (пор, рыхлот, ликваций). При этом со-

храняется высокий уровень и стабильность механических свойств, обеспечивается минимальное образование α -слоя, увеличивается длительная прочность на 15 %, повышается выход годных отливок на 20...30 %. Применение газостатической обработки снижает трудоемкость литья в результате исключения многократного просеивания и заварки литейных дефектов.

Потенциал в области высоких технологий, организация производства на базе самых совершенных разработок и идей позволяет ОАО "УМПО" уверенно развиваться, осваивая в серийном производстве самые современные наукоемкие изделия.



1. Рабочая камера установки ионной имплантации 2. Участок точной штамповки
3. Фрагмент участка точной штамповки 4. Установка сушки керамических форм титановых отливок

DIGEST

"Ufa Motor-Building Association" is the company having all possibilities to manufacture aeroengines of the fifth generation that ensures its reputation as a leader in Russian machine building. Such problems as metal intensity of titanium components and operational reliability are very acute in manufacturing of GTE components. The company is solving these problems by implementation of superplastic metal working, ion implantation, precision-investment casting and high-temperature gas static forging of titanium castings.

75 YEARS IN THE AREA OF HIGH TECHNOLOGIES

Решение сложной научно-технической проблемы по созданию передовой конструкции, в которой характеристики основных узлов и элементов, а также двигателя в целом значительно превосходили то, что создавалось ранее, представлялась изначально почти невыполнимым.

Высоко поднятая планка параметров создала необходимость разработки новых решений по элементам и системам двигателя, внедрения новых технологических процессов и материалов. При этом требовалось также принимать во внимание планы потенциальных конкурентов по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Следует отметить, что проектирование, изготовление и отработка двигателя четвертого поколения АЛ-31Ф, принципиально отличающегося от всего созданного ранее по многим важнейшим элементам, проводились при ограниченном в то время научно-техническом заделе (причем как в ОКБ, так и в ведущих отраслевых институтах страны). Поэтому исключительно полезным, особенно на начальном этапе

В середине 70-х гг. конструкторское бюро, возглавляемое академиком Архимом Михайловичем Люлька, получило задание на разработку двухконтурного турбореактивного двигателя с форсажем (ДТРДФ) четвертого поколения для перспективного двухдвигательного истребителя с взлетной массой 25 тонн. Во многом взаимопротиворечивые требования, предъявлявшиеся к этому двигателю, были предельно жесткими и напряженными по основным характеристикам, условиям работы, ресурсу, надежности и режимам. Тем не менее, в сентябре 1985 г. двигатель, получивший наименование АЛ-31Ф, прошел Государственные испытания.



А.М. Люлька
(восемьдесятые годы)



В.М. Чепкин
(восемьдесятые годы)

проектирования, оказался опыт создания двухконтурного двигателя Д-30Ф6 (в пермском ОКБ), РД-33 (в ОКБ им. В.Я. Климова), а также компрессора, форсажной камеры и некоторых других систем двигателя III поколения — АЛ-21Ф-3.

Воплощение на АЛ-31Ф сотен новых уникальных технических решений (защищенных авторскими свидетельствами на изобретения и патентами) в самой конструкции, системах обеспечения работы двигателя, стендового и испытательного оборудования, технологии, металлургии и т.д. дало высокий совокупный эффект и обусловило выдающиеся технические качества новой машины.

В результате:

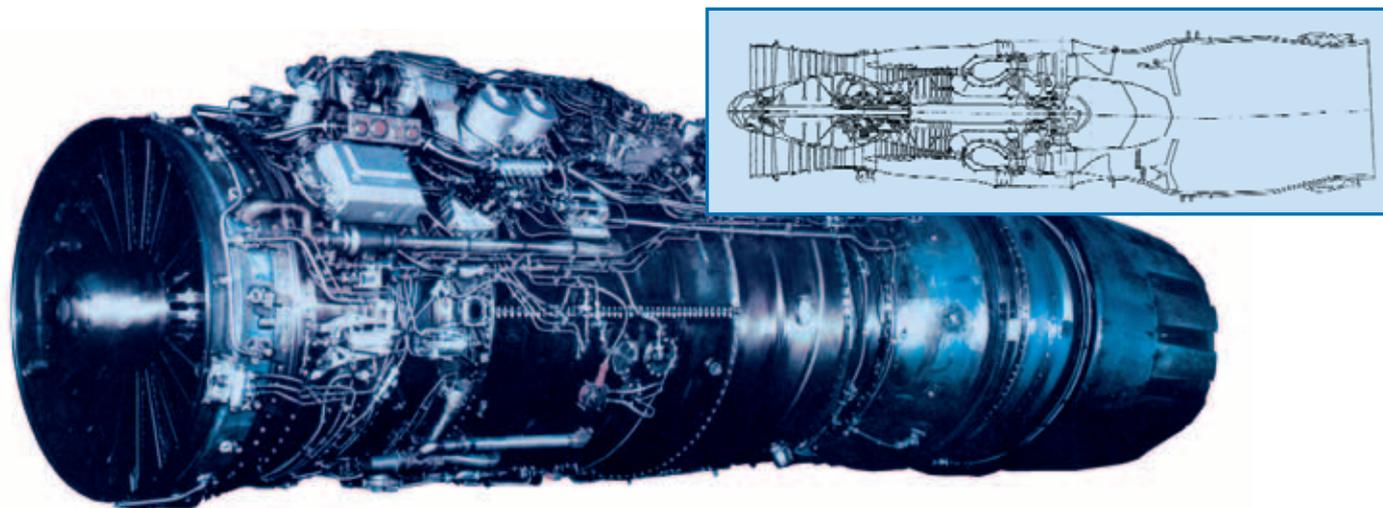
- АЛ-31Ф является сегодня первым и единственным известным в мире турбореактивным двигателем, надежно и устойчиво работающим при углах кабрирования самолета, намного превышающих недоступный и предельный для всех известных самолетов зарубежных фирм угол 60°. Двигатель обеспечивает также исполне-

ШЕДЕВР

ДВАДЦАТОГО ВЕКА

Виктор Чепкин,
генеральный директор,
генеральный конструктор
АО "А.Люлька-Сатурн", академик





ние полета в условиях полностью "обращенного" (по направлению) движения самолета на скоростях, превышающих 200 км/ч, что позволяет выполнять самолетами Су-27 новые, уникальные боевые фигуры сверхманеврирования.

- AL-31F — единственный двигатель, обеспечивающий чрезвычайно жесткий требуемый уровень режимной загрузки (до 35 % "максималов" и "форсажей") для обеспечения максимальных тяговых характеристик в предельно широком диапазоне режимов полета высокоманевренных самолетов. Это достигнуто благодаря надежной и высокоэффективной безнаддувной системе охлаждения турбин с кондиционированием охлаждающего воздуха, оригинальными монокристаллическими циклонно-вихревыми рабочими лопатками первой ступени турбины, безотказно работающими при максимальных температурах.

- AL-31F, являясь единственным в мире двигателем для высокоманевренных самолетов класса Су-27, обладает высокой экономичностью на форсированных и нефорсированных режимах (особенно на глубоких дроссельных режимах при полете у земли и на высоте), а также уникальной по эффективности и надежности системой комбинированного активного управления радиальными зазорами и охлаждением трансзвуковых турбин на крейсерских режимах с эффективностью, обеспечивающей увеличение крейсерской дальности самолета на 4...5 %.

- AL-31F является первым в мире двигателем, на котором разработана, практически осуществлена и освоена штатная автоматизированная система управления вектором тяги сверхзвукового сопла. Это ознаменовало собой новый качественный этап в развитии высокоманевренной авиации.

Создание двигателя AL-31F с турбинами, оснащенными новыми циклонно-вихревыми лопатками, успешно прошедшего сложнейший комплекс всесторонних проверок и тестов, завершили Государственными испытаниями в сентябре 1985 г. К сожалению, эти испытания прошли уже без А.М. Люльки, скончавшегося 1 июня 1984 г. Национальные успехи отечественной авиационной техники были увенчаны 32 престижными мировыми авиационными рекордами превосходного самолета-истребителя Су-27 ОКБ им. П.О. Сухого, оснащенного двигателями AL-31F. Приведенного перечня вполне достаточно для признания двухконтурного турбореактив-

ного двигателя AL-31F техническим шедевром XX века.

Создание такого двигателя потребовало значительных средств, времени и поистине титанического и многолетнего творческого труда, знаний и упорства большого коллектива талантливых и преданных делу людей. Значительный и определяющий вклад в создание двигателя AL-31F внесли известные специалисты и инженеры-конструкторы коллектива ОКБ и опытного завода: Э.Э. Лусс, С.П. Кувшинников, Ю.Н. Бытев, А.В. Воронцов, М.М. Гойхенберг, Г.И. Зуев, Ю.П. Марчуков, М.М. Костюченко, А.М. Потемкина, М.В. Бондаренко, А.М. Хартов, В.К. Кобченко, В.А. Горелов, И.П. Федюкин, В.И. Комлев, И.А. Обьедков, М.Ф. Вольман, К.Ю. Сорокин и многие другие. Внедрение в серийное производство и дальнейшее улучшение характеристик двигателя выполнялись при непосредственном и активном участии А.В. Андреева, Е.Ю. Марчукова, В.А. Лебедева, В.И. Федюкина, Г.И. Зубарева и др.

Крупносерийное производство двигателя, его высокая эксплуатационная надежность обеспечивались коллективами МКБ "Гранит"

ОСНОВНЫЕ ТТХ AL-31F

Тяга на взлетном форсированном режиме, кгс	12 500
Минимальный удельный расход топлива, кг/кгс·ч	0,67
Масса двигателя, кг	1530
Длина, м	4,95
Диаметр входа, м	0,91
Максимальный наружный диаметр, м	1,22

(Москва), ММПП "Салют" (Москва) и УМПО (Уфа).

Двигатель AL-31F не мог быть создан без тесного участия в его разработке отраслевых научных центров: ЦИАМа, ЦАГИ, ВИАМа, ВИЛСа и проведения серьезных и масштабных экспериментальных и исследовательских работ.

Опыт создания и освоения в серии двигателя AL-31F послужил основой для широкого конструктивного воплощения достигнутых успехов в передовом ТРДД XXI века — двигателе V поколения AL-41F, впервые поднявшем в российское небо 29 февраля 2000 г. новый многофункциональный истребитель "1.44", разработанный в Российской самолетостроительной корпорации "МиГ".

DIGEST

Hundreds of new and unique technical solutions, which were used in the components and systems of AL-31F engine, test benches and equipment, manufacturing technologies and metallurgical processes and many other items acknowledged by inventions and patents, gave a great cumulative effect leading to outstanding and unique technical performances of a new flight vehicle:

- AL-31F is the sole turbojet in the world ensuring a reliable and stable operation at high pitch-up angles which are far beyond 60° that is not attainable for foreign companies. The engine provides this maneuver in "tail forward" conditions (relatively to the course) at speeds over 200 km/hr that allows Su-27 fighter to make new and advanced flight maneuvers.

- AL-31F is the only engine giving a very high level of a flight envelope (up to 35% of maximum and afterburning regimes) to provide thrust performances within a wide range of flight conditions of highly maneuverable aircrafts.

- AL-31F is the first in the world which uses an automatic control system of its thrust-vectoring supersonic nozzle.

Development works and putting into commercial production of AL-31F engine gave a ground for designing of AL-41F engine of the 5th generation which made its maiden flight in February 29, 2000 when powering "1.44" multi-role fighter developed by "MiG" Aircraft Corporation.

A MASTERPIECE OF THE 20 CENTURY

"САЛЮТ"

ЧИСТОМУ НЕБУ

ММП "Салют":

Александр Лейтес, начальник ОГК-2

Владимир Орис, начальник КБ ТНП

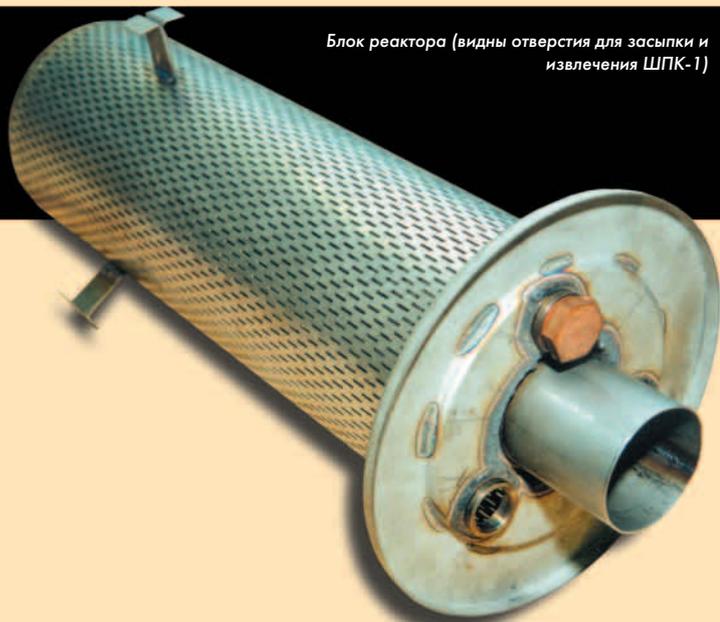
Лет десять назад по телевидению часто показывали то токийских регулировщиков дорожного движения, работающих со средствами индивидуальной защиты органов дыхания, то пелену смога в Нью-Йорке или Мехико. Сейчас таких сюжетов меньше: в развитых странах проблеме загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилей уделяется достаточное внимание, в том числе и на законодательном уровне. Основными техническими мерами, направленными на сохранение окружающей среды и ликвидацию наносимого автотранспортом вреда, рассматриваются совершенствование конструкции двигателей, работающих на бензине и дизельном топливе, возможность перехода на природный газ, а также оборудование автомобилей специальными нейтрализаторами токсичных компонентов отработавших газов.

На рубеже тысячелетий жители и гости Москвы ощутили на себе в полной мере прелести цивилизации. Стремительный рост числа автомобилей в городе (неумолимо приближающегося к 3 млн) значительно обострил экологическую обстановку. Огромное количество эксплуатируемого транспорта снижает среднюю скорость движения, что приводит к увеличению вредных выбросов в атмосферу города. Концентрации токсичных компонентов на главных магистралях и Садовом кольце превышают уже не в единицы, а в десятки раз предельно допустимые нормы, делая непригодным для жизни центр города.

За последние годы принят целый ряд постановлений правительства и распоряжений мэра Москвы, объединенных в городскую "Комплексную экологическую программу снижения вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду и здоровье человека". Одной из мер, направленных на решение экологической проблемы, является применение каталитических нейтрализаторов - распространенных устройств для обезвреживания отработавших газов автомобилей. Их ежегодное производство в мире составляет более 50 млн шт.

на автомобилях с искровым зажиганием дополнительно предусматривает установку датчиков температуры, λ-датчиков, блоков управления системой топливоподачи. Поэтому было принято решение на первом этапе изготавливать каталитические нейтрализаторы для большегрузных автомобилей с дизельными двигателями. В этом случае не требуются специальные устройства для подачи дополнительного воздуха, поскольку дизель всегда работает при коэффициентах избытка воздуха, превышающих единицу. Кроме того, концентрация продуктов неполного сгорания в отработавших газах дизеля значительно ниже, чем в бензиновом двигателе, поэтому вероятность аварийного разогрева каталитического слоя в дизельном нейтрализаторе невелика, и вследствие этого не требуется температурный контроль.

На ММП "Салют" был проведен комплекс мероприятий по разработке документации, изготовлению опытных партий, постановке изделий на производство. Конструктивно нейтрализатор представляет собой корпус, внутри которого расположен активный блок (реактор). Именно в реакторе происходит окисление



Блок реактора (видны отверстия для засыпки и извлечения ШПК-1)

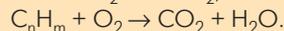
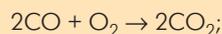


Общий вид нейтрализатора 63802500 для семейства КамАЗ

Постановлением Правительства Москвы № 1202 от 28.12.99 г. "О перечне затрат, связанных с улучшением экологической обстановки в г. Москве", на оснащение городского муниципального автотранспорта каталитическими нейтрализаторами в 2000 г. выделяется 80 млн рублей.

В реализацию указанной программы активно включилось столичное предприятие ММП "Салют", организовавшее производство каталитических нейтрализаторов. Предварительно был проведен подробный анализ существующих отечественных и зарубежных конструкций. Выяснилось, что применение этих устройств

токсичного оксида углерода и углеводородов (беспламенное дожигание) до нетоксичных веществ по следующим схемам:



Процесс окисления происходит при температуре в нейтрализаторе более 300 °С и наличии катализатора. В качестве наполнителя для активного блока был выбран изготавливаемый промышленностью гранулированный катализатор ШПК-1 из

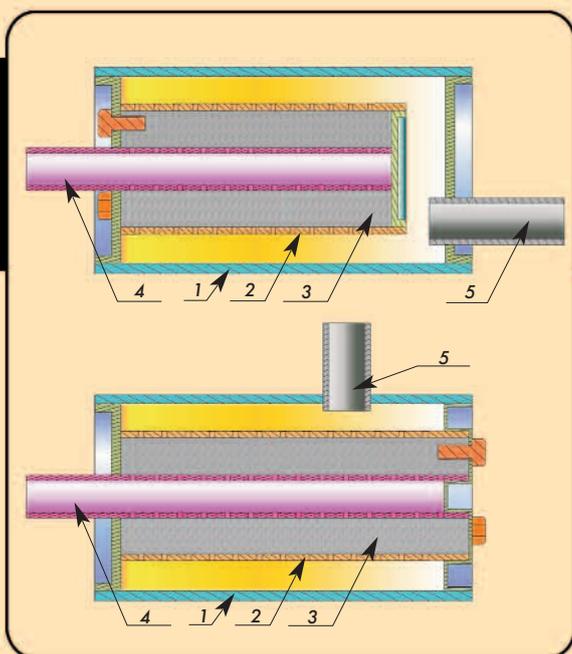
пористой γ -окси алюминия Al_2O_3 , в который внедрена мелко-дисперсная платина. Конструкцией предусмотрена возможность извлечения ШПК-1 для его регенерации. Детали и узлы нейтрализаторов максимально унифицированы, что, с одной стороны, ведет к удешевлению, а с другой, - позволяет создавать новые конструкции из уже имеющихся элементов, не требующих больших технологических изменений. Такая схема наилучшим образом применима к условиям масштабного производства ММП "Салют". Технологические процессы, используемые на предприятии для производства авиационных двигателей, практически без изменений внедрены в производство каталитических нейтрализаторов, а техническая культура и высокая степень оснащенности унифицированных технологических процессов способствуют выпуску качественной продукции.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЙТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ

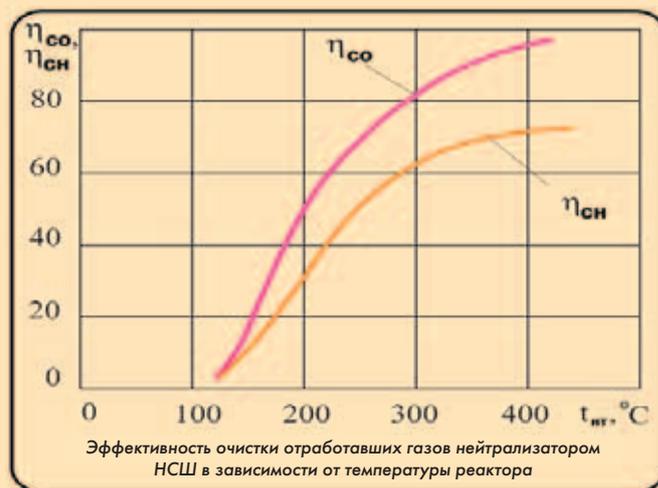
Объем реактора, dm^3	12
Эффективность очистки отработавших газов при температуре в реакторе $350^\circ C$, не менее, %	
- по оксиду углерода CO	70
- по углеводородам	70
Газодинамическое сопротивление нейтрализатора, мм.вод.ст.	660
Масса в заправленном состоянии, кг	30
Габаритные размеры, мм	290x320x665

Разработанные нейтрализаторы по аэродинамическому сопротивлению и уровню шума выпуска, своим габаритным и присоединительным размерам соответствуют штатным глушителям шума выпуска автомобилей и устанавливаются на автомобиле вместо них.

Разработанные на "Салюте" каталитические нейтрализаторы рассчитаны для установки на дизельные автомобили КамАЗ, КрАЗ, МАЗ и автомобили ЗИЛ с двигателями ЗИЛ 645 и Д-245.



◀ Нейтрализатор отработавших газов для МАЗа (вверху) и КамАЗа (внизу):
 1 - корпус;
 2 - реактор;
 3 - нейтрализатор;
 4 - входной патрубок;
 5 - выходной патрубок.



В 2000 г. ММП "Салют" планирует наращивать выпуск нейтрализаторов отработавших газов для автомобилей с дизельными двигателями, в том числе и на металлоблочном носителе катализатора, а также приступить к выпуску нейтрализаторов для автомобилей с принудительным зажиганием.

Нейтрализаторы можно приобрести в магазине предприятия или установить в центре обслуживания.

На все конструкции, выпускаемые на заводе, имеется сертификат соответствия.

Наш адрес: 105118, Москва, пр-кт Буденного, д.16

Контактные телефоны: 369-85-29 - магазин;

369-80-37 - отдел сбыта и маркетинга.

Факс: 365-04-03.

Приглашаем руководителей автокомбинатов, физических лиц, владельцев автомобилей с дизельными двигателями посетить наш магазин, а также заключить договоры на изготовление нейтрализаторов отработавших газов и переоснащение Вашего подвижного состава.



Катализатор в разрезе

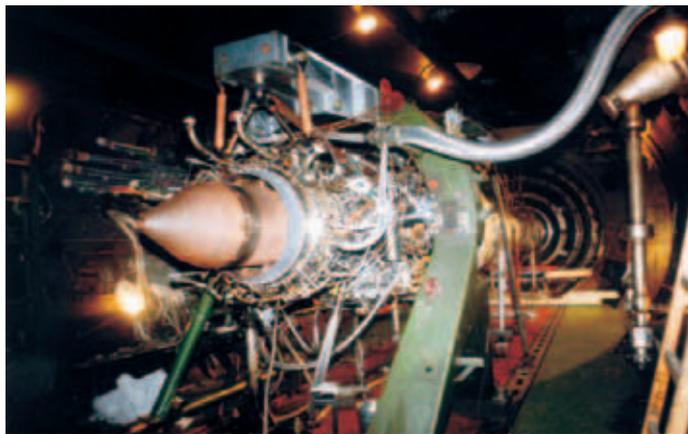
DIGEST

A fast growth of motorcars in Moscow has aggravated the ecological situation, especially in the downtown of the capital. One of provisions against this ecological problem is the application of catalytic neutralizers - a widespread way to neutralize motorcar exhaust gases. Based on Decree № 1202 dated December 12, 1999, Moscow government allocated 80 mill. rubles in 2000 to equip the municipal transport with catalytic neutralizers.

"Salute" MMPP takes an active part in realization of this program and has organized the production of catalytic neutralizers. As to aerodynamic drag, exhaust noise, overall and mounting dimensions, the developed neutralizers are very similar to series exhaust silencers of motorcars and are replacing them. Salute's catalytic neutralizers are designed for installation on KamAZ, KrAZ MAZ and ZIL trucks powered by ZIL 645 and Д-245 diesel engines.

"SALUTE" TO THE CLEAR SKY

В 21 ВЕК



Подготовка газогенератора двигателя НК-93 к испытаниям на высотном стенде НИЦ ЦИАМ

В ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова", располагающем развитой экспериментальной базой, удалось создать и испытать опытные образцы ТВВД сверхвысокой степени двухконтурности НК-93, а в прошлом году выполнить комплекс параметрических доводочных работ по этому двигателю. Можно сказать, что СНТК им. Н.Д. Кузнецова завершает двадцатый век высотными испытаниями газогенератора двигателя (в НИЦ ЦИАМ) и подготовкой летающей лаборатории (в ЛИИ им. М.М. Громова). К настоящему времени достигнута высокая эффективность газогенератора, обеспечивающего конкурентоспособность перспективным двигателям этого семейства.

Успешное решение задачи создания газогенератора достигнуто исключительно благодаря сформированной методологии поузловой доводки с применением совершенных методов математического моделирования процессов в ГТД и идентификацией параметров двигателя по результатам экспериментов. Доводочные работы проводились на 20 установках и 8 экземплярах полноразмерного двигателя. Общая наработка составила свыше 3500 ч. Из-за ограничения по предельному расходу осушенного и охлажденного воздуха на отраслевой базе испытательного центра ЦИАМ была разработана методика экспериментальной оценки параметров газогенератора в имитируемых высотных условиях. Такой подход позволил спрогнозировать характеристики полноразмерного двигателя в ожидаемых условиях эксплуатации и тем самым завершить этап подготовки для испытания двигателя НК-93 на летающей лаборатории.

Газогенератор двигателя НК-93 представляет собой двухвальный ТРД, состоящий из компрессора низкого давления (с пятью регулируемыми направляющими аппаратами), компрессора высокого давления, кольцевой камеры сгорания и одноступенчатых турбин высокого и низкого давления.

Компоновка газогенератора была сформирована таким образом, чтобы максимально точно имитировать его работу в системе полноразмерного двигателя. С этой целью на входе в газогенератор смонтировали имитатор неоднородности потока воздуха (от комлевой части винтовентилятора полноразмерного двигателя), организовали слив пограничного слоя воздуха через переднюю опору, установили коммуникации отбора воздуха из тракта газогенератора, подобные применяемым на полноразмерном двигателе. Кроме того, на газогенераторе была оптимизирована геометрия выходного сопла.

С АВИАЦИОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова":

Евгений Гриценко, генеральный директор,
генеральный конструктор

Валентин Осипов, заместитель главного конструктора

Станислав Сватенко, начальник отдела.

ЦИАМ им. П.И. Баранова: **Борис Клинский**, начальник отдела

Последние двенадцать лет специалистами авиационного строительства характеризуются как "застойные", объемы выпускаемой продукции и опытно-конструкторских работ упали более чем в пять раз. И все же, преодолевая кризисные ситуации из-за недофинансирования, ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова" продолжает работы по выполнению государственной "Программы развития авиационной техники России до 2000 года".

Для оценки характеристик и работоспособности газогенератора на нем установили 19 пневмо-термогребенок, а на лопатках компрессора низкого давления 32 тензодатчика. Испытания проводились в термобарокамере ЦИАМ, параметры на входе в газогенератор поддерживались с учетом наддува от комлевых частей винтовентилятора (как в полноразмерном двигателе), а условия полета имитировались для высоты 11 км и числа $M = 0,75$. В этих условиях проведены следующие работы:

- оценены дроссельные характеристики;
- оптимизированы углы установки регулируемых аппаратов компрессора низкого давления;
- оценено влияние захлаживания статоров турбин;
- протензометрированы направляющие аппараты;
- проведено вибрографирование опор;
- проведена оценка эмиссии вредных веществ.

Полученные характеристики газогенератора позволили выполнить математическое моделирование характеристик полноразмерного двигателя и оценить экономичность в крейсерских условиях эксплуатации, которая получилась на 10...12 % лучше, чем у семейства авиационных двигателей, находящихся в эксплуатации.

Кроме того, достигнута максимальная степень повышения давления в газогенераторе $\pi^*_{гг} > 34$, что позволит иметь в системе полноразмерного двигателя $\pi^*_к > 40$.

Уже в настоящее время газогенератор обладает очень высокими параметрами цикла, способными обеспечить самую высокую эффективность авиационных двигателей семейства НК-93 в классе тяг от 13 до 18 тс. Испытания в термобарокамере ЦИАМ подтвердили также соответствие экологических характеристик НК-93 нормам ИКАО 1996 и 2004 гг. Напряженности и вибрации оцениваются как удовлетворительные.

На основе газогенератора НК-93 создан двигатель НК-38СТ мощностью 16 МВт с КПД = 38 % для газоперекачивающих станций. В настоящее время проходят его испытания.

Для проведения межведомственных испытаний осуществляется опережающая наработка двигателей. Весь этот комплекс мероприятий позволит начать летные испытания первого НК-93 на летающей лаборатории уже в 2001 г.

DIGEST

"N. Kuznetsov's SNTK" Co. succeeded in the development and testing of the first prototype of NK-93 super high by-pass ratio turbopfans. In 1999 the company completed the parametric engine development. The success of the core engine development was primarily because of well-grounded methodology of each component designing by introducing advanced techniques of mathematical modeling of GTE processes and identification of engine parameters on the basis of test results. 8 full-scale engines were tested at 20 test benches during the development. Total running time was over 3,500 hr. Today we may conclude that the core engine has high parameters of its working cycle and is capable to provide high efficiency of 13,000-18,000 kgf thrust engines of NK-93 family.

WITH AVIATION ENGINES OF THE 5TH GENERATION - INTO THE 21 CENTURY.

ВСЕ ЛУЧШЕЕ —

ДЛЯ АВИАЦИИ

ООО Фирма "Диамех":

Игорь Радчик, директор

Дмитрий Скворцов, ведущий инженер

У специалистов, занимающихся вопросами производства, эксплуатации и ремонта газотурбинных двигателей, не вызывает сомнения актуальность достоверной оценки вибрационного состояния двигателей. Повышенная вибрация сокращает межремонтный ресурс двигателя, вызывает преждевременный выход из строя подшипников, уплотнений и других деталей, а также способствует развитию усталостных повреждений лопаток и дисков компрессоров и турбин, что может повлечь за собой аварии с самыми тяжелыми последствиями.

Для оценки вибрационного состояния авиационного газотурбинного двигателя необходимо иметь как систему непрерывной регистрации уровня вибрации двигателя в полете, снабженную блоком сигнализации о возникновении аварийной ситуации, так и портативную измерительную систему, предназначенную для углубленного периодического контроля вибрации двигателя в межремонтный период, перед выводом его в ремонт и после ремонта.

Анализ вибрационных параметров газотурбинного двигателя перед капитальным ремонтом позволяет предварительно оценить его фактическое состояние, оптимизировать сроки и объемы проведения ремонта.

Уравновешивание роторов после ремонта на балансировочном станке является обязательной заключительной ремонтной операцией.

Фирма "Диамех", история которой началась в 1989 г., занимает лидирующие позиции на российском рынке виброанализирующей аппаратуры и балансировочных станков. Первый анализатор вибрации модели AU-011 был выпущен в 1992 г. Спустя три года "Диамех" создала первый в России тихоходный балансировочный станок, обладающий повышенной точностью уравновешивания и рядом эксплуатационных преимуществ по сравнению со станками других производителей. Податливые опоры, обеспечивающие работу станка в зарезонансной зоне, позволяют эксплуатировать его без монтажа специального фундамента. Само-

гателей в целом. Одно из направлений в деятельности фирмы "Диамех" — обучение специалистов работе с виброанализирующей и балансировочной аппаратурой. Для этих целей на базе фирмы создан учебный центр, имеющий государственную лицензию.



Измерение уровня вибрации межвального подшипника прибором "Кварц" на авиационно-технической базе Внуково

С 1999 г. "Диамех" стал членом АССАД и активным экспонентом выставок, организуемых Ассоциацией. В работе конференции, проведенной фирмой в прошлом году, приняли участие представители крупнейших авиационных заводов России и Украины. На международном авиационно-космическом салоне МАКС-99 фирма представила на своем стенде виброанализаторы "Кварц" и "Топаз", предназначенные для замены анализатора VM-3X фирмы Vibrometer (Швейцария). Фирма "Диамех" заключила с ГосНИИ ГА долгосрочный договор о сотрудничестве, в рамках которого проводятся специальные натурные испытания авиационных двигателей. Приборы и программное обеспечение фирмы "Диамех" зарекомендовали себя надежными и быстродействующими средствами измерения, накопления информации и оценки уровня вибрации двигателей. Благодаря своей универсальности они находят применение не только на ремонтных предприятиях различных отраслей промышленности, но и на двигателестроительных предприятиях при доводке и испытаниях опытной и серийной продукции.

Услугами фирмы "Диамех" пользуются около пятисот крупных потребителей. Балансировочные станки с успехом эксплуатируются заводами-изготовителями авиационных двигателей: ММПП им. Чернышева, КМПО, ОАО "Тюменские моторостроители", заводом им. В.Я. Климova и другими. Приборы фирмы "Диамех" эксплуатируются в НПП Машпроект, ПО "Заря", ОАО "ПАО "ИНКАР", НПО "Искра".

Вся продукция фирмы сертифицирована и внесена в реестр средств измерений Федеральной авиационной службы России.

Россия, 109052, Москва, ул. Подъемная, 14.

Тел.: (095) 273-1316.

Факс: (095) 361-0038.

E-mail: diamech@diamech.ru

Web: www.diamech.ru



Балансировочный станок VM-300

устанавливающиеся опорные ролики исключают накат шеек роторов. Специальные укладчики, служащие для установки и снятия ротора с опор, универсальный ременный привод, современный микропроцессорный измерительный блок делают балансировочный станок незаменимым на ремонтных базах и заводах-изготовителях авиадвигателей.

Продукция фирмы охватывает весь спектр виброизмерительной и виброанализирующей аппаратуры от датчиков вибрации и простейших виброметров до современных, не уступающих лучшим мировым образцам многоканальных виброанализаторов. Модельный ряд балансировочных станков включает шесть типов и позволяет производить балансировку роторов массой от 30 граммов до 40 тонн.

Фирма проводит активные научные исследования, связанные с изучением вибрационного состояния отдельных агрегатов и дви-



САМЫЙ

Одновременно с разработкой легкого вертолета Ми-2 ОКБ М.Л. Милья приступило к работе над вертолетом средней грузоподъемности В-8, который должен был заменить вертолет Ми-4. Первоначально в проекте вертолета В-8 предполагалась лишь модернизация вертолета Ми-4 путем установки вертолетного варианта газотурбинного двигателя АИ-24 конструкции А.Г. Изченко. Но вскоре М.Л. Милью удалось убедить руководство авиационной промышленности в целесообразности проектировать совершенно новый вертолет с двухдвигательной силовой установкой. Большую роль в истории В-8 сыграл Н.С. Хрущев, который хотел иметь для представительских целей современный и безопасный вертолет-салон.

Согласно постановлению правительства несколько авиамоторных заводов страны получили задание на проектирование турбовального двигателя мощностью 1250 л.с. Наибольший интерес вызвал проект двигателя, разработанного коллективом завода им. В.Я. Климova под руководством главного конструктора Сергея Петровича Изотова.

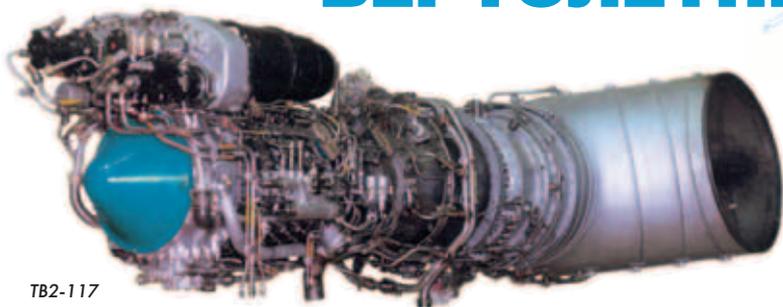
Схема и характеристики двигателя были выбраны с учетом современных условий эксплуатации вертолетов. В 60-х гг. география применения вертолетов в народном хозяйстве и военной авиации значительно расширилась: от Антарктиды до Средней Азии и Сибири, над сухопутными и морскими просторами. В народном хозяйстве вертолеты стали широко использоваться при транспортировке грузов (в т.ч. на внешней подвеске), для пассажирских перевозок, особенно в недоступные для самолетов места, а часто и для транспортировки наземного транспорта. В сельском хозяйстве винтокрылые машины нашли применение при распылении удобрений и ядохимикатов. Вертолеты оказались незаменимыми в обслуживании нефтяных и газовых месторождений, геологической разведке, аэрофотосъемке, борьбе с лесными пожарами, проведении сложных монтажных работ и т.п. В военной авиации вертолеты стали успешно транспортировать десанты, перевозить вооружение и грузы, проводить разведку, участвовать в огневой поддержке с воздуха, эффективно бороться с танками и подводными лодками, использоваться как штабные машины.

Новые области применения определили концепцию проектируемого двигателя, получившего название ТВ2-117. По предварительным расчетам технические характеристики двигателя составляли: мощность на взлетном режиме 1500 л.с. при удельном расходе топлива 275 г/л.с.-ч; расход воздуха 8,0 кг/с; температура газов перед турбиной 1153К; степень повышения давления 6,6; масса двигателя 330 кг. Турбина — без охлаждения рабочих лопаток. Компрессор — осевой десятиступенчатый, барабанной конструкции с круговым замком крепления рабочих лопаток. Барабан выполнен из заготовки с внутренней расточкой и отъемными первой и последней ступенями расположен в двух опорах, что обеспечивает хорошую жесткость и малую массу. Материал барабана — титановый сплав. Турбина компрессора двухступенчатая. Камера сгорания кольцевая с восемью форсунками.

Заказчик одобрил предложенный проект двигателя, а 30 мая 1960 г. вышло постановление правительства СССР о постройке параллельно с однодвигательным В-8 двухдвигательного вертолета В-8А. Коллективу "Климova" также поручили разработать главный редуктор вертолета, который получил индекс ВР-8.

Началось создание двигателя. Первоначально для ускорения работ было принято решение в качестве прототипа использовать компрессор двигателя АИ-20, имевшего близкие параметры с ТВ2-117. Но положительных результатов это не принесло. При-

МАССОВЫЙ ВЕРТОЛЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ



ТВ2-117

ГУП "Завод им. В.Я. Климова":
Петр Изотов,
главный конструктор вертолетных двигателей
Данила Изотов,
менеджер по рекламе

шлось создать новый компрессор, расчетные значения КПД которого составили 85 %, а запаса устойчивости — не менее 25 %. При доводке турбины было получено КПД на силовой турбине 91 %, на турбине компрессора 87 %.

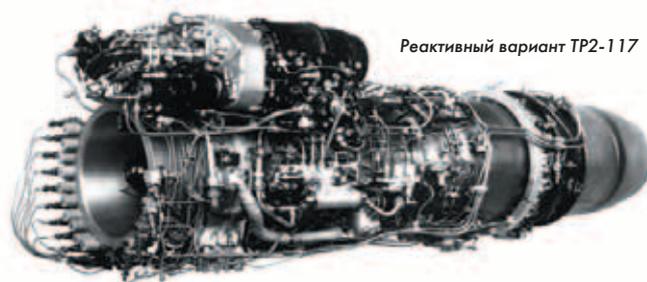
Первые двигатели ТВ2-117 и редуктор ВР-8 поступили в ОКБ М.Л. Миля летом 1962 г., и 2 августа вертолет В-8А впервые оторвался от земли. Первый полет был совершен 17 сентября 1962 г. Двухдвигательная силовая установка обеспечила вертолету высокую энерговооруженность, достаточную для выполнения горизонтального полета без снижения при отказе одного из двигателей. С марта 1963 г. по март 1965 г. вертолет В-8А проходил Государственные испытания, после которых был рекомендован в серийное производство в пассажирском варианте (Ми-8П) и десантно-транспортном (Ми-8Т). До настоящего момента на вертолетных заводах в Казани и Улан-Удэ выпущено более 8200 машин в нескольких десятках гражданских и военных модификаций. Вертолет Ми-8 стал наиболее популярным винтокрылым аппаратом — он эксплуатируется в 80 странах мира.

В ходе испытаний и доводки силовую установку оборудовали автоматической системой регулирования, обеспечивающей поддержание частоты вращения несущего винта в заданных пределах и синхронизацию работы двигателей. В случае отказа в полете одного из двигателей система обеспечивала автоматический выход работающего двигателя на повышенную мощность.

В июне 1964 г. двигатель ТВ2-117 и редуктор ВР-8 успешно прошли Государственные стендовые испытания на ресурс 300 ч. ТВ2-117 стал первым в СССР газотурбинным двигателем со свободной турбиной, реализующим новый принцип автоматического регулирования "шаг-газ".

Серийный выпуск силовой установки было решено осуществлять на Пермском моторостроительном заводе. Для курирования серийного производства там создали группу конструкторов во главе с представителем главного конструктора "Климова". Между двумя заводами завязались тесные и плодотворные связи, которые поддерживаются до сих пор. Для Пермского завода налаживание производства двигателя малой размерности стало новым, так как до этого завод специализировался на производстве крупных двигателей. Специфика малоразмерности и высоких оборотов потребовала освоения новых технологических процессов в изготовлении деталей и балансировке, изменения используемого оборудования, создания дополнительных установок для испытаний компрессора, продувки сопловых аппаратов и т.д.

В процессе эксплуатации двигатель ТВ2-117 все время модернизировали. В результате совместных работ "Климову" и Пермскому заводу удалось довести гарантийный ресурс до 1500 ч, ресурс по техсостоянию — до 2000 ч, назначенный ресурс — до 12 000 ч. Мягкие покрытия в компрессоре заменили напылением на стальные детали статора (ТВ2-117А), ввели графитовое уплотнение второй опоры (ТВ2-117АГ), установили пылезащитное устройство



Реактивный вариант TP2-117

Силовая установка
вертолета Ми-8Самосвал "БелАЗ-549В-5275" с
двигателем ТВ2-117



Вертолет Ми8ТГ с двигателями, работающими на газе

(ПЗУ). При изготовлении двигателей стали использоваться такие современные технологические процессы, как электронно-лучевая сварка, холодная вальцовка лопаток компрессора и др.

География применения вертолета Ми-8 быстро расширялась. Началась продажа вертолета за границу. В некоторых странах с жарким климатом и высокогорным расположением посадочных площадок стала проявляться нехватка мощности при взлете с полной загрузкой. В частности, из Ирака поступили просьбы о сохранении взлетной мощности до внешней температуры $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при обычных условиях мощность поддерживалась до температуры $+18...20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Специалисты "Климова" провели соответствующие работы, и в результате некоторого сокращения ресурса на взлетном режиме появилась возможность сохранения мощности в 1440 л.с. до температуры $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В 1974-1975 гг. были приняты постановление правительства СССР и совместное решение министров авиационной промышленности, гражданской авиации и главкома ВВС о создании форсированного ва-



М.Л. Миль и С.П.Изотов показывают вертолет Ми-8 правительственной делегации во главе с Н.С. Хрущевым

рианта ТВ2-117Ф. При этом требовалось решить следующие задачи:

- установить ПЗУ, обеспечив при этом взлетную мощность 1500 л.с. (работы по ПЗУ поручались МВЗ);
- обеспечить гарантированную мощность 1440 л.с. с поддержанием ее до температуры $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ввести чрезвычайный режим (ЧР) с мощностью 1700 л.с. и многократным использованием его в случае отказа одного из двигателей.

В короткий срок двигатель удалось форсировать увеличением числа оборотов турбокомпрессора на 2,5 % и повышением температуры газов перед турбиной на 85 К. Это, в свою очередь, потребовало применения более жаростойких материалов, а для обеспечения высотности и введения ЧР оказалось необходимым внесение изменений в топливрегулирующую аппаратуру и систему управления. Весь комплекс заводских испытаний закончили в декабре 1977 г., а в сентябре 1978 г. двигатель успешно прошел Государственные стендовые испытания. В 1979 г. двигатель ТВ2-117Ф в составе вертолета Ми-8ФТ прошел Государственные летные испытания в стандартных условиях и условиях горной местности.

К вертолету Ми-8ФТ в 1975 г. проявила интерес одна из япон-

ских фирм. Для продажи требовалось провести сертификацию двигателя по американским нормам летной годности FAR-33. Вертолет успешно прошел сертификацию и был продан в Японию, где эксплуатируется до сих пор.

В 1983 г. начались работы по использованию природного газа в качестве топлива для двигателя ТВ2-117. Газ, который всегда сопутствует нефти при ее добыче, выбрасывается в атмосферу и сжигается без какой-либо пользы. Нефтяные месторождения обслуживаются большим числом вертолетов, поэтому перевод даже этого парка машин на газ дал бы большую экономическую выгоду и экономию дефицитного топлива (керосина). После ознакомления с опытом разработок в этом направлении была принята схема с использованием сжиженного газа и его впрыском в камеру сгорания через форсунки. Для подачи топлива в форсунки и регулирования его расхода Пермское агрегатное КБ создало дополнительную топливрегулирующую аппаратуру копирующего типа.

Двигатель, использующий в качестве топлива природный газ, получил индекс ТВ2-117Г. Он предназначался для эксплуатации на вертолете Ми-8ТГ. В 1986 г. начались стендовые и летные испытания, в ходе которых двигатель работал на попутном нефтяном газе, авиационном сконденсированном топливе АСКТ, пропане, бутане, авиационном и автомобильном бензине, керосине, дизельном топливе и их смесях с авиационным топливом. Испытания показали, что ТВ2-117Г экономичнее базового двигателя на 6 %. Особую ценность такой двигатель представляет при эксплуатации в труднодоступных районах Сибири, Арктики, Антарктиды и других областях с



Вертолет-салон Ми-8ПС Президента России

экстремальными климатическими условиями, а также в условиях боевых действий, когда возможны дефицит и низкое качество авиационного топлива. Работы по "газовой" топливной аппаратуре продолжаются и сейчас. Планируется устанавливать ее на двигателях серий ТВ3-117 и ТВ7-117.

Как и двигатель ГД-350, двигатель ТВ2-117 пытались использовать в разных отраслях народного хозяйства. Так, например, на Минском автозаводе создали опытный автопоезд "БелАЗ-549В-5275" грузоподъемностью 120 т (при собственной массе 78 т), в судостроительной промышленности изготавливалось судно на подводных крыльях и др.

Производство ТВ2-117 прекратили только в 1997 г. За 32 года было изготовлено более 23 000 экземпляров. ТВ2-117 стал самым массовым двигателем в мире в своем классе, а такая его модификация как ТВ2-117Г вообще не имеет аналогов в мировом авиационном двигателестроении.

DIGEST

Simultaneously with the development of Mi-2 light helicopter M. Mil's Design Bureau launched a project of V-8 medium helicopter as an alternative to Mi-4 helicopters. The new helicopter (later known as Mi-8) was designed with a dual-engine powerplant. Based on a governmental decree, several engine manufactures received a technical task for designing of 1250-h.p. turboshaft. The most attractive was the proposal by Klimov's working team headed by S.P. Izotov, General Designer. The first engines dubbed as TV2-117 were delivered to M.Mil's Design Bureau in the summer 1962. They were in series production till 1997. TV2-117 became the engine of the most mass production in the class (totally 23,000 engines were manufactured) in the world. The engine has many modifications, including unique versions, having no analogues in the world.

THE MOST MASS PRODUCTION SERIES HELICOPTER ENGINE



Пакет пластин после изготовления контактных рычагов

Электроэрозионная обработка выполняется в основном в ночные смены и нерабочие дни

Изготовление контактных рычагов (щупов) осуществляется в три этапа:

1. Программирование

- Ввод геометрических параметров, полученных от заказчика или определенных по чертежу.
- Ввод параметров качества и режимов обработки возможен еще во время изготовления предыдущей детали.

2. Подготовка

- Пакет из 12 или 18 термообработанных стальных пластин прихватывается сваркой с боковых сторон.
- Пакет устанавливается и выверяется в системе прямоугольных координат при помощи системы Agisetup 2D под каждым проволочным электродом; система автоматически корректирует контур резки с учетом геометрических размеров заготовки.
- При помощи программирующего модуля Usersequence системы Agievision задаются приоритеты операций обработки, в том числе выполнение разделительной резки под наблюдением оператора, позволяющей своевременно извлекать прошедшие электроэрозионную обработку детали из установки.

3. Электроэрозионная резка

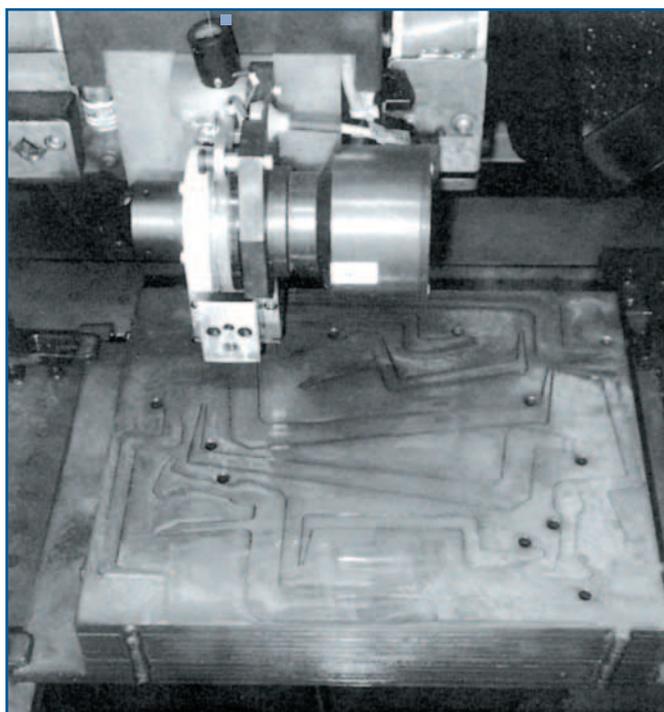
- Вырезание всех контуров в пакете пластин толщиной 60 или 90 мм за один проход с допуском на точность контура $\pm 0,05$ мм.
- Выполнение всех разделительных резок в присутствии оператора.
- Извлечение рычагов из установки.

Затраты времени на резку пакета, состоящего из 12 пластин при высоте разреза 60 мм, составляют около 4 часов. Вдвое больше времени требуется для пакета из 16 пластин при высоте разреза 90 мм, в связи с чем эта операция проводится, как правило, в нерабочие дни.

В заключение производится пескоструйная обработка рычагов для удаления грязи и придания деталям товарного вида.



Пакет из 12 (18) пластин, прихваченных сваркой, обрабатываемый на установке для электроэрозионной резки Agiecut Classic 2



СУЩЕСТВУЮТ ТРИ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНТАКТНЫХ РЫЧАГОВ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: ЛИТЬЕ, РЕЗКА ЛАЗЕРОМ ИЛИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ РЕЗКА. МЫ ВЫБРАЛИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННУЮ РЕЗКУ, ТАК КАК ЛИТЬЕ ПРИ ГОДОВОМ ОБЪЕМЕ ПРОИЗВОДСТВА 6000 ШТУК НА МОДЕЛЬ ОБХОДИТСЯ СЛИШКОМ ДОРОГО, А ПРИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ ИЗ-ЗА НЕДОСТАТОЧНОЙ ПОВТОРЯЕМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕ ДОСТИГАЕТСЯ НУЖНАЯ ТОЧНОСТЬ. КРОМЕ ТОГО, БЛАГОДАРЯ МАЛОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ И ВЫСОКОЙ АВТОНОМНОСТИ ОБРАБОТКИ В НОЧНЫЕ СМЕНЫ И В НЕРАБОЧИЕ ДНИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ РЕЗКА ЭКОНОМИЧНЕЕ ДРУГИХ МЕТОДОВ.

Рудольф Эгген,
директор предприятия
Kroenplin GmbH
(Германия/Швейцария)

электроэрозионная резка —

СИМВОЛ ТОЧНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ

Электроэрозионная резка считается идеальной технологией для изготовления контактных рычагов партией до 6000 изделий в год.

- Скорость резания пакетов прихваченных сваркой пластин из термообработанной стали достигает 300 мм²/мин.

- Высокая гибкость системы электроэрозионной резки позволяет быстро перенастраивать систему для изготовления изделий различной геометрии.

- Требуемый допуск на точность контура ± 0,05 мм можно реализовать с абсолютной повторяемостью.

- Отпадает необходимость в дорогих операциях финишной обработки.

- Легкость ввода данных в соответствии с приоритетами и качеством обработки, а также простота установки заготовок сокращают время на подготовительные операции.

- Малая продолжительность рабочего цикла позволяет изготавливать детали немедленно при возникновении потребности в них и исключает необходимость длительного хранения.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОТОВОЙ ДЕТАЛИ

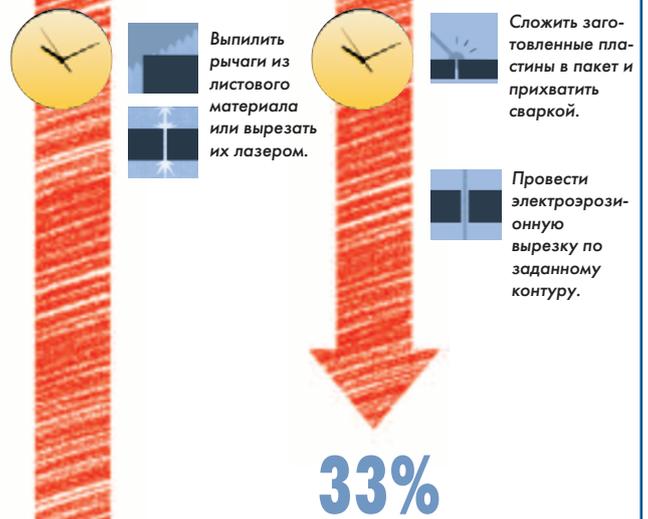
НАИМЕНОВАНИЕ ДЕТАЛИ	контактные рычаги (щупы) к приборам для линейных измерений
МАТЕРИАЛ ДЕТАЛИ	улучшенная термообработкой сталь толщиной 3...5 мм
ВЫСОТА РЕЗА	60 мм для пакета из 12 пластин 90 мм для пакета из 18 пластин
ЧИСЛО ДЕТАЛЕЙ	5000—6000 шт. на модель в год
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ	около 4 ч основной резки для пакета из 12 пластин около 8 ч основной резки для пакета из 18 пластин
ДОПУСК НА КОНТУР	Tкм ± 0,05 мм



Контактные рычаги, изготовленные методом электроэрозионной резки

Сравнение процессов изготовления контактных рычагов (щупов)

Раньше **Теперь**



Выпилить рычаги из листового материала или вырезать их лазером.

Сложить заготовленные пластины в пакет и прихватить сваркой.

Провести электроэрозионную вырезку по заданному контуру.

Отжечь детали для снятия напряжений.

Отшлифовать рабочие поверхности.

Мы убеждены, что эта статья побудит Вас решать собственные задачи с помощью электроэрозионных станков AGIE — для Вашей собственной выгоды!

Фирма приглашает предприятия России и других стран СНГ к взаимовыгодному сотрудничеству.

Полную информацию о станках фирмы AGIE можно получить в московском представительстве "ГАЛИКА АГ" (Технология и промышленные установки) по адресу:

**Россия, 177334, г. Москва, Пушкинская наб., 8а.
Тел.: (095) 954-0900, 954-0904.
Факс: (095) 954-4416.**

100%

ШЛИФОВАНИЕ = КАЧЕСТВО

ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Александр Калашников,

директор представительства фирмы "Рейсхауэр", профессор

Невозможно перечислить все области применения зубчатых передач, к которым предъявляются особые, постоянно ужесточающиеся требования. Современные зубчатые передачи должны обеспечивать повышение крутящих моментов, плавности и бесшумности вращения, увеличение прочности и долговечности работы, снижение массы и габаритов. Зубошлифование как наиболее перспективный метод финишной обработки рабочих поверхностей зубьев способствует выполнению этих требований. По сравнению с другими методами обработки оно позволяет не только снизить погрешности зубьев, полученные на предварительных механических операциях и при термической обработке, но и получить поверхности зубьев с заранее заданными параметрами точности и шероховатости, а также требуемой модификацией их геометрической формы.

Среди большого многообразия методов зубошлифования, созданных за последние десятилетия, наибольшее распространение в промышленности получили методы обкатного и профильного зубошлифования при периодическом или непрерывном делении. Фирма "Рейсхауэр" (Швейцария) одна из первых осознала потенциальные возможности и приступила к реализации непрерывного метода зубошлифования. Создание этой фирмой в 1945 г. станка, работающего непрерывным обкатным шлифованием, положило начало эпохе высокопроизводительной финиш-

ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ ФИРМЫ "РЕЙСХАУЭР"

Технические параметры	Модель станка			
	RZ 300E	RZ 362, RZS	RZ 820	RZF
Метод зубошлифования	обкатной	обкатной	обкатной	профильный
Внешний диаметр заготовки (макс.), мм	300	360	820	250
Диаметр окружности впадин зубьев (мин), мм	10	10	50	—
Длина заготовки (макс), мм	690	—	1185	600
Число зубьев	7-256	6-600	10-600	10-248
Модуль, мм	0,5...5,0	0,5...7,0	0,5...8,0	до 5
Угол наклона зубьев, град	± 45	± 45	± 30	± 40
Максимальная масса заготовки с оправкой, кг	50	60	300	—
Червячный шлифовальный круг:				
- наружный диаметр, мм	350...270	350...280	400...280	400...300
- ширина, мм	84	104	84...104	25...80
- число оборотов, об/мин	1100...1900	1100...2300	1100...2150	1000...3000
Масса станка, кг	4200	6600	7700	—

Рис. 1

ной обработки закалённых зубчатых колёс. Непрерывный метод по сравнению с методом прерывистого деления обладает более высокой производительностью за счёт двухсторонней обработки зубьев и отсутствия потерь времени на деления.

В настоящее время фирма "Рейсхауэр" выпускает станки, работающие методом как обкатного, так и профильного зубошлифования.

На станках можно шлифовать зубчатые колёса различной формы: валы, диски, зубчатые сегменты, зубчатые долбяки, дисковые шеверы (рис. 1).



Обкатное непрерывное зубошлифование является одним из наиболее распространённых методов. В качестве инструмента используют абразивный червячный шлифовальный круг, исходный контур которого имеет форму зубчатой рейки. Эвольвентная форма зуба образуется посредством обката червячного круга и зубчатого колеса, находящихся в беззазорном зацеплении. Точечный контакт на нескольких левых и правых боковых поверхностях (рис. 2) при непрерывном вращении червячного шлифовального круга и заготовки обеспечивает необходимый съём материала. Благодаря подаче заготовки в осевом направлении шлифуется вся ширина зубчатого венца.

Станки RZ 300E, RZ 362, RZS (рис. 3) и **RZ 820**, работающие обкатным методом, стабильно обеспечивают 3-5-ю степень точности по ГОСТ 1643-81, причём по показателям кинематической точности и



Рис. 3

плавности зацепления точность значительно выше (2-3-я степень точности). На них могут быть выполнены практически все встречающиеся в промышленности модификации зубьев по профилю (угловая, чисто эвольвентная, бочкообразная, со срезом на головке) и по длине (прямолинейная, конусная, бочкообразная симметричная и не симметричная) (рис. 4). Станки фирмы "Рейсхауэр" хорошо адаптированы к условиям промышленности России, они успешно работают в единичном, серийном и массовом производстве как с импортными, так и отечественными абразивными инструментами, шлифовальными и гидравлическими маслами, технологической оснасткой. В стремлении сделать непрерывное обкатное шлифование ещё более производительным фирмой "Рейсхауэр" был разработан процесс шифтингового зубошлифования (рис. 5). Станки RZ 362 и RZS благодаря управляемым радиальной (X) и осевой (Z) подачам, а также тангенциального смещения (Y) заготовки вдоль реечного профиля круга производят черновую обработку с припуском 0,09...0,13 мм на сторону зуба за один-два хода. При последующем чистовом ходе с припуском 0,01...0,012 мм обеспечивается высокая точность и требуемая шероховатость поверхности зубьев. Применение двух- и трёхходовых червячных шлифовальных кругов позволяет уменьшить машинное время шлифования на 30...50%. Автоматическая бесконтактная система центрирования, установленная на станках фирмы "Рейсхауэр", гарантирует быст-

Фирма "Рейсхауэр" (Швейцария) – мировой лидер станкостроения – была основана более 200 лет назад в городе Цюрихе как кузнечная мастерская. С середины XIX века фирма получает мировую известность как производитель высококачественного металлообрабатывающего и измерительного инструмента. Важным этапом в становлении фирмы явилось создание совершенно новых конструкций станков для шлифования резьбы и зубьев шестерён в 1945 г. В настоящее время прецизионные резьбо- и зубошлифовальные станки фирмы "Рейсхауэр" широко используются в промышленно развитых странах в автомобиле- и тракторостроении, моторостроении, самолётостроении, редукторостроении и других областях промышленности для производства высококачественных конкурентоспособных продуктов. С 1937 г. фирма "Рейсхауэр" поддерживает тесные деловые контакты с Советским Союзом. За этот период времени поставлены многие сотни станков в промышленность нашей страны. В 1991 г. фирма "Рейсхауэр" открыла собственное представительство в Москве для выполнения всех необходимых запросов заказчиков. Руководителями представительства являются г-н Ж.-Ф. Делави и г-н И. Хадорн.

Адрес представительства: 123557, Москва, ул. Малая Грузинская, 46 - 94.
Телефон/факс: (095) 252-19-98.

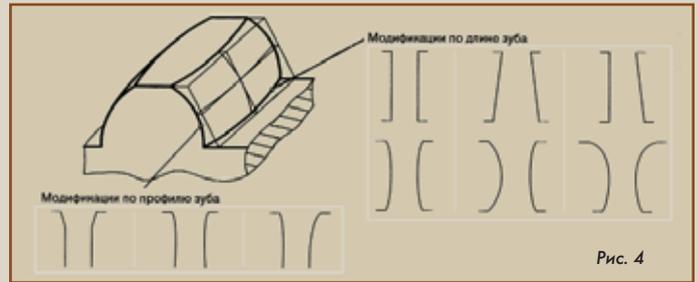


Рис. 4

рое зацепление зубьев заготовки и шлифовального круга и обеспечивает равномерное распределение припуска по обеим сторонам зубьев. Червячный шлифовальный круг как гибкий носитель информации о шлифуемых зубчатых колёсах периодически в процессе работы подвергается автоматической профильной правке. Применение алмазных правящих инструментов различной формы и конструкции позволяет за короткое время производить автоматическую профильную правку шлифовальных кругов с требуемой точностью и геометрией. При этом встроенное в станок балансировочное приспособление постоянно обеспечивает высокую точность балансировки круга.

Шлифовально-хонинговальный станок RZF работает методом профильного шлифования. Этот метод создан исключительно для средне- и крупносерийного производства. Контакт шлифовального круга, имеющего глобидную форму, и заготовки осуществля-

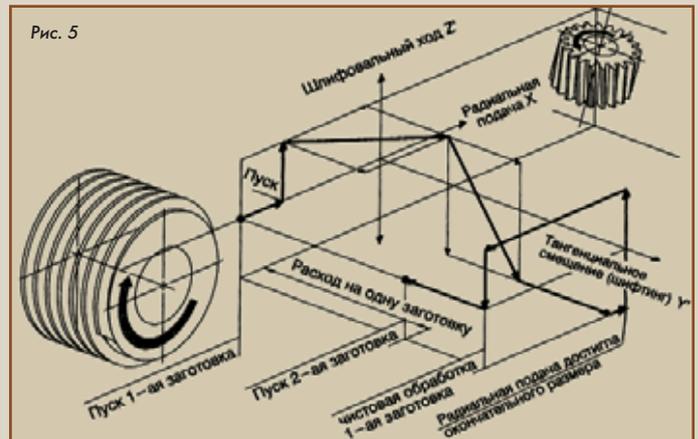


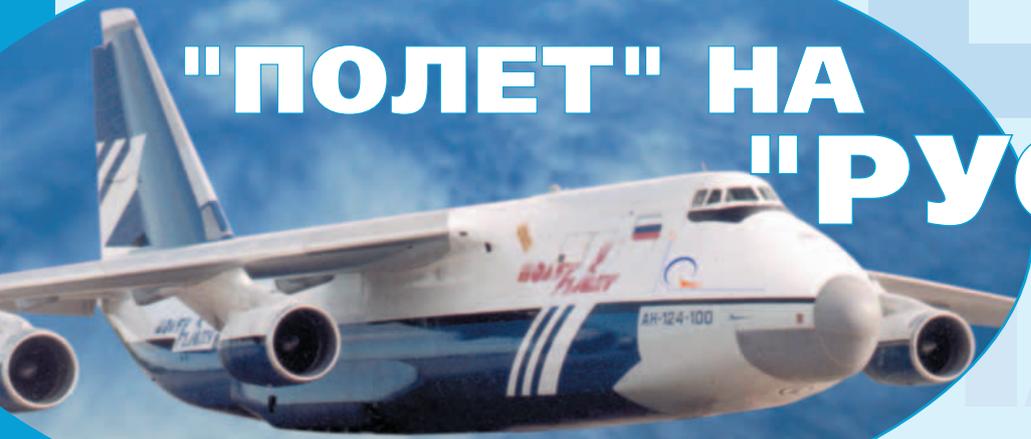
Рис. 5

ется по линии на нескольких одноимённых боковых поверхностях зубьев (см. рис. 2). Это позволяет существенно увеличить съём металла без повышения термической нагрузки. Для повышения плавности зацепления и устранения растягивающих напряжений после профильного шлифования на станке RZF за одну установку производят хонингование зубьев. Профильную правку шлифовального круга и зубчатого хона с внешним зацеплением производят зубчатым колесом с алмазным покрытием, имеющим длительный срок службы и все необходимые модификации зубьев. Станок обеспечивает короткое время обработки, высокую точность по шагу, форме профиля и толщине зубьев (4-5-я степень точности по ГОСТ 1643-81) и низкую шероховатость микрорельефа поверхности зубьев.



Reishauer.

"ПОЛЕТ" НА "РУСЛАНЕ"



Анатолий Карпов,

генеральный директор ЗАО

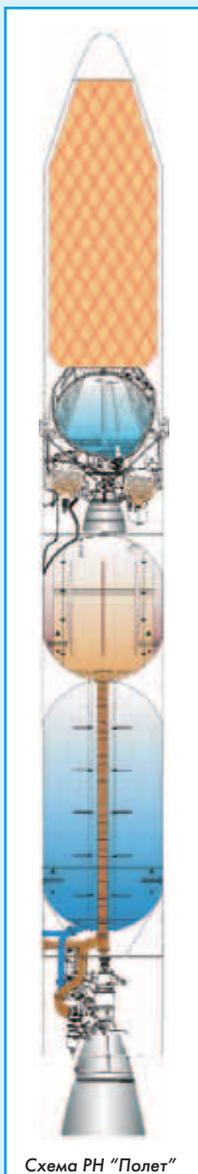
"Аэрокосмическая корпорация "Воздушный старт"

Аэрокосмическая корпорация "Воздушный старт" разрабатывает собственный вариант одноименного авиационно-ракетного комплекса, предназначенного для вывода на опорную орбиту космических аппаратов массой до 3,8 т. В качестве самолета-носителя предполагается использовать Ан-124-100 "Руслан", а вновь разрабатываемую ракету-носитель "Полет" оснастить надежными, прошедшими обширный цикл испытаний кислородно-керосиновыми двигателями. Реализация проекта "Воздушный старт" осуществляется на коммерческой основе при поддержке со стороны государства, зафиксированной в распоряжении правительства РФ № 1702-р от 1 декабря 1998 г.

Идея создания авиационно-ракетных комплексов (АРК) в начале 70-х годов привлекла внимание специалистов главным образом потому, что она рассматривалась в качестве одного из путей повышения живучести межконтинентальных баллистических ракет в случае внезапного развязывания полномасштабной ядерной войны. Вариант воздушного базирования рассматривался на этапе создания новой американской ракеты MX. В интересах проверки осуществимости идеи в 1974 г. американские ВВС произвели запуск МБР "Минитмен" с борта тяжелого транспортного самолета С-5 "Гэлэкси". Впоследствии в США до стадии коммерческой эксплуатации был доведен АРК, включавший самолет-носитель L-1011 и крылатую ракету "Пегас".

Не было недостатка в проектах АРК и в нашей стране. К наиболее известным на сегодняшний день относятся комплекс "Бурлак-Диана" разработки Государственного машиностроительного КБ "Радуга" и "МАКС", предложенный НПО "Молния". В первом случае речь идет об использовании в качестве самолета-носителя переоборудованного стратегического ракетоносца Ту-160 в сочетании с космическим разгонщиком; во втором — о системе, включающей сверхтяжелый транспортный самолет Ан-225 "Мрия" и водородно-кислородную ракету. Разрабатываемый нами АРК "Воздушный старт" по массе полезной нагрузки, выводимой на орбиту, занимает промежуточное положение между "Бурлаком", способным доставлять на низкие околоземные орбиты космические аппараты массой до 1,1 т и "МАКСом", предназначенным для вывода в космос полезных нагрузок массой до 9,5 т (в беспилотном варианте). Что же касается стоимости создания, то АРК "Воздушный старт" обладает заметными преимуществами перед другими проектами, поскольку предполагает использование:

- находящегося в эксплуатации самолета-носителя Ан-124-100;
- освоенных технических решений по десантированию грузов;
- модификаций существующих маршевых ЖРД (НК-43М для первой ступени и 11Д58МФД для второй) в составе ракеты-носителя "Полет".



По имеющимся оценкам в период до 2015 г. мировое сообщество предполагает произвести запуск порядка 1800 легких космических аппаратов. Потенциал рынка легких ракет-носителей (РН) оценивается в \$10...15 млрд. Существующие и разрабатываемые РН легкого класса с наземным стартом не в полной мере удовлетворяют требованиям заказчиков из-за высокой стоимости пуска и ограничений, накладываемых допустимым диапазоном наклонений рабочих орбит соответствующего стартового комплекса. Кроме того, в ряде случаев зарубежный заказчик по тем или иным соображениям может быть не заинтересован в запуске спутника с российской территории.

АРК "Воздушный старт" свободен от указанных недостатков. Типовой алгоритм его применения предполагает базирование самолета-носителя в Самаре, перелет с незаправленной РН "Полет" на аэродром заказчика, где производится ее стыковка с полезной нагрузкой (головной частью), перелет на промежуточный аэродром на Аравийском полуострове, с последующей заправкой РН компонентами топлива и, наконец, полет в зону пуска над западной частью Индийского океана. Пуск над морской акваторией снимает проблему отчуждения (и оплаты) полей падения отделяемых элементов РН. Автономность и мобильность АРК принципиально позволяют осуществлять пуски над различными районами мирового океана в диапазоне наклонений орбит от 0 до 115°.

Возможными областями применения АРК "Воздушный старт" могут быть:

- развертывание и восполнение низкоорбитальных группировок спутниковых систем связи;
- выведение спутников мониторинга поверхности и атмосферы Земли, контроля чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера;
- развертывание и поддержание группировок спутниковых систем навигации;
- выведение на высокоэллиптические и отлетные траектории космических аппаратов, предназначенных для научных исследований Земли, Луны и планет Солнечной системы.

На начальном этапе разработки проекта в качестве горючего предполагалось использовать сжиженный природный газ (СПГ). В качестве маршевых двигателей обе-

их ступеней рассматривались метановые модификации РД-0124, спроектированные КБ Химавтоматики для РН "Союз-2". Однако необходимость сокращения расходов на разработку комплекса в сочетании с по-



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ РН "ПОЛЕТ"

Характеристика	НК-43М	11Д58МДФ
Тяга, тс	194	8
Удельный импульс, с	346	367
Надежность (точечная оценка)	0,9985	0,998

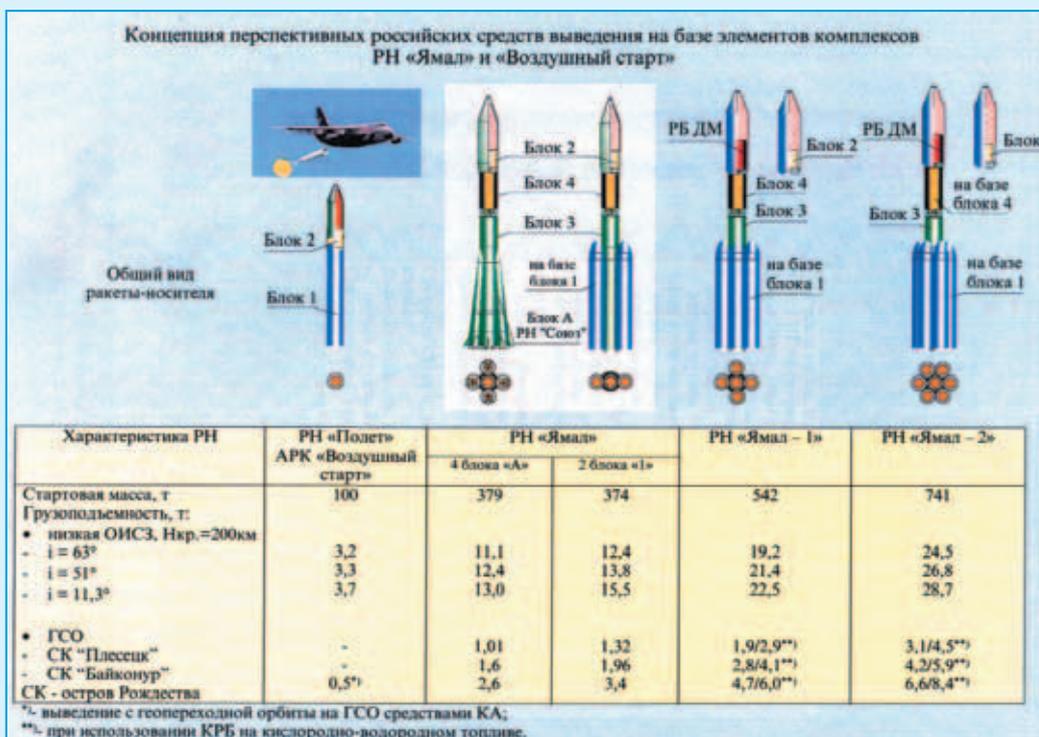


вышенными требованиями к надежности РН потребовали пересмотра конструкции двигательной установки. В начале 1999 г. руководство корпорации приняло решение об отказе от СПГ в качестве горючего и переходе к паре "керосин + жидкий кислород".

Типовая схема десантирования предусматривает выполнение горки самолетом-носителем, катапультирование РН "Поле-

т" из транспортно-пускового контейнера с помощью пневмосистемы на высоте 10,5...11,5 км при скорости 650...700 км/ч и угле наклона траектории 17...26°, выпуск стабилизирующего парашюта и запуск двигателя первой ступени через 7 с после начала движения РН. Двигатель НК-43М за 144 с работы обеспечивает вывод РН на высоту 102 км и разгон до скорости 3,83 км/с, после чего первая ступень отделяется. Затем в течение 500 с работает двигатель второй ступени, обеспечивая достижение высоты 200 км и скорости 7,78 км/с.

Безопасность самолета-носителя при пуске обеспечивается пятисекундной задержкой запуска двигателя первой ступени после отделения РН от самолета-носителя, что гарантирует ей отставание на расстояние 200 м. Проанализированы различные варианты аварийных ситуаций, в том числе с отменой пуска РН и возвращением на аэродром (в этом случае производится слив компонентов топлива).



Применение авиационного керосина Т-6 позволяет упростить аэродромные средства заправки РН, снижает ее пожароопасность, позволяет использовать богатый опыт работы с керосином, накопленный при эксплуатации ракетной и авиационной техники. При выборе двигателя для первой ступени учитывалось и то обстоятельство, что ЖРД НК-43М представляет собой модифицированный НК-33, созданный в свое время для сверхтяжелой "лунной" ракеты Н1 в ОКБ Н.К. Кузнецова. Характеристики и технические решения двигателя НК-33 остаются на уровне современных требований и сегодня, а многолетняя доводка обеспечила ему высокую надежность. Кроме того, ориентация на этот двигатель тесно увязана с планами его производства в России в ОАО "Моторостроитель" для программы создания перспективной РН "Ямал" и в США на фирме "Аэроджет". Аналогичным образом использование двигателей второй ступени 11Д58МДФ обусловлено высоким уровнем их отработки в РКК "Энергия" при создании и эксплуатации блока "ДМ". Заметим, что этими двигателями будет оснащаться одна из ступеней РН "Ямал".

Инженеры нашей корпорации предложили концепцию использования двигателей, которые применены в

этом случае производится слив компонентов топлива).

Разработчики АРК "Воздушный старт" полагают, что комплекс стоимостью \$120...130 млн может быть создан за 3 года, и его коммерческая эксплуатация может начаться уже в 2003 г. При средней коммерческой стоимости пуска \$20 млн темп запусков может быть доведен до 10-11 в год, при этом период окупаемости проекта составит 3,5...4 года.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРК "ВОЗДУШНЫЙ СТАРТ"

Максимальная взлетная масса Ан-124-100 с РН "Поле", т	392
Максимальная масса РН "Поле", т	100
Максимальная масса полезной нагрузки, выводимой на:	
опорную полярную орбиту, т	3
опорную экваториальную орбиту, т	3,8
Габариты (длина x диаметр) РН "Поле", м	30 x 3
Габариты отсека полезной нагрузки, м	7,2 x 2,7
Диапазон высот орбит выведения, км	150...10 000
Диапазон наклонений орбит, °	0...115
Надежность выведения	0,99
Максимальная дальность полета СН:	
с заправленной РН "Поле", км	4500
с незаправленной РН "Поле", км	10 000

DIGEST

"Vozdushniy Start" Aerospace Corporation is designing its own version of a space launcher complex of the same name intended for putting into a reference orbit 3.8-t space vehicles. "Ruslan" AN-124-100 is supposed to be used as a carrier-aeroplane, and "Poliot" carrier-rocket under development is to be powered by a reliable, thoroughly tested, lox/kerosene engines. "Vozdushniy Start" project is a commercial program supported by Russian government as stated in Order # 1702-r dated December 1, 1998..

FLYING BY "RUSLAN"

С первых лет своей научно-технической деятельности В.П. Глушко уделял большое внимание поиску химических источников энергии, обеспечивающих максимальную эффективность создаваемым ЖРД. С этой целью он исследовал различные сочетания компонентов ракетного топлива. Так, в 1930-1933 гг., работая в газодинамической лаборатории, он на простейших камерах проводил опыты по исследованию горения и энергетической эффективности топлив. В качестве окислителя использовались жидкий кислород, азотная кислота и ее растворы с азотным тетроксидом, перекись водорода, хлорная кислота, тетранитрометан, в качестве горючего - бензин, смеси бензина с бензолом, толуол, керосин, диспергированные в жидком горючем бериллий, алюминий, литий, бор.

Исследования, связанные с использованием в ЖРД новых высокоэффективных ракетных топлив, были продолжены в послевоенный период, когда ракетная техника превратилась в одну из важнейших научно-технических отраслей народного хозяйства СССР. На смену лабораторным поискам талантливых одиночек пришла организация научно-исследовательских работ на государственном уровне. И в сфере этих работ идеи Глушко нашли свое воплощение. В результате его целенаправленной деятельности в 60-х годах были внедрены ставшие наиболее широко используемыми в отечественной ракетной технике "штатные компоненты" - несимметричный диметилгидразин и азотный тетроксид. В 60-70 гг. были проведены фундаментальные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по использованию в качестве окислителей высококонцентрированной перекиси водорода и жидкого фтора.

Работы по фторной тематике в ОКБ-456, возглавляемом В.П. Глушко, были начаты в 1954 г. после выхода в декабре 1953 г. постановления Совета Министров СССР, регламентирующего развертывание широкомасштабных работ по исследованию новых ракетных топлив, в том числе и по фтору и его соединениям в качестве окислителя. Работы проводились на территории экспериментальной площадки Государственного института прикладной химии (ГИПХ) под Ленинградом силами лаборатории № 62, укомплектованной специалистами одного из научно-испытательных отделов ОКБ-456.

Начался этап ознакомления с особенностями свойств монооксида фтора. Первоначально внимание было сосредоточено именно на этом фторном соединении, новом для ракетной техники химическом веществе. Изучалось ее воздействие на конструкционные материалы при различных температурах и давлениях, накапливался опыт длительного хранения монооксида фтора. Спустя некоторое время аналогичные работы стали проводиться с газообразным, а затем и с жидким фтором, также обладающим букетом "отрицательных черт характера".

Из общего курса химии известно, что фтор - низкокипящая ($t_{\text{кип}} = -188^\circ\text{C}$), чрезвычайно химически агрессивная и токсичная жидкость. Чем же вызван интерес к столь неудобному в эксплуатации веществу? А все дело в том, что фтор в ряду химических веществ, являющихся окислителями, занимает первое место по энергетической эффективности взаимодействия его с другими химическими веществами, пригодными в качестве горючего. Таким образом, уже в самом начале индустриального этапа развития отечественной ракетной техники была поставлена задача получения максимальной эффективности от используемого топлива.

Накопленный опыт обращения с жидким фтором и его соединениями позволил ОКБ-456 с марта 1956 г., после выхода соответствующего распоряжения правительства СССР, перейти к исследованию процессов горения в модельных камерах и газогенераторах. Для этой цели использовалась разработанная в 1948 г. первая в СССР паяная камера КС-50. Однако для продолжения работ по созданию фторного ЖРД масштабы лаборатории № 62, расположенной на арендуемой у ГИПХ территории, стали недостаточными, требовались организационные изменения.

По инициативе Глушко в марте 1958 г. Совет Министров СССР издал постановление, в соответствии с которым близости от города Приморска (Выборгский район Ленинградской области) был организован филиал № 1 ОКБ-456. В этом филиале впоследствии и сосредоточились все экспериментальные работы по созданию ЖРД на фторном топливе. По результатам расчетно-теоретического анализа и сравнительных испытаний была выбрана основная пара компонентов топлива — фтор и аммиак.

В качестве горючего первоначально рассматривались гидразин, аммиак и водород. Несмотря на то, что аммиак из указанной

троицы обладает наименьшей энергетической эффективностью, остановились именно на нем, поскольку по физико-техническим характеристикам (температура плавления, сохранение стабильности, отсутствие склонности к термическому разложению и т.п.) он заметно превосходит гидразин. А водород было решено использовать при разработке последующих вариантов двигателей, когда будут решены специфические "фторные" конструкторские и эксплуатационные проблемы.

Программа работ по созданию фторного ЖРД предусматривала поэтапное изучение особенностей организации смесеобразования и устойчивости горения в камере и газогенераторе, эффективности охлаждения камеры аммиаком, выбор материалов деталей, контактирующих с жидким фтором и продуктами его сгорания. Работы проводились в течение второй половины 1958 г. и всего 1959 г. на модельных камерах ЭК-500 тягой в 500 кгс, а затем — на камере ЭК-1500 тягой в 1,5 тс.

В конце 1959 г. Глушко провел расширенное научно-техническое совещание с участием научных сотрудников отраслевого НИИ-1 и ГИПХ, в ходе которого было установлено, что исследовательских материалов накоплено достаточно, продолжение НИР для ОКБ-456 становится малоэффективным, пора переходить к конкретной разработке двигателя.

В результате принятого решения в начале 1960 г. был заложен проект двигателя тягой 10 тс на топливе фтор + аммиак с давлением в камере сгорания 120 атм и дожиганием восстановительного генераторного газа. Определенный термодинамическим расчетом удельный импульс тяги составлял 405 с. Разрабатываемый двигатель, получивший индекс 8Д21, создавался без технического задания от головного разработчика, не были определены ни ракета-носитель, ни космическая операция, для которых он предназначался. По сути, этот вариант двигателя являлся опытным, стендовым, но мог стать основой для последующей разработки летного образца. Создание предварительного варианта фторного ЖРД предусматривало разработку конструкторской основы будущего штатного двигателя, освоение технологии изготовления, получение практических навыков проведения огневых испытаний и накопления опыта эксплуатации стендового оборудования, работающего в среде жидкого фтора.

Отсутствию технического задания от ракетного ОКБ В.П. Глушко не придавал большого значения. Как только двигатель с удельным импульсом тяги, превышающим как минимум на 50 с соответствующий показатель у лучшего из существовавших в то время ЖРД, будет надежно работать на стенде, такому двигателю обязательно найдется применение для решения космической задачи, считал он. Что же касается привязки к ракете, то необходимые изменения могли быть быстро внесены в конструкцию уже разработанного двигателя. Главное — создать стабильно работающий ЖРД с удельным импульсом тяги не менее 400 с.

ФТОРНЫЙ

ЖРД: СООТНОШЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И НЕОБХОДИМОСТИ



Вячеслав Рахманин, ведущий специалист НПО Энергомаш

Предложенная в 1960 г. конструкция двигателя прошла через все последующие годы его доводки без существенных изменений. Надо сказать, что фторный двигатель имел конструктивные особенности, отличавшие его от разработанных в ОКБ-456 двигателей до и после него, к основным из которых следует отнести:

- применение схемы с дожиганием восстановительного генераторного газа;
- охлаждение полным расходом горючего последовательно сопла, корпуса камеры и внутреннего днища смесительной головки, после чего горючее подавалось в газогенератор;
- использование гофрированной проставки в сверхзвуковой части сопла камеры вместо традиционной силовой "рубашки";
- применение в конструкции специально разработанных уплотнений в ТНА и агрегатах автоматики вследствие использования агрессивного компонента топлива.

Здесь следует отметить некоторую особенность в разработке фторного двигателя. Он представлял собой одновременно и "любимого дитя" В.П. Глушко, и "незаконнорожденного ребенка", ведь его параметры и характеристики были выбраны на инициативной основе. Хотя в 1960 г. вышло постановление правительства, поручавшее ОКБ-456 вместе с НИИ-1 и ГИПХ проведение работ по созданию ЖРД с использованием фтора в качестве окислителя, но на разработку такого двигателя не было ни ТЗ, ни директивных правительственных сроков готовности. Параллельно с ним в ОКБ-456 велась разработка двигателей 8Д716 для ракеты Р-9, 8Д514 для Р-14, 8Д712 и 8Д713 для Р-16, поэтому внимание руководства КБ и завода было сосредоточено на этих двигателях. Конечно, на предприятии авторитет Глушко был непререкаем, и, зная его отношение к фторному ЖРД, никто не позволял себе выражать сомнения в целесообразности этой разработки. Однако наиболее опытные конструкторы были заняты разработкой и доводкой указанных выше двигателей для боевых ракет. В результате разработкой двигателя 8Д21 занялись, в основном, молодые инженеры, выпускники МАИ и МВТУ 1958-62 гг. Не обремененные излишней опекой старшего поколения и окрыленные возможностью разработки собственного варианта нового двигателя, начинающие конструкторы смело отходили от привычных и проверенных на практике конструкций агрегатов ЖРД. Конечно, полной бесконтрольности не было. Руководители конструкторских бригад своевременно поправляли "бьющую через край" фантазию молодых разработчиков.

Так, в сочетании новых конструкторских идей и опыта создания надежной конструкции родился двигатель, фрагменты конструкции которого нашли свое продолжение в последующих разработках ОКБ-456. Оригинальность конструкции ряда агрегатов фторного ЖРД потребовала применения новых технологий. В помощь специалистам ОКБ № 456 были привлечены научные сотрудники отраслевого НИИ технологии машиностроения, кото-

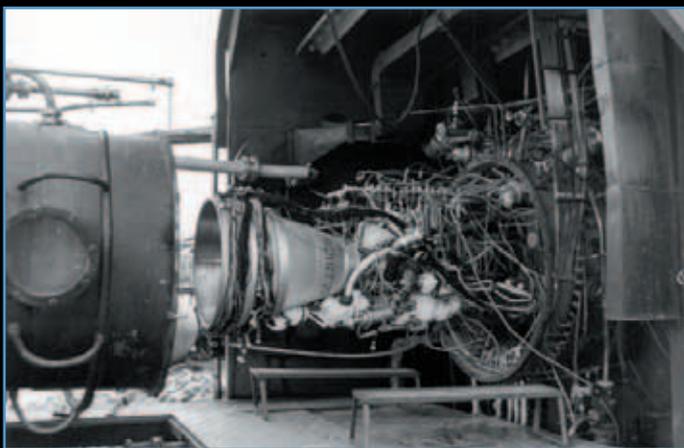
рые несколько месяцев работали в отделе главного технолога и цеховых техбюро завода. Совместная деятельность работников завода и НИИ привела к успеху - технологии были разработаны в достаточно короткий срок.

Параллельно велась подготовка испытательной базы. В Приморском филиале были построены стенды для испытаний полно-размерной камеры и газогенератора с вытеснительной системой подачи компонентов топлива. Проекты стендов предусматривали их последующую реконструкцию для испытаний двигателя и автономных испытаний ТНА. Агрегаты автоматики проходили испытания на стендах лаборатории № 2 с применением натуральных компонентов топлива. Коллектив инженеров-экспериментаторов Приморского филиала состоял преимущественно из молодых выпускников Ленинградского военно-механического института. Возглавлял филиал в эти решающие для становления испытательной базы годы Е.Н. Кузьмин, начавший свою трудовую биографию еще в начале 30-х годов под руководством В.П. Глушко в ГДЛ.

Первое огневое испытание двигателя 8Д21 состоялось в августе 1963 г. До конца 1965 г. было проведено еще 97 испытаний суммарной продолжительностью более 1200 с, при этом продолжительность непрерывной работы ЖРД составляла от 1,8 до 40 с. При испытаниях были опробованы различные варианты агрегатов и выбраны материалы деталей двигателя, подтверждена возможность получения заложенных при проектировании основных параметров, в том числе удельного импульса тяги (не менее 400 с), получен поистине неоценимый опыт работы с жидким фтором.

Одной из главных технических сложностей использования фтора является его исключительно высокая химическая агрессивность, приводящая к возгоранию большинства веществ. А если есть источник возгорания, то в среде фтора процесс горения интенсивно развивается, гореть начинают даже металлы, обычно с фтором не взаимодействующие. Причиной возгорания могло быть любое загрязнение полостей двигателя в процессе его изготовления. Именно из-за этого происходили аварии на первых секундах испытаний в начальный период отработки двигателя 8Д21. Эту неприятную сторону работы с фтором удалось преодолеть путем обработки внутренних полостей двигателя и стеновых магистралей по специальной технологии, разработанной испытателями филиала совместно с научными сотрудниками ГИПХа.

Результаты разработки фторного двигателя вскоре заинтересовали создателей ракет. В ОКБ-1 С.П. Королева рассматривались варианты использования нового ЖРД в "лунной" ракете-носителе Н1. Реагировало на работы по фторной тематике и руководство отрасли. В ноябре 1962 г. Госкомитет по оборонной технике выпустил приказ, который, наряду с требованиями форсировать работы по созданию двигателя, обязывал ОКБ "Южное" выдать в 1963 г. в ОКБ-456 техническое задание и приступить к разработке эскизного проекта верхней ступени тяжелого носителя с



использованием фторного двигателя. Однако высокая токсичность и химическая агрессивность фтора отпугивали даже такого смелого новатора ракетной техники, каким был главный конструктор ОКБ "Южное" М.К. Янгель. Выпуск ТЗ затянулся, оно поступило в ОКБ-456 только в 1965 г.

По предложению Глушко двигатель 11Д13 для ОКБ "Южное" создавался на основе задела, полученного при разработке 8Д21. Внесенные ракетчиками некоторые новые требования были оперативно отражены в конструкции агрегатов. В ходе 308-ми огневых стендовых испытаний с суммарной продолжительностью более 40 000 с двигатель 11Д13 был полностью отработан на соответствие ТЗ, однако до установки его в ракету дело не дошло, поскольку проект тяжелого носителя ОКБ "Южное" не получил дальнейшего развития.

И все же фторный двигатель с его выдающимися характеристиками не мог остаться невостребованным. Его время пришло во второй половине 60-х, когда появился проект вывода на геоцентрическую орбиту тяжелой телекоммуникационной станции. Расчеты потребной энергии ракеты-носителя подтвердили целесообразность использования фторного ЖРД для разгонного блока на верхней ступени РН "Протон". Практически только уникальное сочетание удельного импульса тяги и весовых характеристик фторно-аммиачного топлива позволяло вывести на стационарную орбиту телекоммуникационную станцию прямого приема сигнала на бытовые приборы.

В июне 1969 г. вышло постановление правительства о разработке фторно-аммиачного двигателя тягой 10 тс с многократным включением (не менее трех раз) и суммарной продолжительностью работы не менее 420 с. Техническое задание на разработку двигателя, получившего обозначение 11Д14 (по классификации КБ Энергомаш - РД-301), выдало КБ прикладной механики (главный конструктор М.Ф. Решетнев). Основу конструкции двигателя 11Д14 составили узлы и агрегаты, отработанные в составе двигателей 8Д21 и 11Д13. Изменения коснулись главным образом агрегатов автоматики и были связаны с требованием многократного запуска в условиях невесомости и глубокого вакуума. Проблемной являлась также отработка промежуточных отключений восстановительного газогенератора, так как у одноразовых двигателей 8Д21 и 11Д13 в газогенераторном тракте турбины и смесительной головке камеры при отключении образовывались отложения твердых фтористых солей, исключавшие возможность повторного запуска.

В 1969-72 гг. в КБ Энергомаш велась отработка двигателя на соответствие новым требованиям, а в январе 1973 г. были начаты зачетные испытания, положительные результаты которых позволили окончательно утвердить выбранную конструкцию двигателя и перейти к завершающим доводочным испытаниям, проводимым Межведомственной комиссией в три этапа. На последнем, третьем этапе предполагались испытания двигателя в составе разгонного блока ракеты на специальной оборудованном стенде.

Однако в 1977 г. произошли события, роковым образом повлиявшие на дальнейшее использование фторного двигателя. Со-

ветский Союз присоединился к международному соглашению, в соответствии с которым решением Всемирной административной комиссии по радиовещанию был ограничен диапазон частот и мощностей на спутниках непрерывного телевидения (СНТВ). Это ограничение сделало нецелесообразным создание тяжелой телекоммуникационной станции, и необходимость в разработке разгонного блока с двигателем 11Д14 отпала. Отказ от создания блока был зафиксирован в постановлении правительства, датированном февралем 1977 г., хотя еще до его выхода работы по 11Д14 были успешно завершены. Двигатель был полностью отработан на соответствие требованиям ТЗ, его суммарная наработка составила более 200 000 с. Увы, победа осталась невостребованной. Впоследствии фторным ЖРД ни в КБ Энергомаш, ни в отечественной ракетной отрасли никто не занимался.

А был ли он нужен объективно? Большинство специалистов-ракетчиков на этот вопрос отвечают однозначно и категорически - нет! Но, как показывает история человечества, мнение большинства еще не является безоговорочной истиной. Нужны доводы, аргументы, доказательства. Не претендуя на всесторонний охват, попробуем привести их хотя бы частично.

Как уже указывалось, в ряду химических веществ, пригодных для использования в ЖРД, фтор в качестве окислителя занимает первое место по энергетическим характеристикам. Именно эта объективная истина заставила Глушко попытаться использовать фтор в качестве компонента ракетного топлива. В период начала разработки ЖРД 8Д21 применение пары фтор + аммиак давало прирост удельного импульса тяги на 50...85 с по сравнению с кислородными ЖРД, имевшимися или разрабатывавшимися в тот период. Если бы Глушко намеревался ограничиться применением фтора только в паре с аммиаком, т.е. получить удельный импульс на уровне 400 с, то, безусловно, все затраты на внедрение в ракетную отрасль такого токсичного и химически агрессивного вещества не окупались бы.

Но Глушко мыслил перспективно. После освоения фтора с аммиаком планировалась разработка двигателя на топливе фтор + водород. Проект такого двигателя 11Д16 разрабатывался в 1963-65 гг. Пара фтор + водород позволяла довести удельный импульс до 470...475 с, что близко к максимально возможному значению этого показателя для химических источников энергии в ракетных двигателях. Следующий, качественно более высокий уровень удельного импульса тяги может быть получен только при использовании ядерного ракетного двигателя.

Существует ли альтернатива фторно-водородному топливу применительно к ЖРД? Безусловно, да. Это топливо, предложенное еще К.Э. Циолковским в опубликованном им в 1903 г. научном труде "Исследование мировых пространств реактивными приборами", — кислород + водород. Вообще, водород в качестве горючего в ракетной технике целесообразно использовать в двигателях второй и последующих ступеней мощных космических ракет-носителей. В то же время известно, что на первом этапе раз-



Слева направо:

Двигатель 8Д21 на испытательном стенде

Общий вид стенда

В.П. Глушко (справа) вручает Е.Н. Кузьмину памятную медаль



вития отечественной космической техники космические системы создавались на основе ракет боевых комплексов: на базе межконтинентальной ракеты Р-7 была создана РН "Спутник", на базе Р-12 и Р-14 — "Космос" и "Интеркосмос", на базе УР-500 и Р-36 — "Протон" и "Циклон". Естественно, что ни о каких водородных двигателях на этих ракетах не могло быть и речи. Кроме того, к жидкому водороду, как к компоненту ракетного топлива, в связи с его крайне низкими удельным весом и температурой кипения длительное время отношение было довольно скептическим.

Только в проекте первой отечественной "чисто космической ракеты" Н1, предназначенной для экспедиции на Луну, предусматривалось использование на верхних ступенях кислородно-водородных двигателей разработки КБХМ А.М. Исаева и ОКБ А.М. Люлька. Печальная судьба Н1 известна. Практическое применение кислородно-водородный двигатель РД-0120 разработки КБХА под руководством А.Д. Конопатова получил на второй ступени РН "Энергия". Печальная судьба "Энергии" также известна. Однако, несмотря на эти негативные результаты, появление кислородно-водородных двигателей составило конкуренцию фторным ЖРД. Сравнение характеристик реально существовавших конструкций показывает, что фторно-аммиачный двигатель 11Д14 по удельному импульсу тяги существенно уступил кислородно-водородному РД-0120 - соответственно 400 и 455 с.

Остается сравнить показатели экономичности двигателей, работающих на топливах фтор + водород и кислород + водород. Хотя "в металле" двигатель на фторно-водородном топливе не был разработан, но с большой степенью уверенности можно утверждать, что на базе имеющихся проработок такого двигателя в ОКБ-456, а также с использованием апробированных технических решений двигателей 11Д14 и РД-0120 успешная разработка фторно-водородного двигателя вполне реальна, при этом можно получить параметры и характеристики, близкие к расчетным. Проведенное сравнение удельных импульсов тяги двигателей, работающих на топливах фтор + водород и кислород + водород показало, что фторный двигатель обладает на 20 с большим удельным импульсом тяги.

Но окупит ли это приращение те затраты по организации транспортировки, хранения, разработки специальной наземной

инфраструктуры для работы с чрезвычайно токсичным и химически активным фтором? На этот вопрос объективный ответ можно дать только по итогам решения конкретной задачи.

Таким образом, учитывая всю сложность эксплуатации фторного ЖРД, его использование в ракетной технике можно считать оправданным лишь в том случае, если поставленную космическую задачу не удастся решить другими средствами. Так было при подготовке вывода на геостационарную орбиту крупной телекоммуникационной станции. Так же решался вопрос и о применении водорода в двигателях второй ступени РН "Энергия", когда вывести на требуемую орбиту необходимую нагрузку с использованием другого топлива не представлялось возможным.

Подводя итоги рассказу об истории разработки фторных двигателей и анализу их места среди современных ЖРД, выскажу собственное мнение о перспективах их применения. Оно не обязательно совпадает с мнением других работников НПО Энергомаш. Можно себе представить некую гипотетическую космическую задачу, для решения которой удельной энергетики кислородно-водородного топлива окажется недостаточно. В этом случае предстоит сделать выбор из трех наиболее реальных вариантов:

- ЖРД на фторно-водородном топливе,
- ЖРД на трехкомпонентном топливе: фтор + водород + литий;
- ЯРД с водородом в качестве рабочего тела.

Учитывая весь комплекс технических вопросов, подлежащих решению в процессе разработки и эксплуатации указанных двигателей, и уровень получаемых при их работе параметров, автор склонен считать целесообразной концентрацию усилий на разработке ЯРД, который способен обеспечить получение существенно более высокого удельного импульса тяги, чем ЖРД.

В заключение отметим, что опыт работы с фтором в НПО Энергомаш не остался не востребуемым. Он был успешно использован при создании химического лазера с непрерывным излучением, у которого одним из компонентов рабочего тела является жидкий фтор. Достигнутые результаты докладывались на международных конференциях, сопоставлялись с результатами подобных работ в США. По общему признанию, наши разработки обладают определенными преимуществами по сравнению с зарубежными аналогами.

DIGEST

In response to a resolution passed in December 1953 by Council of Ministers of the USSR and aimed at expanding research works on new rocket fuels, ОКБ-456 experimental design bureau headed by V.P. Glushko launched research works related to fluorine fuels. Hydrazine, ammonia and hydrogen were tested as fuels. Initially, a preference was given for ammonia; it was concluded that hydrogen should be used in future engine projects. In early 60s the project of 10,000-kgf thrust 8D21 engine with 120 ATM in the combustion chamber and 405-s specific thrust pulse was launched. The design concept of this engine passed through a many-year development without considerable changes. The first firing test of 8D21 engine was in August 1963. 97 tests with 1200-s accumulated operating time were completed by the end of 1965. In late 60s a new project appeared which was related to injection of a heavy-weight telecommunication station to a geocentric orbit. Calculations of required power of the rocket booster capabilities of a fluorine liquid-propellant engine. In 1969-1972, "Energomash" Design Bureau optimized the engine to meet new requirements and in January 1973 started evaluation tests. However, the fluorine engine was not tested on a full-scale rocket because the project of this station development was shelved.

FLUORINE LIQUID-PROPELLANT ENGINE: CAPABILITIES AND DEMANDS

РОССИЙСКАЯ МОЩЬ АМЕРИКАНСКИХ РАКЕТ

В начале мая с мыса Канаверал (штат Флорида, США) должен состояться первый запуск американской ракеты-носителя "Атлас-3" производства компании "Локхид Мартин". На околоземную орбиту "Атлас-3" вынесет исполинская мощь самых совершенных в мире российских двигателей РД-180, изготовленных в подмосковных Химках на НПО "Энергомаш".

НПО "Энергомаш" - кузница самых лучших в мире жидкостных ракетных двигателей для ракет-носителей, как и большинство предприятий ВПК, в начале 90-х в одночасье лишившихся госзаказа, находилось на грани выживания. Перепрофилирование, как говорится "на кастрюли", грозило предприятию неизбежной гибелью. Выход



РД-180

оставался один — выносить свой товар на мировой рынок, осваивать маркетинг и прочие премудрости капиталистической экономики. И такой прорыв во вне, с благословения Президента и Правительства Российской Федерации, вскоре был осуществлен. НПО "Энергомаш" успешно выиграло международный тендер на разработку и серийное производство двигателя для американской РН "Атлас-3", оставив позади таких именитых конкурентов, как "Боинг", "Аэроджет" и "Рокетдайн". Наш РД-180 стал первым иностранным двигателем, получившим сертификацию для использования на американских ракетах.

оставался один — выносить свой товар на мировой рынок, осваивать маркетинг и прочие премудрости капиталистической экономики. И такой прорыв во вне, с благословения Президента и Правительства Российской Федерации, вскоре был осуществлен. НПО "Энергомаш" успешно выиграло международный тендер на разработку и серийное производство двигателя для американской РН "Атлас-3", оставив позади таких именитых конкурентов,

В настоящее время в США находятся четыре двигателя РД-180. Всего же в ближайшее время по контракту предстоит поставить 18 единиц, за каждый из которых заказчик заплатит около \$10 млн. Подписаны соглашения, в которых зафиксировано, что "Локхид Мартин" и НПО "Энергомаш" становятся стратегическими партнерами: в ближайшие 10-12 лет Соединенные Штаты приобретут в общей сложности 101 двигатель.

Впрочем, этим сотрудничество не ограничивается. Вместе с "Пратт - Уитни" НПО "Энергомаш" создал совместное предприятие "РД АМРОСС".

Генеральный директор и генеральный конструктор ОАО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко" Борис Каторгин отметил, что "совместное предприятие "РД АМРОСС" — очень выгодная для нас структура, которая оплачивает производство РД-180 на "Энергомаше". Кроме того, в продажной цене двигателей, которые "РД АМРОСС" затем передаст "Локхид Мартин", заложена прибыль, принадлежащая партнерам в равных долях. Все это в общей сложности, наряду с другими заказами, обеспечивает загрузку предприятия, позволяет вовремя выплачивать рабочим и инженерно-техническому персоналу НПО заработную плату, постепенно погашать долги перед бюджетом и поставщиками и, что немаловажно, работать над новыми двигателями, которые, будем надеяться, возродят славу всей ракетно-космической отрасли России".

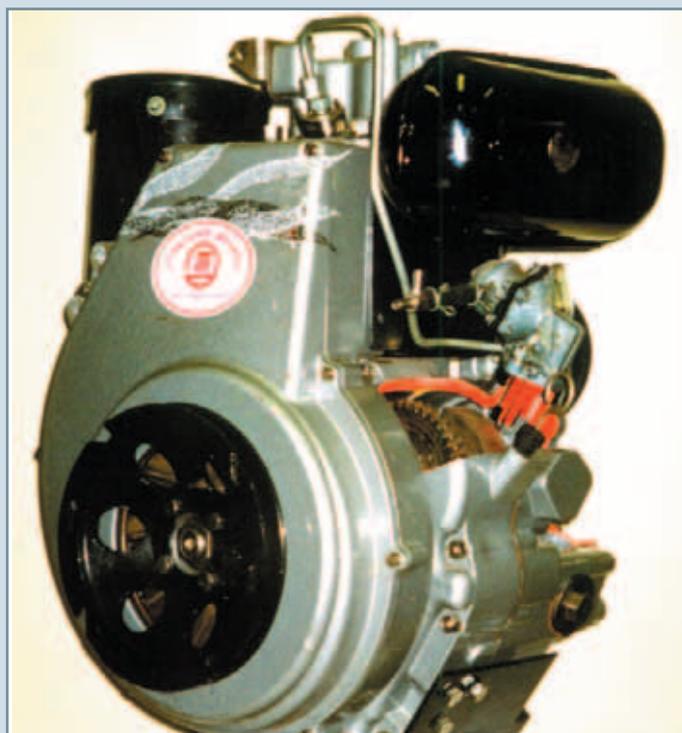
Опасения, что западные конструкторы смогут скопировать РД-180 Борис Каторгин отменил: "Чтобы разобраться, как устроен наш двигатель, даже располагая подробной документацией, потребуется не менее восьми-десяти лет и огромные финансовые затраты. Кроме того, общеизвестно, кто задался целью повторить, тот обречен на отставание. А нам свежих идей не занимать. И в этом я вижу залог дальнейшего успешного будущего

КОНЦЕПЦИЯ АК "ТУЛАМАЗЗАВОД"

На АК "Туламашзавод" разработаны дизели серии ТМЗ-450Д, предназначенные для установки на минисельхозтехнику, транспортные средства и специальный транспорт, автономные электроагрегаты, машины для жилищно-коммунального хозяйства, средства механизации строительных работ, малоразмерный водный транспорт, автономные насосные и компрессорные установки.

В основе разработанной концепции выпускаемого АК "Туламашзавод" двигателя ТМЗ-450 лежит принцип создания отечественного дизеля, изготавливаемого из современных материалов, предназначенного для эксплуатации в условиях России на отечественных топливных и смазочных материалах с минимальным объемом сервисного обслуживания. С этой целью в дизеле ТМЗ-450Д предусмотрен рабочий процесс с непосредственным впрыском топлива, что позволяет значительно снизить расход топлива и обеспечить надежный пуск двигателя в условиях низких температур (до -25 °С). Другим преимуществом конструкции дизеля ТМЗ-450Д является наличие системы уравнивания, которая позволяет снизить уровень вибрации при использовании дизеля на транспортных средствах малой грузоподъемности. Дизель ТМЗ-450Д полностью удовлетворяет требованиям отечественных стандартов на автомобильные и тракторные двигатели по токсичности и дымности отработавших газов.

Все двигатели имеют вертикальные и наклонные модификации. По желанию заказчика они могут быть укомплектованы встроенным генератором, стартером и иметь различные варианты выходной муфты.



Дизельный двигатель ТМЗ-450Д

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕНА И ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ В ДВИГАТЕЛЯХ

ФГУП "ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР им. М.В. Келдыша":
Лариса Волкова, ведущий научный
сотрудник, к.ф.-м.н.
Николай Волков,
начальник сектора, к.ф.-м.н.
Арнольд Губертов,
заместитель директора, профессор
Вадим Миронов, начальник отделения,
д.т.н., профессор

Бурное развитие вычислительных средств, разработка высокоточных и быстродействующих алгоритмов, а также накопление экспериментальных данных создали предпосылки для широкого внедрения численных методов и программно-методического обеспечения (ПМО) в разработку и проектирование ракетных двигателей (РД), что особенно эффективно на этапе доводки изделий. В Центре Келдыша создан пакет прикладных программ для расчета теплозащиты сопел ракетных двигателей из композиционных материалов, позволяющий моделировать процессы теплообмена, течения, вязкого взаимодействия продуктов сгорания со стенкой сопла, а также определять нестационарный прогрев стенок с учетом излучения и уноса теплозащитных и эрозионностойких материалов.

Задача оптимального выбора теплозащитных покрытий (ТЗП) и эрозионностойких материалов (ЭСМ) соплового блока ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ) решается путем математического моделирования рабочих процессов в РД с учетом уноса вещества и термодеструкции ТЗП и ЭСМ. В ходе моделирования рассчитываются параметры динамического и теплового пограничных слоев, а также воспроизводятся процессы прогрева, разрушения теплозащитных и эрозионностойких материалов стенок. Исходными данными являются геометрические параметры сопла и проточной части, термодинамические характеристики продуктов сгорания, газодинамические параметры вблизи стенок проточного тракта.

Расчет параметров сжимаемого турбулентного пограничного слоя базируется на решении уравнений с учетом трения и теплообмена:

$$\begin{cases} \frac{d}{dl} (R \rho_1 u_1^2 \theta) + R \rho_1 u_1^2 \theta \frac{H}{u_1} \frac{du_1}{dx} = R \rho_1 u_1^2 \cdot Cf \cdot (1 + B_1); \\ \frac{d}{dl} [R \rho_1 u_1 \theta_T \cdot (J_{o1} - J_w)] = R \rho_1 u_1 \cdot (J_{o1} - J_w) \cdot St \cdot (1 + B_2); \\ \frac{dx}{dl} = \frac{1}{\sqrt{1 + (dy/dx)^2}}, \end{cases}$$

где:

l — криволинейная координата, отсчитываемая вдоль стенки от точки начала развития пограничного слоя;

x — координата, отсчитываемая вдоль оси сопла;

R — радиус осесимметричного сопла;

ρ_1, u_1, J_{o1}, J_w — плотность, скорость, полная энтальпия смеси газов на внешней границе пограничного слоя и энтальпия при температуре стенки;

θ — толщина потери импульса;

θ_T — толщина потери энергии;

Cf, St — коэффициент трения и число Стантона;

H — формпараметр;

B_1, B_2 — параметры массообмена.

Для замыкания уравнений используется математическая запись законов трения и теплообмена, а также полученные из большого массива данных эмпирические зависимости профилей скорости и полной энтальпии в пограничном слое.

Прогрев и разложение композиционных материалов многослойной стенки описываются уравнением теплопроводности, которое учитывает тепловой эффект термодеструкции. Разложение материала рассматривается только для наружного слоя. В цилиндрических координатах уравнение имеет следующий вид:

$$c_{np} \rho_m \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda_{np} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + c_s \cdot G \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{d \rho_m}{dt} \left[\frac{Q_s}{\chi_s} + c_s \cdot T \cdot \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_s} \right) \right]$$

где: $c_{np}, \rho_m, \lambda_{np}$ — удельная теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности материалов, зависящие от температуры, пористости и координаты; Q_s — тепловой эффект разложения связующего (термодеструкции); c_s — удельная теплоемкость газообразных продуктов термодеструкции; ρ_s — плотность продуктов термодеструкции; G — расход продуктов термодеструкции; χ_s — доля связующего, обращающаяся в газ при термодеструкции; ρ_0 — исходная плотность материалов; r — координата вдоль радиуса.

Скорость поверхностного уноса из-за химического взаимодействия материалов, обтекаемых продуктами сгорания, определяется по методике В.И. Бояринцева.

Граничные условия на внутренней подвижной поверхности соплового блока записываются в виде:

$$-\lambda \frac{dT}{dr} \Big|_{r_{s1}} = \frac{\alpha}{c_p} (J_c - J_w) - \rho \cdot V_{s1} \cdot Q_s - \Phi \cdot \epsilon_{un} \cdot \sigma \cdot \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 + Q(t) + \alpha \cdot (T_c - T_w),$$

где первое слагаемое в правой части описывает конвективный теплообмен с потоком продуктов сгорания, а последнее слагаемое — дополнительный конвективный тепловой поток;

J_e — энтальпия смеси при температуре восстановления;

α/c_p — коэффициент теплообмена;

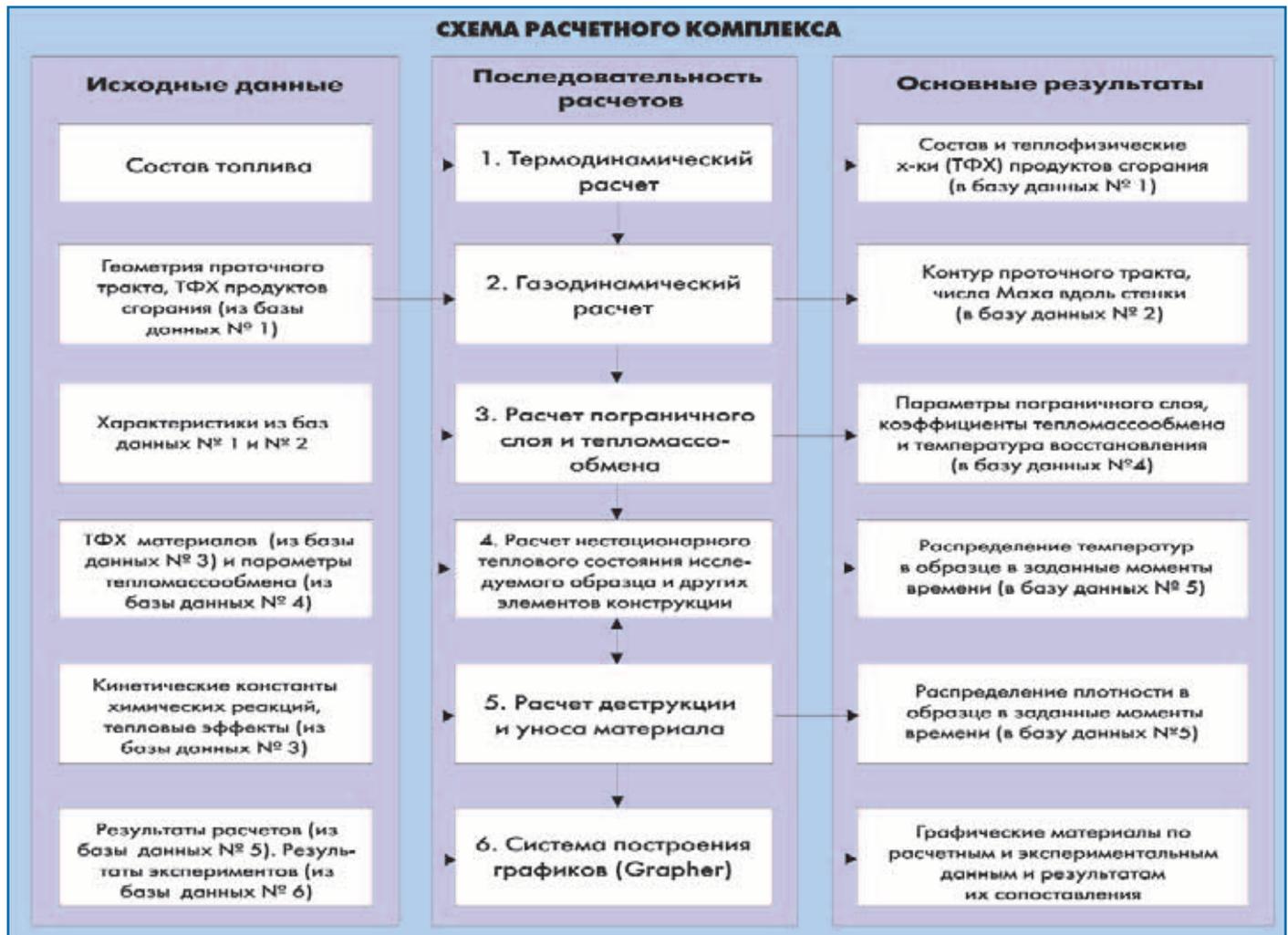
c_p — удельная теплоемкость газа;

V_{s1} — скорость уноса материалов по внутренней поверхности сопла;

$Q(t)$ — дополнительный лучистый или иной тепловой поток;

Сопло из углерод-углеродного композиционного материала





Q_s — тепловой эффект реакций на поверхности материала;
 $\epsilon_{вн}$ — степень черноты материала;
 φ — функция Л.А. Домбровского, учитывающая излучение через срез сопла.

Температура и давление торможения зависят от времени следующим образом:

$$\frac{dT_w}{dt} = \frac{\alpha}{c_p} \left(\frac{P_0(t)}{P_k} \right)^{0,8} - \epsilon \sigma \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 + \varphi(t) + \alpha(T_w - T_{вн})$$

Температура и давление торможения зависят от времени следующим образом:

Граничные условия на внешней поверхности стенок для излучения во внешнюю среду и заданного теплообмена определяют с я

$$-\lambda \frac{dT}{dr} \Big|_{r=R_2} = -\epsilon \sigma \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 + \varphi(t) + \alpha(T_w - T_{вн})$$

ношением:

Начальное условие задается в виде $T(r, t) = T_0$.

Расчетная методика реализована в виде пакета программ для персональной ЭВМ. Система уравнений, описывающая течение и теплообмен в пограничном слое с вдувом, решается в квадратурах методом трапеций с установлением параметров на каждом шаге интегрирования от точки начала нарастания пограничного слоя.

Система уравнений прогрева и уноса материала стенки решается для выбранного набора сечений методом прогонки с последующим итерированием до установления профиля температуры. На каждом шаге итерирования с использованием параметров предыдущего шага рассчитываются пористость, расход, теплопроводность и теплоемкость (зависящая от температуры и пористости).

Концепция моделирования предполагает хранение всей промежуточной информации, что повышает гибкость и позво-

ляет при проведении серии параметрических расчетов не повторять все процедуры заново, а возобновлять моделирование с соответствующего модуля.

Используя разработанное ПМО, можно сравнить расчетные характеристики вязкого течения, теплового состояния и линейных уносов материалов с имеющимися экспериментальными данными.

Так, в 50-е гг. в Центре Келдыша В.Я. Лихушиным и Д.А. Поскачевым были измерены коэффициенты теплообмена на модельном коническом сопле для чисел $Ma = 6$ и 8 . Расчетные значения этих коэффициентов совпадают с экспериментальными данными с точностью не ниже 20% (рис. 1).

На рис. 2 приведены расчетные и экспериментальные данные (полученные Витте и Харпером) по теплоотдаче в соплах ракетных двигателей большой степени расширения. Различия не превышают 10% для всех условий.

Охлаждение сопел РД возможно путем вдува гелия (или азота)

Рис. 1. Распределение коэффициентов теплоотдачи по длине сверхзвуковых частей конических сопел с углом полуоткрытия 4°

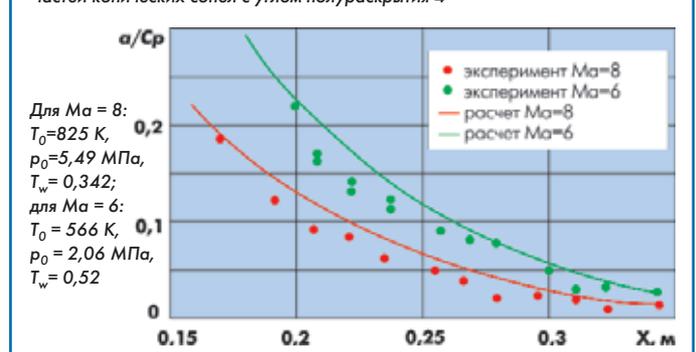
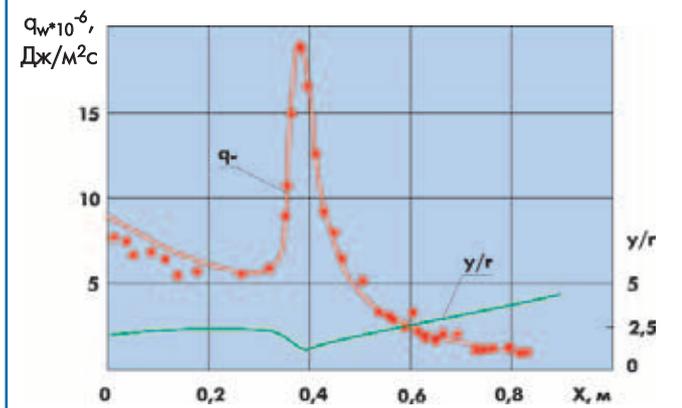


Рис. 2. Распределение тепловых потоков по длине крупногабаритного профилированного сопла большой степени расширения $F_c = 20$, $r_* = 40,13$ мм, $Ma = 6,4$, $T_0 = 3085$ К, $p_0 = 2,12$ МПа



в дозвуковой части через пористую секцию. Удовлетворительное согласование расчетных величин коэффициента теплообмена с его экспериментальными значениями при вдуве гелия (рис. 3) подтверждает применимость разработанной методики для расчетов сопел с участком вдува охладителя.

На рис. 4 для сравнения приведены расчетные и опытные данные измерения температуры за теплозащитным материалом на раструбе двигателя диаметром критического сечения ~200 мм и временем работы ~ 60 с. Расчетные кривые соответствуют двум предельным толщинам клея (0,7 и 2 мм) между теплозащитой и силовым элементом конструкции. Высокая согласованность расчетных и экспериментальных данных говорит

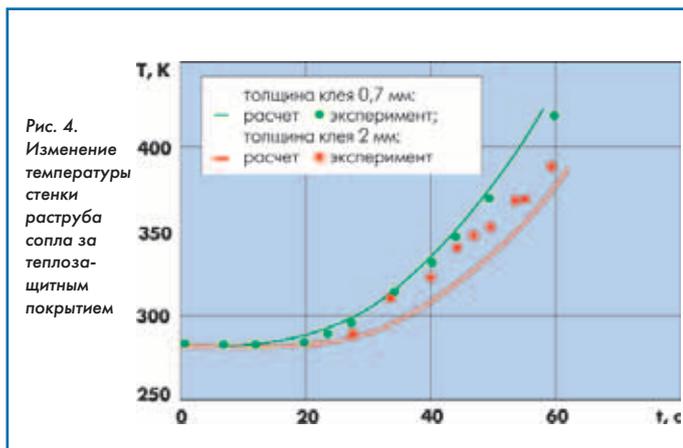


Рис. 4. Изменение температуры стенки раструбы сопла за теплозащитным покрытием

о хорошей точности получаемых при моделировании результатов. Сопоставление рассчитанных с помощью комплекса программ всех основных параметров рабочего процесса в проточном тракте РД с экспериментом позволяет говорить об адекватности и хорошей точности ПМО.

Следует отметить, что наряду с указанными достоинствами ПМО имеет ряд других преимуществ, позволяющих, в частности, получить гораздо больше информации о происходящих процессах, чем это обеспечивает измерительная аппаратура в экспери-

менте, например, о профиле температуры, уносе материала с поверхности, изменении плотности материала (рис. 5), расходе газообразных продуктов термодеструкции. Увеличение объема обрабатываемой информации дает возможность с большей точностью исследовать протекающие процессы и детально моделировать различные ситуации.

Разработанное ПМО активно использовалось при проектировании, конструировании (тепловой расчет, оптимизация теплозащиты и т. п.) и отработке (анализ экспериментальных исследований, численное моделирование нештатных ситуаций

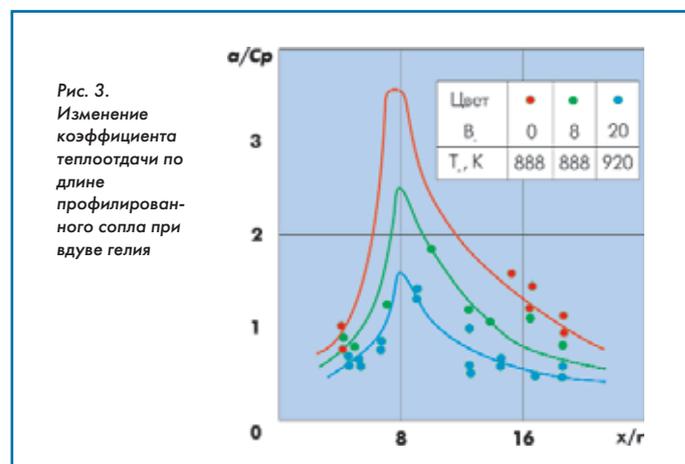


Рис. 3. Изменение коэффициента теплоотдачи по длине профилированного сопла при вдуве гелия

и т. п.) маршевых и вспомогательных двигателей ракетных систем РС-12, РС-22, РС-52 и др.

Созданный в Исследовательском центре им. М.В. Келдыша пакет прикладных программ расчета теплозащиты сопел РДТТ позволяет с достаточной для практических целей точностью определять параметры турбулентного динамического и теплового пограничных слоев, процессов прогрева, термодеструкции и уноса теплозащитных и эрозионностойких материалов сопла для случая осевой симметрии. Расчетный комплекс успешно используется при разработке, проектировании сопловых блоков, а также при постановке экспериментов и анализе полученных в результате исследований данных.

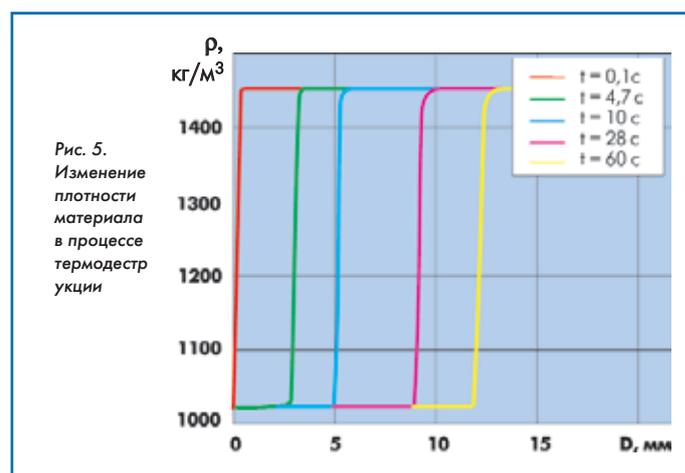


Рис. 5. Изменение плотности материала в процессе термодеструкции

DIGEST

MATHEMATICAL MODELING OF HEAT-MASS TRANSFER AND THERMAL PROTECTION OF ENGINES

The advance in computational techniques, the development of highly accurate and time-optimal algorithms, as well as accumulated experimental data gave the base for a wide application of numerical methods and softwares in the designing and development of rocket engines. "Keldysh Center" proposed a software package for calculations of composite thermal barriers of rocket engine nozzles. This package makes possible to simulate heat-transfer processes, flows, viscid interaction of combustion products with a nozzle wall as well as to determine transient heating of walls with due account of radiation and losses of heat-protective and erosion-resistant materials. The comparison of calculated main parameters of the working process in the engine flowpath with experimental parameters makes possible to conclude that the software package provides a high accuracy and is in a good agreement with test results. The software was used in the designing and development of cruise and auxiliary engines of RS-12, RS-22 and RS-52 rocket systems and others.

В годы войны конструкторское бюро по дизелям Челябинского Кировского завода, основного производителя дизель-моторов, было ориентировано почти исключительно на сопровождение основной продукции - семейства дизелей В-2. На опытно-конструкторские работы по созданию новых силовых установок не было ни времени, ни возможностей, все силы отнимало серийное производство танковых моторов, по-



К концу войны руководство нашей страны получило информацию о наличии у немцев тяжелых танков (массой более 80 т). "Противовесом" им должны были стать отечественные машины, но для них еще надо было создать сверхмощный дизель в тысячу лошадиных сил. Впоследствии выяснилось, что немцы не смогли создать танковых моторов такой мощности и довольствовались вариантами и модификациями серийных двигателей (на "Королевских тиграх" и "Ягдтиграх" стояли 700-сильные карбюраторные "Майбахи" HL 230P45, а для проектируемых сверхтяжелых "Маусов" предполагались дизели с подводных лодок). Советским конструкторам задание на новый дизель было выдано в конце 1944 г., а уже к июню 1945 г. отделом 1600 Харьковского завода транспортного машиностроения (ХЗТМ) была окончена разработка его конструкции. Технический проект отправили в Москву, в Наркомат транспортного машиностроения...

стоянно требовавшихся фронту. Работы КБ ограничивались совершенствованием конструкции базового дизеля и его модификаций с целью повышения надежности, ресурса и удобства эксплуатации. За годы войны моторное производство ЧКЗ выпустило 48 500 дизельных двигателей семейства В-2.

Положение с опытными перспективными разработками мало изменилось и с возвращением мотористов в освобожденный Харьков, где постановлением ГОКО от 18 июля 1944 г. развернулся танковый завод № 75 (переименованный в конце войны в ХЗТМ), в составе которого предстояло организовать и моторное производство. Структура завода была своеобразной: не было деления на отдельные специализированные подразделения и филиалы, все производственные цеха, корпуса, отделы и службы подчинялись непосредственно директору завода и его первому заместителю —

главному инженеру. Такой централизм, напомилавший армейское единоначалие, был продиктован опытом работы в экстремальных условиях в годы Великой Отечественной войны. Не было затрат на содержание промежуточного административного аппарата и потерь времени — руководители завода могли оперативно решать возникающие проблемы, концентрируя производственные, материальные, энергетические и кадровые ресурсы всех подразделений. Директор и его заместители владели полной информацией о положении дел в цехах и подразделениях. Нормой в те годы было ежедневное появление "генералов производства" на важнейших участках, где они все видели своими глазами.

Сохраняя положительный опыт работы и налаженные связи, при возвращении из эвакуации за корпусами, цехами и отделами даже оставляли прежние шифры — те, которые они носили в Челябинске, Нижнем Тагиле и Коломне. Специальным решением Наркомата танкопрома был воссоздан опытный цех 1600. Нелишне напомнить, что его существование в предвоенные годы позволило оперативно развернуть крупносерийное производство дизелей В-2.

В начале 1945 г. вновь образованный отдел опытного дизелестроения 1600 приступил к работе в восстановленных зданиях. Его начальником был назначен С.И. Коропов, главным инженером — М.А. Турчин. В 1946 г. отдел возглавил Д.И. Толмачев, который в годы войны был директором Барнаульского моторного завода № 77, выпускавшего танковые дизели В-2. В течение первых же лет работы отдел выдал "на-гора" и провел испытания трех новых моторов. Один из них — тепловозный дизель Д50, прототипом которого послужил американский двигатель фирмы "Алко", а два других представляли собой принципиально новые и оригинальные разработки, и сегодня вызывающие интерес своеобразием инженерных решений. Несмотря на то, что значительная часть завода продолжала лежать в развалинах, не хватало самого необходимого: производственных помещений, станочного оборудования, рабочих рук, электричества и тепла — на постройку опытных образцов ушел минимум времени.

Когда к 1946 г. коллектив отдела 1600 был полностью укомплектован, интенсивность исследовательских и опытно-конструкторских работ возросла. Помимо сопровождения производства модификаций мотора В-2 и тепловозного дизель-мотора Д50 на отдел возложили перспективные разработки. Для этого в составе отдела развернули все необходимые подразделения: КБ и техбюро, исследовательские лаборатории со стендами, сборочный, механический и ремонтно-механический цехи (наличие последнего диктовалась спецификой опытного производства, где поломки и отказы испытуемых образцов являлись неотъемлемой частью процесса, да и оборудование, постоянно эксплуатировавшееся на жестких режимах, выходило из строя). Имелись металлургический участок, энергетическая служба, технический архив и библиотека (даже в то время исправно снабжавшаяся новинками иностранной литературы и инженерной периодики). КБ возглавлял А.А. Куриц, а ведущие должнос-



Б.С. Стечкин

СВЕРХМОЩНЫЕ ТАНКОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ,

ИЛИ НАШ ОТВЕТ НА "КОРОЛЕВСКИЙ ТИГР"

ти в нем занимали опытные конструкторы, многие с довоенным стажем, но все прошедшие суровые военные годы на заводе.

К началу 1946 г. на заводе продолжались работы по восстановлению разрушенных корпусов и цехов. Однако с установкой необходимого оборудования возникали проблемы — на уральских заводах лишних станков не было, а новых не доставало. Частичным решением стало поступление трофейных станков, причем среди них обнаружили несколько своих, вывезенных немцами из Харькова во время оккупации!

В работу над новым дизелем включился весь коллектив. Главным конструктором стал начальник КБ А.А. Куриц, ведущим инженером — Г.А. Волков. Консультантами являлись видные ученые Харьковского механико-машиностроительного института (по существовавшей практике этот вуз вел активную научно-прикладную деятельность) доктора технических наук, профессора В.Т. Цветков и Н.М. Глаголев, ранее работавшие на заводе и много сделавшие для развития дизелестроения.

Дизель получил наименование ДД-1 (двухтактный дизель). Он имел V-образную 12-цилиндровую схему с прямоточной клапано-щелевой продувкой и наддувом от двух параллельно работавших объемных нагнетателей типа "Рут" с приводом от коленчатого вала. Двигатель должен был развивать мощность 1000 л.с. при 1800 об/мин. Более чем полуторный прирост мощности по сравнению с отработанными конструкциями (В-2 в наиболее совершенных модификациях развивал до 600 л.с.) требовал новых решений и глубоких исследований. Для изучения зарубежного опыта создания быстроходных форсированных дизелей в отдел 1600 передали два американских судовых двигателя фирмы ГМС, полученных по ленд-лизу. Один из них, двухтактный мотор модели 184А "Пэнкэйк" ("блин", названный так за характерную схему с вертикальным расположением коленчатого вала), развивал мощность 1200 л.с. при 1800 об/мин. Другой, модели 268А, давал 500 л.с. при 1270 об/мин. Основные характеристики этих дизелей были сняты на заводской станции. Этими работами занимались мотористы высшей квалификации М. Барсуков и В. Ястреб.

В 1946 г. КБ разработало конструкцию, а опытное производство изготовило и собрало отсек мотора ЭД-1. На нем проверялась работа топливной аппаратуры, надежность конструкции и отдельных узлов. К 1947 г. материалы по дизелю были рассмотрены в Министерстве транспортного машиностроения и у заказчика (Главное бронетанковое управление МО). По их замечаниям и новому техническому заданию КБ разработало ДД-2 — еще более мощный мотор. Сохраняя прежние основные решения, он должен был развивать мощность до 1200 л.с. Для его отработки в 1948 г. изготовили опытный отсек ЭД-2, на котором с октября 1949 г. развернули весь необходимый комплекс доводочных работ.

В течение 1949 г. выпустили комплект рабочих чертежей по ДД-2 и начали изготовление опытных моторов, первый из которых был собран к концу года. В следующем году он успешно прошел

250-часовые заводские испытания. При этом была достигнута мощность 800 л.с. при частоте вращения 1700 об/мин (параметры ограничивались по соображениям надежности). К 1951 г. изготовили еще два опытных образца дизеля ДД-2. Ведущим инженером-исследователем от моторной лаборатории по этой теме был К.С. Чепраков. На первом дизеле были успешно завершены 700-часовые испытания, на втором — 600-часовые.

В отделе 1600 параллельно велась работа над "дизель-турбиной" — силовой установкой оригинального типа. В ней дизельный мотор с высокой степенью наддува работал в качестве газогенератора, выхлоп которого поступал в газовую турбину. Последняя служила тяговым двигателем, с вала которого снималась мощность. Инициативное предложение о разработке генератора газа на базе серийного мотора В-2 завод получил в 1948 г. из Главдизеля Минтрансмаша. Его предполагалось использовать в комбинированной дизель-турбинной установке для тяжелых танков, главным конструктором которой от главка являлся Ю.Б. Моргулис. По приказу Минтрансмаша в отделе 1600 было образовано СКБ-2 по "дизель-турбине". Структурно оно входило в заводской конструкторский отдел по тяжелым дизелям 60Д, организованный в 1949 г., начальником которого был Н.Д. Вернер. Изготовление крупных основных деталей выполнялось на серийном заводе, а исследовательские работы, испытания, изготовление узлов и деталей поручались отделу опытного дизелестроения.

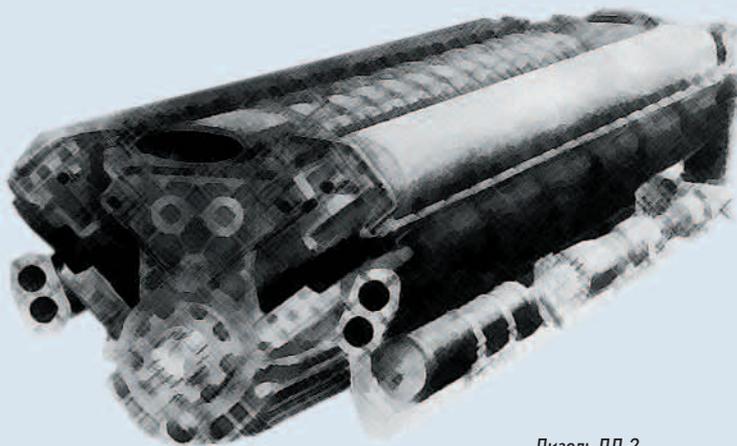


М.Н. Щукин

Начальником СКБ-2 и заместителем главного конструктора был назначен Е.Н. Асеев, его заместителем — ведущий инженер С.С. Ненько (оба они принадлежали к еще довоенному поколению). В коллектив также пришли и молодые инженеры первого послевоенного выпуска из ХАИ, МЭИ, ХММИ и МВТУ. СКБ-2 состояло из сектора турбин (начальник Л.Л. Голинец) и трех конструкторских групп — расчетной (руководитель А.С. Эпштейн), запуска (Л.Д. Ревва) и топливной аппаратуры (Г.В. Шапченко). При разработке собственно дизельной части установки не могло возникнуть серьезных конструктивных проблем — ею служил отработанный В-2.

По основным направлениям работы ответственными исполнителями были назначены: А.И. Бочаров (механизм движения), А.С. Серебрянский (регулирование), Ю.Н. Кроленко (автоматические клапаны поршневого компрессора). Разработкой всего блока занимался высококвалифицированный конструктор Ю.А. Песоцкий, привлеченный из заводского отдела 60Д, коробку перемены подачи и редуктор газовой турбины проектировала группа К.А. Кузнецова. На этапе разработки дизель-турбины к работе подключился и военпред инженер-майор В.Д. Приземнов, а также другой военный инженер — стажер Военной бронетанковой академии В.Н. Шалагин.

Для изучения конструктивных решений и отработки на стендах в отдел поступили трофейные немецкие свободно-поршневые дизели — генераторы газа (СПГГ). Один из них был крупногабаритным, средней быстроходности, без буферных полостей;



Дизель ДД-2

он оснащался пиротехнической системой запуска. При испытаниях на нем вместо газовой турбины монтировалось дроссельное сопло. Две другие установки представляли собой свободно-поршневые четырехступенчатые дизель-компрессоры 4ФК, применявшиеся на немецких подлодках. Один из компрессоров был переоборудован в одноступенчатый для исследования работы автоматических клапанов (тогда их именовали "самодействующими"), топливной аппаратуры и системы регулирования, разработанной инженерами СКБ-2.

Неожиданные сложности свалились, можно сказать, как снег на голову. Испытания дизеля В-2 в режиме генератора газа, проведенные на стендах в лаборатории отдела 1600, показали, что этот мотор не может работать с высоким давлением наддува (более 6 атм) и еще более высоким противодавлением на входе. Для использования в качестве генератора газа В-2

оказался не пригоден, требовалось новое решение. Начальник СКБ-2 Е.Н. Асеев сделал тщательный расчет и предложил конструкцию дизель-турбинной силовой установки со свободно-поршневыми генераторами газа (их также называли безвальными генераторами газа). Идею поддержал главный конструктор завода М.Н. Щукин. Предложение заинтересовало Минтрансмаш и военных, и завод получил техническое задание на создание такого экспериментального образца.

В 1950 г. был разработан технический проект. Его рассмотрели в Москве на пленуме НТУ ГБТУ МО с участием академика Б.С. Стечкина в качестве эксперта (он был автором проекта СПГГ для авиационного реактивного двигателя). Проект одобрили и утвердили. В окончательном виде установка мощностью 1000 л.с. состояла из двух быстроходных СПГГ ("газовая" мощность каждого — 500 л.с.) и газовой турбины с редуктором. СПГГ был выполнен с наружными компрессорными полостями, внутренними буферными полостями и снабжен автоматизированным пневматическим пуском. Число двойных ходов (циклов) поршня соответствовало 1350 об/мин, давление наддува достигло 8 атм. Давление газа перед турбиной составляло 7 атм, а температура 570 °С. Газовая турбина имела клапанное сопловое регулирование.

В 1951 г. были выпущены рабочие чертежи и изготовлен экспериментальный образец для отработки на испытательном стенде. Он имел упрощенную конструкцию и состоял из одного СПГГ с 500-сильной турбиной, изготовленной на предприятиях Минавиапрома. Испытания силовой установки начались в 1952 г., вызвав множество проблем. В следующем году для изучения и использования отечественного опыта по СПГГ, уже наработанного в авиационном двигателестроении, ведущие работники СКБ-2 и отдела 1600 были командированы в Москву на завод № 300 МАП, где работал Б.С. Стечкин, и на завод "Компрессор", а также в Ленинград на завод № 103 Минсудпрома, ЦНИИ-45 и ЦНИДИ.

Однако в 1952 г. произошли серьезные изменения в военной доктрине государства и, в частности, в концепции применения танковых сил. Тяжелые танки были признаны неперспективными, а основной упор стал делаться на насыщение армии средними танками с мощным вооружением (впоследствии они трансформировались в класс "основных боевых танков", сочетавших высокую защищенность и вооружение тяжелых с подвижностью средних). Соответственно, мощные силовые установки оказались невостребованными, военных в то время вполне удовлетворяли имевшиеся 600...700-сильные моторы, и, по решению заказчика, ХЗТМ прекратил все работы в этом направлении. Конструкторы, работавшие как над ДД-2, так и над "дизель-турбиной" были частично переведены в заводской дизельный отдел 60Д, частично оставлены в опытно-конструкторском отделе для работы над новыми заданиями, в том числе и над перспективным танковым дизелем.

Опытный образец ДД-2 передали музею боевой техники Военной бронетанковой академии в Кубинке. Туда же попал и экспериментальный образец "дизель-турбины" с СПГГ, техническую документацию которой и результаты испытаний передали Луганскому тепловозостроительному заводу для использования при разработке газотурбовоза с СПГГ.

DIGEST

In those war days the USSR received information about German 80-t heavyweight tanks which the enemy was supposed to use on the front. Our Russian tanks should be a "counterbalance" and they needed to be powered by super-power diesel engines. The goal was the development of 1000-h.p. powerplant for a new heavyweight tank. The technical requirements to a new diesel engine were given at the end of 1944. By June 1945 department #1600 of Kharkov Transport Machine-Building Plant completed the designing of a new powerful diesel engine, and its technical project was sent to Moscow. Another original powerplant was developed in parallel with this project. The so-called "diesel-turbine" powerplant in which the high pressure ratio diesel engine produced, mainly, "power gas" (exhaust), saturated with a working medium. This gas entered the gas turbine used as a traction engine of this powerplant.

Later, it became clear that Germany failed to develop superpower tank engines and modified series engines and the USSR was very close to success when in 1952 the first prototype of 10000-h.p diesel engine dubbed as DD-2 was manufactured.

SUPER-POWER TANK ENGINES, OR OUR RESPONSE TO "ROYAL TIGER"

Николай Александров

ТОТ САМЫЙ "НК"

В начале пути

Николай Дмитриевич Кузнецов родился 23 июня 1911 г. в Актюбинске в семье рабочего. Детские годы будущего генерального конструктора прошли в Туркестанском крае, но уже в 1923 г. после тяжелой травмы, полученной отцом, семья переехала в Подмоскowie, где жили родственники. Дед Николая — потомственный кузнец — рассказывал, что родовая фамилия полвека назад была иной, однако профессия, связанная с обработкой раскаленного металла, сделала свое дело — в селе Семеновское всю семью стали называть Кузнецовыми.

В 14 лет Николай поступил на курсы трактористов, а в 1930 г. на моторостроительное отделение Московского авиационного техникума. Позднее он стал работать слесарем на моторостроительном заводе № 24 им. М.В. Фрунзе, продолжая обучение на вечернем отделении техникума. Активное участие Кузнецова в пропаганде технических новинок в деревне по заданию комсомольской организации завода привлекло внимание руководства РКСМ и, в частности, первого секретаря комсомола А.В. Косарева. По рекомендации последнего в 1932 г. Николай поступил в Военно-воздушную академию им. Н.Е. Жуковского на воздушно-технический факультет. Состав абитуриентов академии был очень неоднороден. Так, в числе слушателей, обучавшихся в одной группе с Кузнецовым, была одна девушка и... комбриг А.М. Шапочкин (адъютант для особых поручений наркома обороны К.Е. Ворошилова).

Академия в то время давала не только первоклассное образование, но и предоставляла обширные возможности самосовершенствования в самых различных областях. Николай попробовал себя в прыжках с трамплина, альпинизме (поднимался на Эльбрус), парашютизме... Здесь же он начал заниматься и техническим творчеством: придумал устройство, значительно облегчавшее процесс заправки моторов горячей водой в зимнее время. Механики учебной бригады, дислоцированной на Центральном аэродроме, изготовили по чертежам Кузнецова такие "водогрейки" для всех обслуживаемых самолетов. В учебном лагере академии под Серпуховом Кузнецов научился пилотировать У-2.

Осенью 1938 г., блестяще защитив дипломный проект, Николай как круглый отличник получил по выпуску сразу капитанскую шпалу в петлицу. Более того, он был оставлен в адъюнктуре академии. Любопытно, что научного руководителя — известного ученого, члена-корреспондента АН СССР Л.С. Лейбензона — Кузнецов выбрал сам. Тот с определенной долей сомнения выслушал молодого адъюнта и предупредил, что избранная им тема, связанная с конструкционной

прочностью авиационных моторов, чрезвычайно сложна. Но решительность Кузнецова сделала свое дело, и Лейбензон согласился стать руководителем. Ему не пришлось пожалеть об этом.

В результате упорного трехлетнего труда Кузнецову удалось создать оригинальный метод расчета упругих деформаций коленчатого вала в опорах (подшипниках) и даже подтвердить его экспериментально. Лейбензон был настолько доволен диссертантом, что в качестве оппонентов пригласил виднейших прочнистов — профессоров И.И. Трапезина из МАИ и А.А. Ильюшина из МГУ. На защите, состоявшейся 4 апреля 1941 г., результаты работы Николая Дмитриевича получили высокую оценку. Более того, Лейбензон, учитывая, как он выразился, "выдающийся вклад в науку", внесенный Кузнецовым, предложил "утвердить диссертацию не как кандидатскую, а как докторскую!" Предложение поддержали оба оппонента и известные своим вкладом в двигателестроение профессора Т.М. Мелькумов и В.В. Уваров.

Однако другие члены Ученого совета выразили сомнение в целесообразности присвоения сразу докторской степени столь молодому (двадцатидевятилетнему) соискателю. Лейбензон был вне себя, но ничего не смог изменить. Выскочив на трибуну после голосования, по результатам которого совет единогласно присвоил Кузнецову степень кандидата технических наук, он запальчиво заявил, что возьмет Николая Дмитриевича к себе в докторантуру и что тот уже через год защитит докторскую диссертацию "здесь же, на этом самом месте". А пока Лейбензон считал необходимым срочно, не позднее осени 1941 г., опубликовать результаты исследований в виде монографии. Однако начавшаяся война в один миг разрушила все планы.

На фронте и в тылу

Свой первый рапорт с просьбой отправить на фронт Кузнецов подал на следующий день после нападения Германии. Ему тут же отказали. При академии развертывались курсы срочной переподготовки запасников, в том числе авиационных техников. Вскоре в лагере под Наро-Фоминском начались занятия продолжительностью по 12-15 часов в день. Всего за полторы недели очередной поток слушателей обучался устройству, правилам эксплуатации и ремонта одного из современных по тому времени авиадвигателей. Курсы функционировали до сентября, пока враг не подошел вплотную к Москве. Только 15 октября, за день до печально известной московской "паники", Кузнецов вместе с семьей отправился в Свердловск, куда еще в июле-августе была эвакуирована академия.

В апреле 1942 г., после шестого рапорта, Кузнецову удалось до-

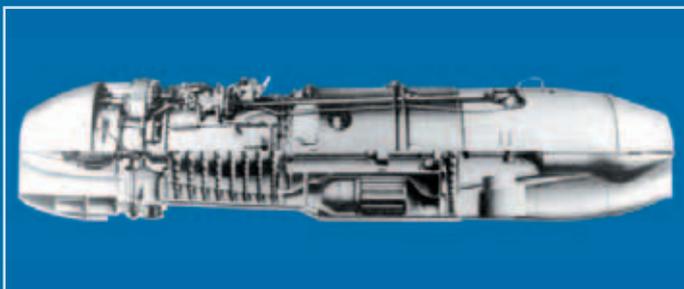
биться перевода в действующую армию. Он был назначен старшим инженером 239-й истребительной авиадивизии ВВС Северо-Западного фронта. В составе дивизии имелись три "разношерстных" авиаполка: один был вооружен Яками, другой — ЛаГГ-3, а третий — английскими "Харрикейнами". Если первые два типа истребителей оснащались хорошо известными техническому персоналу отечественными моторами М-105, то на последнем устанавливался двигатель Роллс-Ройс "Мерлин" XX, а инструкции к нему были составлены на языке Шекспира и Байрона, мало знакомом авиационным технарям. К счастью, за годы учебы в академии и в адыонктуре Кузнецов неплохо освоил английский, так что вскоре в полку "Харрикейнов" появились весьма квалифицированные переводы всех инструкций.

Руководя технической эксплуатацией истребителей дивизии, Николай Дмитриевич нередко пользовался личным самолетом У-2, на котором он частенько перелетал с одного аэродрома на другой. Постепенно своими глубокими техническими знаниями, умением руководить людьми Кузнецов заслужил высокий авторитет среди подчиненных. У командира дивизии полковника Г. Иванова он позаимствовал крылатую фразу: "С началом войны в русском языке слово "нельзя" заменено словом "надо". За время пребывания на фронте Николай Дмитриевич привык и к нелегкой жизни, и к самой

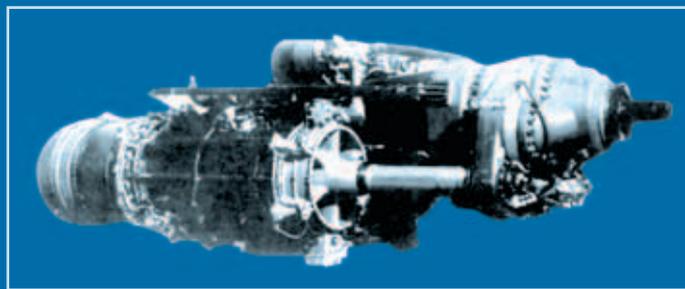
верхах" считались, его хорошо знал И.В. Сталин, и вскоре Николай Дмитриевич стал замом главного конструктора.

Постановление ГКО № 2346 от 25 сентября 1942 г. обязывало уфимских моторостроителей к середине ноября этого года закончить 50-часовые испытания мотора М-107А, а к концу года довести его ресурс до 100 ч. Этот вариант двигателя существенно отличался от еще довоенного "сто седьмого". Конструкторы разработали новый приводной центробежный нагнетатель с поворотными лопатками В.И. Поликовского. Мотор форсировали по наддуву, в результате чего его взлетная мощность возросла до 1600 л.с., а номинальная — до 1500 л.с. на высоте 4500 м. Полученные данные ставили М-107А в один ряд с лучшим зарубежными образцами. Если М-105ПФ имел удельную мощность 34,5 л.с./л, то М-107А — уже 42,7 л.с./л.

Вскоре двигатель установили на яковлевский истребитель, и летчик-испытатель П.Я. Федров достиг на Як-7 М-107А максимальной скорости 590 км/ч у земли и 680 км/ч на высоте 5800 м. Он внес предложение срочно изготовить 10-15 таких истребителей для войсковых испытаний. Однако 23 февраля 1943 г. опытная машина была потеряна в аварии. В конце полета при выполнении площадки на малой высоте внезапно затрясся мотор, пошел дым. Летчик П.М. Стефановский был вынужден совершить посадку, не дотянув до границы аэро-



Двигатель Jumo 109-004



Двигатель 2TB-2Ф

войне, к удачам и потерям, сдружился с товарищами по оружию. Тем более неожиданным и удивительным стал вызов его в ЦК ВКП(б), поступивший в штаб дивизии в октябре 1942 г. Удрученный перспективой потерять знающего, способного старшего инженера, комдив прямо спросил Кузнецова, не писал ли тот каких-либо писем, заявлений "наверх". Сам немало изумленный происходящим, Николай Дмитриевич ответил отрицательно. От кого исходила инициатива с отзывом Кузнецова с фронта — неизвестно.

В Москве майора Кузнецова принял секретарь ЦК ВКП(б) Г.М. Маленков, в годы войны курировавший авиационную промышленность. Тут многое прояснилось: его решили направить парторгом ЦК в конструкторское бюро В.Я. Климова. Эвакуированное в Уфу из Рыбинска в конце 1941 г., осенью 1942 г. КБ испытывало значительные трудности с доводкой новых двигателей М-106 и М-107, предназначенных для модернизированных истребителей Яковлева и бомбардировщиков Петлякова. Отсутствие прогресса с моторами жидкостного охлаждения ставило нашу авиацию в сложное положение, ведь у немцев той же осенью 1942 г. появился истребитель Bf 109G-2 с новым двигателем DB 605А, развивавшим максимальную мощность 1650 л.с. Советским ВВС срочно требовался адекватный ответ на вражескую новинку.

Став парторгом ЦК, Кузнецов сумел за короткое время вникнуть в технические и "гуманитарные" проблемы, накопившиеся в климовском КБ. В ходе одного из технических совещаний Николай Дмитриевич неожиданно для многих участников, не предполагавших наличия профессиональных знаний у "политработника", указал на ошибку в расчетах и предложил способ ее устранения. Затем последовал еще один подобный случай, другой... В.Я. Климов, возглавлявший КБ, постоянно поддерживал дистанцию между собой и подчиненными, но в то же время остро нуждался в высококвалифицированном помощнике. Вскоре он обратился в ЦК ВКП(б) с просьбой переназначить Кузнецова его заместителем. С Климовым "в

аэродрома "Набережная". В результате самолет оказался полностью разбит, а пилот получил ранение. Расследование причин аварии показало: выброшенное из двигателя масло нарушило теплоизоляцию, вызвав обгорание наружного коллектора и проводов зажигания.

Климовское КБ и уфимский завод № 26 напряженно работали над устранением дефектов М-107А, но успех все не приходил. В конце апреля 1943 г. наркомат авиационной промышленности направил в Уфу авторитетную комиссию во главе с начальником 8-го ГУ НКАП (по совместительству — директор ЦИАМ) В.И. Поликовским. Выводы оказались неутешительными: комиссия не исключила "возможности длительных задержек и непредвиденных затруднений в доводке М-107А и внедрении в широкую летную эксплуатацию". Объяснений Климова об объективных причинах задержки никто слушать не стал. 12 мая 1943 г. вышло необычное постановление ГКО № 3358: "В связи с тем, что Климов не выполнил вовремя решение ГКО по созданию мотора М-107А, имеющее в настоящее время исключительное значение, ... прислать на помощь д.т.н. Швецова и д.т.н. Микулина и обеспечить успешное прохождение государственного испытания мотором М-107А в кратчайший срок". Прибытие "варягов" больно ударило по авторитету Главного, но и ситуацию не исправило.

Только к августу 1943 г. удалось укомплектовать "сто седьмыми" несколько истребителей Як. В ходе испытаний в ЛИИ НКАП семь моторов наработали чуть более 84 ч. Пять из них пришлось снять с самолетов по разным причинам, шестой сгорел вместе с истребителем. Только один двигатель благополучно отработал на самолете 34 ч. Среди главных причин, не позволяющих эксплуатировать самолеты, называлась течь воды из уплотнений цилиндров, разрушение шатунов, прогары поршней, а также тряска силовой установки.

Наконец, после многолетних усилий напряженная работа всего коллектива дала свои плоды: 27 декабря 1943 г. ГКО утвердил заключение по результатам 100-часовых испытаний мотора М-107А и принял двигатель на вооружение ВВС Красной Армии. Климов получил

звание генерал-майора ИТС, Кузнецов был награжден орденом Красной Звезды. Впрочем, проблемы М-107А (вскоре переименованного в ВК-107А) на этом не кончились. Мучительная доводка его продолжалась после окончания войны. Параллельно со "сто седьмым" с 1943 г. разрабатывались еще более мощные ВК-108 и ВК-109.

Приход реактивной эры заставил отечественное моторостроение вновь прибегнуть к заимствованию зарубежного опыта. В 1946 г. на уфимском заводе под маркой РД-10 было развернуто производство немецких двигателей Jumo 004 тягой 900 кгс. Они

так и по менее мощному, но более "реальному" РД-14, предназначенному для двухмоторного истребителя. Судьба не отпустила времени для доводки этих моторов. В конце 1948 г. по приказу министра авиапромышленности ОКБ завода № 26 расформировали, и Кузнецов фактически остался не у дел. А в начале мая 1949 г. Николай Дмитриевич был назначен главным конструктором опытного завода № 2, укомплектованного преимущественно немецкими специалистами.

Этот завод был организован в октябре 1946 г. Его сотрудни-

ПРОИЗВОДСТВО МОТОРОВ НА ЗАВОДЕ № 26 В 1942-1948 ГГ.

Тип двигателя	1942 г.	1943 г.	1944 г.	1945 г.	1946 г.	1947 г.	1948 г.
М-105ПФ	10 048	11 965	8762	4312	687	—	—
ВК-107А	41	208	2111	3191	396	692	550
ВК-108	—	—	6	27	16	—	—
РД-10	—	—	—	—	59	447	833

предназначались для реактивных истребителей Як-15, разработанных на базе знаменитого Як-3. Следующим шагом стало приобретение в Англии лицензий на производство двигателей "Нин" и "Дервент" тягой 1600 и 2200 кгс, соответственно. Советскую делегацию на переговорах возглавлял В.Я. Климов. Вскоре после возвраще-

ками являлись, главным образом, принудительно депортированных немецкие конструкторы-моторостроители, прежде работавшие в советской оккупационной зоне Германии. "К пяти часам утра к домам, где жили немецкие специалисты, подъехали грузовики с автоматчиками и нашими специалистами, которые



Бомбардировщик Ту-95 с двигателями 2ТВ-2Ф



Бомбардировщик Ту-95 с двигателями НК-12

ния он сумел добиться правительственного постановления, предусматривавшего возврат его конструкторского бюро в Ленинград. Тем же постановлением 35-летний инженер-подполковник Кузнецов назначался главным конструктором уфимского завода № 26.

Внедрение в производство абсолютно нового с точки зрения технологии реактивного двигателя РД-10 отнимало у Кузнецова большую часть времени. Одновременно силами оставшихся на заводе конструкторов (значительная часть их вместе с Климовым уехала в

звонили, представлялись и объясняли цель эвакуации, гарантировали сохранение жизни и работу по специальности, — вспоминал Е.М. Семенов. — Солдаты помогали грузить вещи. Никаких документов не оформляли... В пассажирских вагонах разместили специалистов с семьями, в багажных — их вещи. Проектную документацию также погрузили в эшелон. При перегрузке в Бресте обнаружилась пропажа сейфа с чертежами..."

Среди прибывших специалистов наиболее ценной "добычей"

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТУРБОВИНТОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОКБ Н.Д. КУЗНЕЦОВА

Характеристика	ТВ-022	ТВ-2Ф	2ТВ-2Ф	НК-12	НК-12МА	НК-12МК	НК-4А
Взлетная мощность, л.с.	5000	6250	12500	12500	15000	15000	4000
Крейсерская мощность, л.с.	2200	2550	6500	6500	8080	10650	2380
Удельный расход, кг/л.с.ч	0,21	0,218	0,19	0,164	0,166	0,202	0,207
Степень повышения давления компрессора	5,6	5,8	7,2	9,5	9,3	9,7	7,9
Температура газов перед турбиной, К	1120	1150	1150	1150	1250	1110	1250
Количество ступеней компрессора	14	14	14	14	14	14	6
Количество ступеней турбины	3	3	3	3	3	3	3
Частота вращения вала, об/мин	7100	7100	7250	8300	—	—	—
Масса двигателя, кг	1650	—	3780	2900	3170	3170	870

Питер) он начал проектирование РД-12 — собственного варианта ТРД тягой 3000 кгс. В отличие от немцев, компрессор решили делать центробежным. Впрочем, использованию германского опыта придавалось большое значение, недаром работавший в уфимском КБ немецкий инженер Ф. Бранднер получал фантастическую по тем временам зарплату — 4000 рублей (для сравнения — командир истребительного полка получал в то время приблизительно вдвое меньше).

Турбовинтовые двигатели, или немецкое влияние

В ходе испытаний РД-12 произошла авария из-за обрыва лопатки компрессора, Кузнецов и один из испытателей получили ранения. Неприятность задержала работы как по этому двигателю,

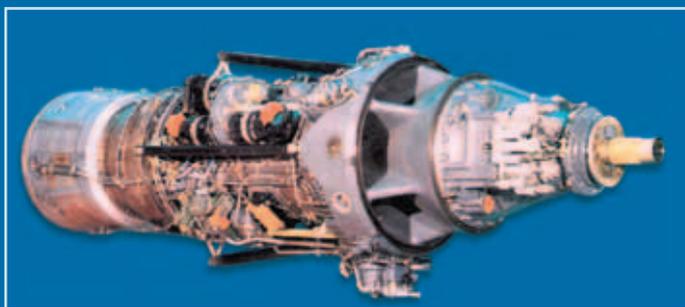
считались работники фирмы "Юнкерс" во главе с доктором А. Шайбе и фирмы "БМВ" во главе с инженером К. Престелем — всего около 250 человек. Еще около сотни немцев занимались проектированием разного рода агрегатов, приборов и оборудования. Для размещения прибывших немецких семей в поселке Управленческий неподалеку от Куйбышева (ныне снова Самара) была высвобождена соответствующая жилплощадь ("уплотнили" русских) и построено более сотни "финских" домиков. Среди депортированных имелось немало высококлассных специалистов — их попытались заинтересовать материально, назначив 56 работникам зарплату от 4000 рублей и выше. Для детей организовали восьмилетнюю шко-

лу, педагогами в которой работали жены депортированных.

Первое время важнейшим заданием для немцев считалось создание форсированных вариантов Jumo 004 и BMW 003, но с освоением базовых конструкций советскими моторостроительными заводами внимание постепенно сконцентрировалось на более поздних проектах германских двигателей, таких как BMW 018 тягой 3400 кгс и Jumo 012 тягой 3000 кгс.

Ознакомившись с состоянием дел на заводе, Кузнецов реорганизовал структуру конструкторского бюро, обеспечив более тесную взаимосвязь между работами сотрудников экс-немецких моторостроительных фирм, которые прежде проводились замкнуто и даже с элементами нездоровой конкуренции между представителями BMW и Jumo. Затем Николай Дмитриевич организовал техническую учебу. Так, доктор Р. Шейност читал лекции по расчетам на прочность, а доктор Г. Гайнрих — по термодинамике. Занятия проводились на немецком языке, изучению которого советскими специалистами придавалось большое значение: сдавшему экзамен по языку полагалась 20-процентная прибавка к зарплате. Третьим важным решением Кузнецова было широкое привлечение в КБ молодых выпускников Куйбышевского авиационного института. Вскоре настал черед и более "жестких" мероприятий: в

двигателями 2ТВ-2Ф начались 12 ноября 1952 г. Первое время они проходили успешно, но в 17-м полете, состоявшемся 11 мая 1953 г., из-за пожара двигателя самолет потерпел катастрофу. Погибли четыре члена экипажа, в том числе известный летчик-испытатель А.Д. Перелет. За тяжелым летным происшествием непременно следует этап поиска виновных, и они, естественно, были найдены. После катастрофы в Москву срочно доставили все материалы заводских стендовых испытаний двигателей, из которых выяснилось, что в ходе доводки у 2ТВ-2Ф наблюдались серьезные дефекты, связанные с разрушением шестерней редукторов после 30...40 ч работы. "Разбор полетов" сулил Кузнецову огромные неприятности, однако на заседании комиссии по расследованию причин катастрофы за него неожиданно вступился А.Н. Туполев, заявивший: *"Обезглавить конструкторский коллектив, убрать руководителя, означает угробить этот мощнейший в мире двигатель, а заодно и самолет Ту-95. Этого делать нельзя. Наши решения должны быть направлены на поддержку двигателя 2ТВ-2Ф и других его вариантов. А для достижения этой цели надо, чтобы главному конструктору двигателя помогли, а не сажали в тюрьму..."* Впоследствии причину катастрофы связали с нарушением технологии изготовления шестерни, конкретного виновника на-



Двигатель НК-12



Двигатель НК-4

конце лета Николай Дмитриевич отдал распоряжение прекратить доводку всех разработывавшихся двигателей, за исключением проекта мощного турбовинтового "движка".

В ноябре 1950 г. двигатель ТВ-022, созданный при непосредственном участии немецких специалистов на основе проекта Jumo 022, прошел Государственные испытания. Он имел четырнадцатиступенчатый компрессор, камеру сгорания кольцевого типа и трехступенчатую турбину. Двигатель приводил во вращение два соосных винта противоположного вращения (АВ-41) с приводом от редуктора. Модифицированный вариант двигателя, получивший название ТВ-2, испытывался на летающей лаборатории Ту-4 Летно-испытательного института в мае-октябре 1951 г. В 27-м полете самолет Ту-4 зав. № 225402 потерпел аварию из-за пожара в правом двигателе. Несмотря на эту неприятность, работы по доводке ТВ-2 были продолжены.

Дело в том, что турбовинтовые двигатели, созданием которых занималось ОКБ Кузнецова, срочно понадобились для решения важнейшей государственной задачи: создания межконтинентального бомбардировщика. Проведенные в ОКБ А.Н. Туполева расчеты показали, что такая машина будет иметь массу порядка 200 т. Для обеспечения требуемой дальности полета она должна была оснащаться четырьмя турбовинтовыми двигателями (ТРД "не проходили" из-за низкой экономичности, что и подтвердил опыт создания другого варианта межконтинентального бомбардировщика в ОКБ В.М. Мясищева) мощностью по 12 000...15 000 л.с. В качестве временной меры после переговоров Туполева с Кузнецовым было принято решение о создании спаренного мотора 2ТВ-2Ф. Он представлял собой два поставленных бок о бок форсированных двигателя ТВ-2Ф, работавших на общий редуктор. Параллельно началась разработка нового двигателя ТВ-12, равного по мощности спарке 2ТВ-2Ф.

Летные испытания первого опытного самолета Ту-95 ("95-1") с

шли и осудили, а обломок той самой шестерни стал экспонатом заводского музея...

Все же работы по созданию 2ТВ-2Ф были прекращены, и внимание ОКБ Кузнецова сосредоточилось на ТВ-12 (число 12 означало мощность в тысячах лошадиных сил). Здесь тоже не обошлось без проблем, поставивших под сомнение само существование конструкторского коллектива. По свидетельству Кузнецова, *"Туполев нервничал и посылал в Куйбышев своих заместителей — К.В. Минкера, Г.А. Озерова и других. Те, наверное, по требованию А.Н. Туполева, составляли отчеты, в которых было: "в двигателе это плохо и то плохо, и другое — не лучше..." Дело дошло до того, что В.А. Малышев, зампред Совета министров СССР, заявил: "Ну, раз ничего не получается, давайте закроем [разработку ТВ-12 — Н. А.]".* Но здесь вновь вмешался сам Туполев, дезавуировавший все доклады своих заместителей. В разговоре с Малышевым он взял вину на себя и предложил дать Кузнецову еще "два-три месяца", тем более что в день обсуждения успешно закончились 25-часовые испытания ТВ-12. Вскоре опытные двигатели были установлены на три летающие лаборатории Ту-4ЛЛ для ускоренной доводки их в воздухе. В конце декабря 1954 г. мотор успешно прошел 100-часовые государственные испытания, а в феврале 1955 г. совершил первый полет самолет "95-2" — второй опытный Ту-95, оснащенный четырьмя ТВ-12, вскоре переименованными в НК-12. В процессе доводки по требованию самолетчиков максимальная мощность двигателя была увеличена до 15 000 л.с.

Модификация двигателя НК-12МВ предназначалась для стратегических бомбардировщиков Ту-95, пассажирских самолетов Ту-114, самолетов ДРЛО Ту-126 и противолодочных машин Ту-142. Специально для транспортника Ан-22 "Антей" был разработан вариант НК-12МА с винтами увеличенного диаметра АВ-90 (на туполевских машинах применялись винты АВ-60), а для экранопланов типа "Орленок" — вариант НК-12МК, отличавшийся применением коррозион-

нстойких материалов и специальных покрытий. За создание НК-12, и сегодня остающегося самым мощным в мире ТВД, Н.Д. Кузнецову было присвоено звание Героя Социалистического Труда, он стал лауреатом Ленинской премии и Генеральным конструктором. В начале восьмидесятых на вооружение был принят стратегический ракетосец Ту-95МС, вооруженный крылатыми ракетами большой дальности. Этот вариант машины, как и модифицированный Ту-142М, осна-

это были только цветочки. В 1958 г. в результате отказа двигателя произошла катастрофа самолета Ил-18, на борту которого находилась группа высокопоставленных военных. Комиссия, расследовавшая причины тяжелого летного происшествия, определила: остановка двигателя привела к появлению мощного разворачивающего момента, который не мог быть скомпенсирован летчиками из-за отсутствия устройства флюгирования

КОЛИЧЕСТВО ПОСТРОЕННЫХ В 1955-1962 ГГ. СЕРИЙНЫХ САМОЛЕТОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ НК

Тип самолета	Тип двигателя	1955 г.	1956 г.	1957 г.	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.
Ту-95	НК-12	4	23	14	8	—	—	—	—
Ту-116	НК-12	—	—	2	—	—	—	—	—
Ту-114	НК-12М	—	—	—	3	5	3	6	6
Ту-95К-20	НК-12МВ	—	—	—	2	18	17	10	10
Ил-18	НК-4, НК-4А	—	—	3	25	—	—	—	—
Ан-10	НК-4	—	—	3	—	—	—	—	—

щался двигателями НК-12МП повышенной экономичности.

В 1955 г., после признания успеха с "двенадцатитысячником", Николай Дмитриевич получил задание спроектировать меньший по мощности двигатель, предназначенный для пассажирских лайнеров Ил-18 и Ан-10, а также для военно-транс-

порта. Быстро сконструированный и внедренный "автофлюгер" не спас положения: НК-4 оказался скомпрометированным. Попытки Н.Д. Кузнецова доказать, что внесенные изменения устранили проблему, не увенчались успехом: в массовое производство был запущен АИ-20 запорожского завода, а НК-4 снят с



Военно-транспортный самолет Ан-22



Пассажирский лайнер Ил-18

портного самолета Ан-12. Параллельно такое же задание получил конструктор А.Г. Ивченко. Имея за плечами опыт создания НК-12, Кузнецов рассматривал полученную задачу как относительно легкую, "белый хлеб", как он выразился. И действительно, не прошло и семи месяцев с момента оформления технического задания, как двигатель НК-4 был готов. Он получился легким, экономичным, простым в производстве. Впервые в 6-ступенчатом компрессоре были применены сверхзвуковые ступени. В 1957 г. двигатель прошел государственные испытания,

на принятие этого решения повлияли и субъективные моменты: поскольку самолеты Ан-10 и Ан-12 строились на Украине, то, мол, и двигатель для них должен быть "украинским". Аргументы Кузнецова и поддержавшего его В.Я. Климова о более высоком технологическом уровне и лучшей экономичности НК-4 во внимание приняты не были. В конце 1958 г., после выпуска 222 двигателей, производство НК-4 было прекращено.

(Продолжение в следующем номере)

КОЛИЧЕСТВО ПОСТРОЕННЫХ В 1954-1962 ГГ. СЕРИЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НК

Тип двигателя	1954 г.	1955 г.	1956 г.	1957 г.	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.
НК-12, НК-12М	16	144	110	141	134	303	—	—	—
НК-12МВ	—	—	—	—	—	—	206	275	343
ТВ-2Т	—	—	7	—	—	—	—	—	—
НК-4, НК-4А	—	—	—	47	175	—	—	—	—

его начал серийно производить завод № 24 им. М.В. Фрунзе. Самолеты Ан-10 и Ил-18 первых серий оснащались моторами НК-4 и их модифицированным вариантом НК-4А.

Однажды на пассажирском самолете Ил-18 разрушился вал редуктора, и вращавшийся с огромной скоростью винт улетел, к счастью не задев ни фюзеляж, ни соседнюю мотогондолу. Но

DIGEST

THIS IS THE VERY NK ENGINE, THAT...

Nikolay D. Kuznetsov was born on June 23, 1911 in Aktjubinsk in the family of a worker. In 1930, he entered Moscow aviation technical college (motor-building department) and then, in 1932, - in N.E.Zhukovskiy's AF Academy. On graduating from the high school, N. Kuznetsov, who had showed brilliant knowledge, became an advanced student in the military academy. In 1941, he defended his Ph.D. thesis.

By the beginning of World War II, Dr. N.Kuznetsov was a lecturer at the academy. In April, 1942 he was appointed senior engineer of an air force unit at North-West front. Six months later he was sent to V.Ya.Klimov's Design Bureau. Shortly he became the "right hand" of the outstanding engine designer. In post-war years N. Kuznetsov switched over to the development of turbojet engines.

In May, 1949 N.Kuznetsov was appointed to a post of Chief Designer of experimental facility #2 where many specialists from Germany were employed. In early 50s the first TV-2 turboprop was developed with their support. Later, when foreigners departed to their motherland, Kuznetsov's Design Bureau developed NK-12 engine for powering Tu-95 strategic bombers and Tu-114 jetliners.

СЕРДЦЕ ИСТРЕБИТЕЛЯ

Александр Николаев

Опыт по "пересадке"

На протяжении всей Второй Мировой войны наиболее массовым немецким истребителем оставался Bf 109. Модернизация силовой установки машины производилась путем последовательной замены близких по конструкции двигателей серии DB 600 все более мощными. Начиная с варианта "Густав", истребитель Мессершмитта оснащался мотором DB 605A, полностью соответствовавшим ему по габаритам и массе. Еще более мощный двигатель попросту не уместился бы на "мессере", поэтому и на очередной модификации Bf 109K по-прежнему устанавливался немного подфорсированный "шестьсот пятый".

Другое дело — куда более тяжелый истребитель FW 190. Несмотря на появление двигателей BMW 801D и E повышенной мощности, к концу 1943 г. он утратил былое превосходство перед советскими и англо-американскими машинами. Новых, еще более "крутых" звездообразных моторов немцы создать не сумели, а модификации "восемьсот первого" с турбокомпрессорами отличались смехотворным ресурсом — всего 20...25 ч. Фирма "Хирт" — основной поставщик турбокомпрессоров для "люфтваффе" — по ходу войны испытывала нарастающие трудности с поставками легирующих материалов и высокооборотных подшипников из Швеции и Норвегии.

Еще в 1942 г. Курт Танк, главный конструктор FW 190, стал подыскивать потенциальную замену для BMW 801. Сначала основным побудительным мотивом являлась недостаточная высотность этого мотора. Реальных претендентов на замену 1000-килограммовому "восемьсот первому" в Германии было два: DB 603 и Jumo 213. Оба мотора имели жидкостное охлаждение, взлетную мощность порядка 1750 л.с., массу 900...925 кг и значительно меньший "лоб" по сравнению со звездообразным BMW. С другой стороны, оба двигателя были новыми и поэтому обладали несметным числом "детских болезней".

Первые эксперименты с DB 603A принесли разочаровывающие результаты: ни один из 12 построенных опытных вариантов "фоккера" не получил положительной оценки у пилотов Рехлинского летно-испытательного центра. Вместе с тем, яснее стал объем требуемых доработок по конструкции планера (увеличение размаха крыла, его площади и длины хвостовой части фюзеляжа), определились и летные качества машины, в частности, максимальная скорость, скороподъемность и маневренность. Окончательно похоронили модификацию FW 190C все те же ненадежные турбокомпрессоры, призванные увеличить высотность истребителя.

Звездный час для другого варианта FW 190, оснащенного двигателем Jumo 213A, настал в 1944 г. после распоряжения Гитлера свернуть выпуск бомбардировщиков в пользу истребителей и истребите-

"На 15.12.44 г. немцы имели в оперативном использовании 110 реактивных самолетов, из них 35 Me 262 в составе I/KG 51 (район Рур), до 30 Me 262 на вооружении группы неустановленной численности (район Бремен-Ганновер), до 25 Me 262 и 10 Me 163 на вооружении другой эскадры (район Мюнхен-Аугсбург), 10 Me 262 в отряде дальней разведки. Производится переучивание на Me 262 личного состава KG 54 и KG 76..."

Разведсводка штаба ВВС КА от 25 декабря 1944 г.

лей-бомбардировщиков. Германия уже шаталась под ударами воздушных армий союзников, поражавших на выбор то нефтеперерабатывающие, то подшипниковые, то собственно самолетостроительные и моторостроительные заводы. В числе сильно пострадавших оказалась предприятие фирмы BMW в Бремене. Зато солидный задел Jumo 213, накопленный для бомбардировщиков Ju 188, оставался невостребованным. Этими соображениями руководствовался К. Танк, ускоренными темпами запуская в серию истребитель FW 190D-9, который советские пилоты окрестили "длинноносый фоккером".

"Бомбардировочный" двигатель Jumo 213A не предусматривал возможности установки пушки со стволом, проходящим через полый вал редуктора. По заданию Танка этот недостаток был устранен конструктором мотора доктором Лихте в модификациях C и E, в развале блоков цилиндров которых легко монтировалась 30-мм пушка. Наиболее интересным вариантом мотора, без сомнения, следует признать Jumo 213E — единственный в мире серийно изготовлявшийся в годы войны двигатель с трехскоростным двухступенчатым нагнетателем. Это было настоящее чудо "сумрачного германского гения" — двенадцатицилиндровая машина с рабочим объемом 35 л и максимальной мощностью более 2000 л.с. Дополнительный впрыск закиси азота обеспечивал самолету Ta 152H, представлявшему собой очередной вариант FW 190D, максимальную скорость 755 км/ч на высоте 12 500 м. Ни один истребитель в мире, за исключением реактивных, не мог соперничать с новинкой Танка по скорости. Однако попавшие в цейтнот немцы не успели ни толком освоить, ни эффективно применить свои сверхскоростные, сверхвысотные истребители. К тому же, в погоне за высокими скоростными характеристиками конструкторы упустили из виду маневренность, особенно горизонтальную. Уже после войны в НИИ ВВС прошел испытания трофейный FW 190D-9, получивший весьма сдержанную оценку советских специалистов. Что касается Ta 152, то наши фронтовики его попросту "не заметили": не было такого самолета, и все тут... Таким образом, немецкий вариант "пересадки сердца" оказался наименее впечатляющим в сравнении с советским (ЛаГГ-3 М-105 — Ла-5 М-82) и американским ("Мустанг" с "Аллисоном" — "Мустанг" с "Мерлином").

Спирт + вода = ...

Неизбежно приходит время, когда двигатель в смысле совершенства конструкции достигает своего "потолка", и больше ничего выжать из него, кажется, невозможно. Но у войны свои законы — с одной стороны, она требует неуклонного повышения характеристик боевой техники, а значит, увеличения мощности, надежности и экономичности силовых установок. С другой стороны, частую смену серийных образцов двигателей производить нельзя — иначе и конструкторские бюро, и заводы, и строевые части захлебнутся в потоке неустранимых "детских болезней". Поэтому конструкторы всего мира напряженно изыскивали различные способы форсирования серийных двигателей, в том числе и нетрадиционные.

Один из таких способов, нашедший широкое распространение в германских авиационных "движках", был связан с

FW 190D-9



впрыском водо-метаноловой смеси в цилиндры с целью повышения максимальной мощности. Опыты производились как с чистой водой (MW-0), так и с чистым метиловым спиртом (MW-100), но наилучшие результаты были получены для смесей MW-50 (равные объемные количества воды и спирта) и MW-75 (75 % метанола, 25 % воды). Наиболее широко распространенными являлись установки, использовавшие состав MW-50. Впрыск водо-метаноловой смеси позволял кратковременно (обычно не дольше 10 мин) повысить мощность двигателя на 10...15 %. Так, чрезвычайная мощность мотора DB 605AM на высоте 1000 м без использования смеси MW-50 составляла 1575 л.с., а с ее применением достигала 1800 л.с. Прибавка мощности обеспечивала соответствующий прирост максимальной скорости истребителя Bf 109G-14 — приблизительно на 40 км/ч, давая пилоту "мессера" дополнительный козырь в воздушном бою. Прибавка в скорости у FW 190A за счет применения MW-75 получалась заметно меньшей (на 15...20 км/ч), поэтому его мотор BMW 801D немецкие конструкторы предпочли форсировать путем кратковременного (на 1...3 мин) повышения наддува с одновременным значительным обогащением топливно-воздушной смеси (на приборной доске для включения режима имела кнопка "Увеличение летных качеств"). Все же мотор BMW 801E, который устанавливали на "фоккере" поздних серий, оснащался системой впрыска MW-100 с расходом 300 кг/ч.

В интересах повышения высотности поршневых двигателей предпринимался впрыск кислородсодержащих веществ, чаще всего закиси азота NO_2 , с помощью дополнительной системы GM-1. Опыты с NO_2 были начаты авиационным исследовательским институтом DVL еще в 1941 г. на моторе Bramo 323A мощностью 900 л.с., который при расходе закиси азота на уровне 80...85 г/с демонстрировал увеличение мощности на больших высотах приблизительно на 200 л.с., притом без ограничения продолжительности режима! На заключительном этапе войны многие германские истребители, в особенности из ПВО рейха, оборудовались системой GM-1. Так, истребитель FW 190A-8 с двигателем BMW 801D имел два режима впрыска NO_2 : на высотах 8...10 км — с расходом 60 г/с, а на высотах более 10 км — с расходом 100 г/с. Прирост мощности в первом случае составлял около 200 л.с., во втором — 350 л.с. С учетом меньшей плотности воздуха на большой высоте прибавка в скорости полета получалась равной 70...100 км/ч! Внедрением GM-1 немцы смогли в известной мере скомпенсировать свою неудачу с турбокомпрессорами, в противном случае их истребители попросту не смогли бы бороться с американскими "Лайтнингами" и "Тандерболтами", сопровождавшими высотные бомбардировщики B-17 и B-24 при нанесении ударов по объектам на территории рейха.

Ставка на реактивные двигатели

Летом 1939 г. моторостроительная фирма "Юнкерс" получила заказ на разработку турбореактивного двигателя Jumo 109-004. Возглавивший разработку доктор Ансельм Франц сделал ставку на максимальную простоту, высокую надежность и технологичность мотора, даже в ущерб другим важнейшим характеристикам. Двигатель имел восьмиступенчатый осевой компрессор, шесть небольших камер сгорания и одноступенчатую неохлаждаемую турбину. Уже в ноябре 1940 г. он был испытан на стенде, а в марте 1942 г. начались экспериментальные полеты на летающей лаборатории Bf 110. Прототип реактивного истребителя Me 262V3 с двумя опытными двигателями 004A тягой по 840 кгс впервые поднялся в воздух 18 июля 1942 г. Спустя год германское министерство авиации приняло решение о начале серийного производства новейшего "мессера".

Но реактивный "движок" оказался крепким орешком. Несмотря на титанические усилия конструкторов, доводка его затянулась. Летом 1943 г. двигателями следующей модификации 004B оснастили первую партию истребителей Me 262A-0. Вскоре эти машины отправились в Рехлинский летно-испытательный центр, где выявилось изрядное количество дефектов самолета и силовой установки. В довершение неприятели завод, где производились Me 262, 17 августа 1943 г. подвергся налету американских тяжелых бомбардировщиков.

Серийный образец мотора 004B1, выпущенный весной 1944 г., имел взлетную тягу 900 кгс. Разрабатывались и другие модификации

(004D, 004H, 004G) с увеличенной до 1000 кгс тягой, но практического применения они не нашли. В 1945 г. проводились испытания варианта 004E с дожиганием топлива (тяга на форсаже 1200 кгс).

В связи с участвовавшими бомбардировками Германии серийное производство Jumo 109-004B1 было развернуто на подземных заводах, в том числе на крупнейшем предприятии в районе Нордхаузена. Общая площадь его цехов, в которых трудились и военнопленные, и так называемые "перемещенные лица" (угнанные в Германию жители оккупированных стран), составляла более 40 000 м². Всего немцы успели изготовить 6424 двигателя, в том числе 41 — в 1943 г., 1201 — в 1944 г. и 5182 — в 1945 г. Ресурс даже серийного ТРД был невелик, всего 25...50 ч. Что касается истребителей Me 262, то их построили около 1400 единиц, однако в боевых действиях успели принять участие не более трети из них.

Несколько соединений и частей реактивных истребителей, сформированных в "люфтваффе", нашли применение главным образом на Западном фронте и в ПВО рейха. Их успехи чередовались с неудачами из-за низкой надежности техники и ее слабой освоенности летным составом. В послевоенный период Me 262 с двигателями Jumo 004B прошел испытания в НИИ ВВС Красной Армии и ЛИИ наркомата авиапрома (а также в летно-исследовательских центрах Великобритании и США). В связи с отсутствием в то время отечественных конструкций самолетов с ТРД Сталин дал указание скопировать машину, запустив ее в серийное производство без всяких изменений. С большой неохотой наркомавиапром взялся за это дело, а впоследствии и вовсе "замотал" директиву вождя, ссылаясь на появление новых, разумеется "лучших по конструкции" машин Як-15 и МиГ-9.

Другой серийный немецкий ТРД был создан на фирме BMW. Первоначально она проектировала собственные варианты реактивных "движков" с центробежным компрессором. После передачи в 1939 г. в состав BMW завода фирмы Bramo в Шпандау руководивший работами по ТРД в BMW инженер Герман Ойстрих отдал предпочтение двигателю с осевым компрессором P 3302, проект которого оказался своеобразным "бесплатным приложением" к новоприобретенному заводу. Первым делом его переименовали в BMW 109-003, а уже в 1940 г. начались стендовые испытания. По мнению германского министерства авиации, двигатель 003 был существенно более совершенным и перспективным по сравнению с изделием фирмы Jumo, но он требовал существенно большего времени для доводки. Осевой компрессор двигателя 003 содержал семь ступеней, турбина была одноступенчатой с охлаждаемыми воздухом лопатками, что позволило повысить температуру на входе до 1170К. С целью уменьшения массы и габаритов конструкторы BMW применили одну кольцевую



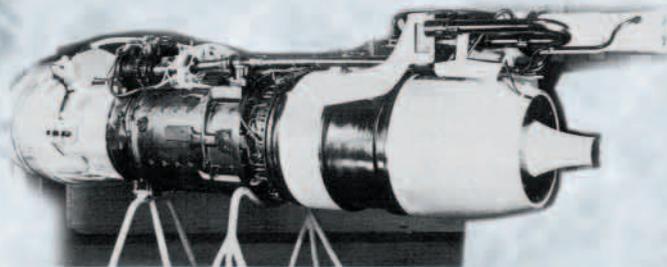
Me 262



камеру сгорания несмотря на сложность обеспечения равномерности поля температур. Более совершенная конструкция BMW нашла выражение, прежде всего, в меньшей на 100 кг массе по сравнению с двигателем Jumo.

Летные испытания ТРД фирмы BMW начались лишь в октябре 1943 г., а к августу 1944 г. была изготовлена первая сотня серийных 003A-1 тягой 800 кгс. Следующий вариант двигателя 003A-2 предназначался для реактивного самолета He 162, так называемого "народного истребителя". Эту машину уже слегка "тронувшиеся" руководители рейха, не дожидаясь первого полета, решили запустить в массовое производство (планировалось довести выпуск до 4000 машин в месяц!). Не тут-то было! Фирме Эрнста Хейнкеля никак не удавалось создать удачный реактивный самолет. Подняв в воздух еще в 1939 г. два образца, He 176 — с ЖРД и He 178 — с ТРД, Хейнкель не сумел убедить Гитлера в перспективности нового направления самолетостроения. "Спасибо, профессор, — сказал ему фюрер после осмотра одной из машин. — Ваш самолет мы поставим в музей". И действительно, поставил, где реактивный первенец погиб в результате бомбардировки. Очередная попытка Хейнкеля создать реактивный боевой самолет была связана с двухдвигательным He 280. Снова неудача: не выдержав конкуренции с Me 262 из-за неудовлетворительных характеристик двигателей, программа создания "двести восьмидесятого" была свернута.

И вот — последняя попытка! Летом 1944 г. нацистский рейх терпел одно поражение за другим. Возникла идея: создать простой в пилотировании и относительно дешевый реактивный истребитель, освоить который после сверхкороткого курса обучения могли бы 16-летние планеристы из "гитлерюгенд". Вилли Мессершмитт только рассмеялся в ответ на поступившее предложение, а Эрнст Хейнкель взялся за его реализацию. В конце сентября был готов макет небольшого двухкилевого деревянного (алюминий стал дефицитным) самолета с двигателем "на спине". На постройку опытного об-



Двигатель BMW 109-003

разца ушло всего 80 дней. После первого же полета, состоявшегося 6 декабря 1944 г., машина разогналась до скорости 835 км/ч, и министерство авиации уверовало в успех. Последовала команда развернуть серийное производство узлов и агрегатов на множестве мелких предприятий (чтобы уменьшить ущерб от воздушных налетов), а также начать подготовку пилотов. Ничего не изменила и произошедшая вскоре катастрофа опытного He 162. К весне 1945 г. были изготовлены несколько сотен машин. Однако, по мнению большинства историков, реактивные "хейнкели" так и не приняли участия в боях из-за недоведенности конструкции, нехватки топлива и подготовленных пилотов.

Специально для He 162 фирма BMW разрабатывала усовершенствованные модификации своего двигателя, в том числе комбинированный 003R, состоявший из ТРД 003A-2 и ускорительного ЖРД BMW 109-718. Кратковременно такой двигатель мог развивать тягу

1250 кгс. Всего до конца войны фирма успела построить свыше 700 двигателей семейства BMW 109-003.

Конструкции немецких ТРД оставили заметный след в истории двигателестроения ряда стран. Так, еще в 1944 г. документация по BMW 109-003A на двух японских подводных лодках отправилась в Страну восходящего солнца. Одну из лодок американцам удалось потопить, но вторая благополучно прибыла к месту назначения. Полученная информация была использована японцами при создании собственного реактивного истребителя "Кикка". Вскоре после окончания войны, в 1946 г., сам Ойстрих и немало других специалистов фирмы BMW стали работать во Франции на фирме SNECMA. Ее первый ПД (ATAR-101) фактически являлся модификацией BMW 109-003.

В послевоенный период двигатель Jumo 109-004 под обозначением РД-10 производился в СССР на уфимском заводе № 26, а BMW 109-003 под обозначением РД-20 — на казанском заводе № 16. В 1946 г. в поселке Управленческий неподалеку от Куйбышева (теперь Самара) был создан Государственный союзный опытный завод № 2. Директором завода назначили полковника Н.М. Олехновича, а начальниками четырех ОКБ — немецких конструкторов: доктора А. Шайбе (JUMO), инженера К. Престеля (BMW), доктора П. Лертеса и инженера А. Мюллера. Для работы на заводе из Германии в принудительном порядке были вывезены около 350 специалистов с семьями. Первые два ОКБ занимались доводкой проектов двигателей соответствующих немецких фирм, а два последние разрабатывали различные приборы и оборудование.

Гораздо меньший интерес вызвал в Советском Союзе ракетный истребитель Me 163 "Комета" с ЖРД фирмы "Вальтер" HWK 509A тягой 1700 кгс. Эта машина недаром оценивалась как боевой самолет, весьма опасный... для собственного пилота. Дело в том, что в качестве окислителя применялась 80-процентная перекись водорода, чрезвычайно агрессивная жидкость, послужившая причиной гибели многих летчиков "Комет". Чаще всего из-за негерметичности трубопроводов самолет взрывался еще в момент запуска двигателя; не лучше обстояло дело и при вынужденных посадках: в залитой окислителем кабине тело пилота попросту растворялось. И хотя скорость машины была поистине выдающейся (2 октября 1941 г. летчик Диттмар впервые в мире преодолел рубеж 1000 км/ч), лишь в мае 1944 г. "люфтваффе" решились принять на вооружение ракетный истребитель. В июле пятерка Me 163 впервые атаковала группу американских бомбардировщиков. Боевые качества самолета сильно обесценивались малой продолжительностью работы ЖРД — всего 6-7 минут, половина этого времени расходовалась на набор высоты. Заметных успехов в воздушных боях "Кометы" добиться не смогли. Общее число построенных Me 163 составило 237 единиц, но одновременно в строевых частях имелось не более трех-четыре десятков боеготовых машин.

В заключение следует отметить, что при всех недостатках германских реактивных истребителей только они одни реально использовались в боевых действиях в период Второй Мировой войны. Их современники — английские "Метеоры" — применялись весьма ограниченно и только против крылатых ракет. Американцы вообще не сумели довести свой P-80 "Шутинг Стар" до уровня боеготового прежде, чем война закончилась. Нужно отдать должное немецким двигателям: именно их работа обеспечила Германии мировое первенство в области реактивного самолетостроения. Впрочем, с поражением рейха оно было безвозвратно утрачено.

(Продолжение в следующем номере)

DIGEST

As long ago as in 1942 Kurt Tank, the General Designer of "Fokker-Wulf" Co., began searching for a possible alternative to BMW801 installed on FW190A. Based on his task, Dr. Lichte developed a special 1750-h.p. version of Jumo 213 engine. This version made possible to fire with a gun through a hollow output shaft. However, new Jumo 213-powered FW190D-9 fighter received not very high appraisal from Soviet experts. The German variant of "the heart transplantation" was less impressive than Russian La-5 or American "Mustang". But in the area of gas-turbine engines German manufactures were leaders. Their works ensured Germany the first place in the field of jet aircraft manufacturing. In 1944-1945, Germany launched series production of Me 262 fighters powered by two Jumo109-004 turbojets and Me163 interceptors powered by HWK509A-2 liquid-propellant engines. However, with the defeat of Third Reich, Germany lost its positions forever.

THE HEART OF A FIGHTER

Любовь была взаимная



Анатолий Маркуша

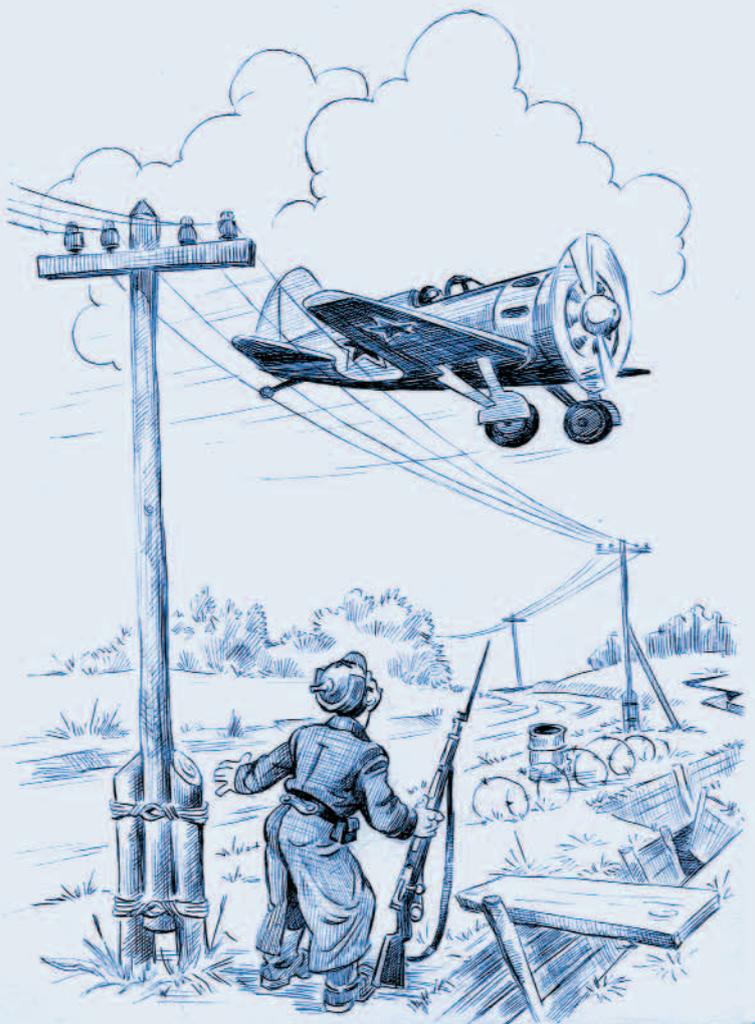
рисунки Владимира Романова

Тогда я был еще очень молод и, как ни обидно признаваться, но ничего не поделаешь — щенячи глуп: поверите ли, мне ужасно хотелось вляпаться в какую-нибудь неожиданную аварийную ситуацию и, конечно, благополучно из нее выпутаться, показав себе и людям, чего я, черт возьми, стою. Другие мои сверстники и на вынужденные вне аэродрома уже падали, и пожар в воздухе гасили, а один одноклассник, не застегнув привязных ремней, и вообще завис на "петле" и выпал из кабины. Он приземлился с парашютом и прогремел на всю воздушную армию. Везло же людям! Верно, их не всегда поощряли, случалось и наказывали, как того "парашютиста", но не в этом было главное. Отличившихся ставили в пример — положительный или отрицательный, меня это не больно волновало. Так хотелось отличаться — не передать.

И день пришел.

Чуть свет я заступил на боевое дежурство. Готовность номер один. А это означало: сижу в кабине, взнузданный в парашютные лямки, на голове — шлемофон, подключенный к рации, весь я в ожидании, готовый к запуску двигателя и немедленному взлету. На все про все отводилось две минуты. Остановка за малым — за зеленой ракетой с командного пункта.

Наконец-то, когда моя смена подходила уже к концу, случилось — в бледном небе лопнула зеленая ракета, и не прошло трех минут, как я пошел на взлет. Мой "ишачок" бежал резво, я строго выдерживал направление взлета и не сразу ощутил — а скорость-то набирается не совсем так, как обычно — медленнее. Прервать взлет?



Но тогда никакого шанса на перехват противника у меня не останется. "Аэродром большой, — подумал я, — погляжу, как дальше пойдет..." А секунды бегут и тают, и когда до меня дошло — с такой тягой я могу и не взлететь, прерывать взлет было уже поздно — впереди маячили столбы и провода электропередачи.

Ну вот и свалилась на мою глупую голову аварийная ситуация. Дождася! Выкручивайся... покажи чего ты стоишь... какой ты наследничек Чкалова...

Слегка передираю хвост — так, пожалуй, наберу еще немного скоростенки, чтобы оторваться от земли до дороги, проходившей по самому краю летного поля, и тогда попытаюсь перескочить через провода. Вроде все правильно — скорость на самом деле прибавилась. И дорога уже — вот! Столбы приближаются, как бы не опоздать... решение!..

За дорогой, я это твердо знал, выровненное поле, оно числится резервной посадочной площадкой, если благополучно перескочу через провода — есть шанс приземлиться с выпущенным шасси и не "разложить" машину.

Уговариваю себя: не спеши... рано... еще чуть-чуть... Ну! Ручку я дернул как раз вовремя и перескочил через препятствие, не зацепившись, но то, что увидел по ту сторону дороги, не поддавалось никакому описанию. Очевидно, соседи-наземники постарались и провели на нашей земле самовольные противотанковые учения — вся резервная посадочная площадка была перерыта, кое-где валялись бочки и еще какая-то дрянь. Ни о каком приземлении невозможно было даже помыслить.

Пытаюсь теперь, спустя многие годы, вспомнить, о чем же я думал в то критическое мгновение, и только одно приходит в голову — повезло, а кому везет, вы знаете? Так вот...

Мне лично повезло, и при том совершенно загадочно. Неожиданно мотор будто откашлялся и изменил голос. Не скажу — прибавил обороты: взглянуть на приборы в той обстановке я не отважился, мотор прибавил усердия, скажу так, — потянул меня в набор высоты, и мне удалось наскрести метров двести. С чего, почему, за что такой подарок судьбы? Так или иначе, но у меня появилась возможность прервать задание, осторожно зайти на посадку и приземлиться. Все бы ничего вроде, мечтал вляпаться — теперь расхлебывай, правда, сперва надо было еще сесть. Но тут выяснилось — тяну сектор газа на себя, а мотор — ноль внимания, обороты не уменьшаются. В тот день я первый раз в жизни выполнил вынужденную посадку на собственном летном поле с выключенным мотором. Для одного полета этого было, пожалуй, больше чем достаточно.

И последовало, как всегда: кто виноват? Тем более, не следуют забывать: был сорван вылет с боевого дежурства!

Меня ругали не очень сильно, как-никак, а машину я не разбил, хотя такая возможность была. Механику досталось, как говорится, по первое число. Все неприятности произошли из-за чепухи — он неправильно поставил контрольную шпильку на регуляторе постоянного давления, сначала сектор газа не мог открыться полностью, а потом, "пересилив" преграду, не стал отходить назад.

Единственно, кого не за что было наказывать, как вы, вероятно уже и сами догадались, был молодой уже, после второй переборки, с продленным ресурсом мотор М-25! Теперь это история, а ведь в ту пору была взаимная любовь.

ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ РАСШИРЯЮТ ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ

На заседании Совета директоров ОАО "Пермские моторы", на котором обсуждались итоги за 1999 г., отмечено, что объем производства предприятий, входящих в холдинг "Пермские моторы", вырос на 29 % по сравнению с 1998 г. и составил 1991,5 млн рублей.

Генеральный директор ОАО "Пермские моторы" Виктор Кобелев подчеркнул, что "этап реструктуризации предприятия находится на завершающей стадии. Мы рады отметить, что кризис успешно преодолевается, и "Пермские моторы" расширяют выпуск продукции мирового качества".



ГТУ-16П

ОАО "Пермский моторный завод" (созданное ОАО "Пермские моторы", ФПГ "Интеррос" и компанией Pratt & Whitney в ноябре 1997 г.) увеличил выпуск продукции в 1,81 раза — до 803,4 млн рублей. Одно из достижений прошедшего года — улучшение показателей надежности основного изделия, которым является авиационный двигатель ПС-90А. На Ил-96-300 лидерный двигатель наработал без сьема с крыла 7640 ч (в среднем этот показатель составляет 5500...6000 ч).

В настоящее время 52 % продукции ПМЗ - это авиационные двигатели, 48 % — двигатели для газотурбинных установок (ГТУ). В 1999 г. предприятие изготовило пять комплектов ГТУ-12П, семь ГТУ-16П, два ГТУ-10П, четыре ГТУ-4П и 12 комплектов ПАЭС-2500М. Планируется установить 10 газотурбинных установок ГТУ-12П и ГТУ-16П на двух станциях газопровода "Голубой поток" Россия - Турция.

Предприятия холдинга: "Редуктор-ПМ", "Каскад-ПМ" "Метал-

лист ПМ", "Рэмос-ПМ" "Инструментальный завод" также увеличили в 1999 г. объем производства по сравнению с 1998 г. Так, например, АО "Протон-ПМ", специализирующийся на выпуске двигателей первой ступени для ракеты-носителя "Протон", произвел в 1999 г. продукции на 644,318 млн рублей (в 1998 г. — на 333,644 млн рублей).

Председатель Совета директоров ОАО "Пермские моторы", генеральный директор ФПГ "Интеррос" Владимир Шматович подчеркнул: "Прошлый год отмечен целым рядом успехов в деятельности "Пермских моторов". Но мы хотим вывести холдинг на качественно новый уровень. Именно поэтому "Интеррос" совместно с другими акционерами работает над созданием стратегической программы развития Пермского моторостроительного комплекса. Хорошим подспорьем могла бы стать четкая стратегия государства в отношении авиационной промышленности и транспорта".

Подтверждением того, что ОАО "Пермские моторы" продолжает наращивание выпуска продукции, служит открытие на Пермском моторном заводе нового корпуса (по проекту АО "Институт "Пермстройпроект"). Инвестором выступила американская компания Pratt & Whitney. В этом корпусе предполагается изготовление сопловых и направляющих аппаратов для авиационных и газоперекачивающих установок, а для Pratt & Whitney — запасных частей.

Проект беспрецедентен по многим причинам: жесточайшие сроки строительства (девять месяцев), привлечение огромного числа субподрядчиков, ограниченный бюджет и обязательный тендер на выполнение любого вида работ. Реконструкция корпуса выполнена так, чтобы в короткий срок без больших дополнительных затрат можно было перестроить производство.

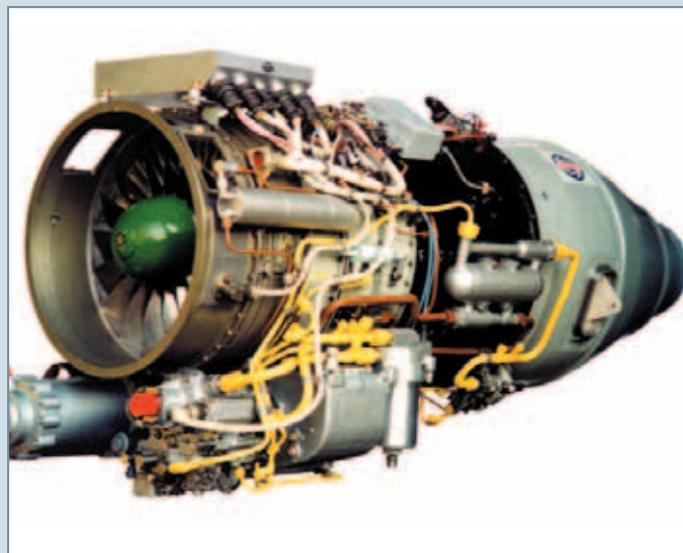
Кредиты Pratt & Whitney на реконструкцию корпуса и обновление его станочного парка составили около \$2,5 млн, причем за производством и финансированием была организована строгая система контроля. Примечательно то, что 90 % инвестированных в строительство корпуса денег осталось в Перми.

Генеральный директор ПМЗ Юрий Решетников отметил, что "наличие такого цеха важно для нашего завода. Во-первых, это 226 рабочих мест. Во-вторых, это реальная возможность зарабатывать валюту, поскольку здесь будут изготавливаться детали по заказам Pratt & Whitney. Важно, что мы заимствуем у наших партнеров и осваиваем новые современные технологии. Достаточно сказать, что цикл производства деталей, которые будут делаться в этом корпусе, сократится почти вдвое, существенно снизится и их себестоимость".

ТМКБ "СОЮЗ" СОЗДАЕТ РД-1700

Государственное унитарное предприятие ТМКБ "Союз" — конструкторское бюро с почти 60-летним опытом создания, внедрения в серийное производство, доводки, сопровождения эксплуатации и ремонта авиационных двигателей приступило к сборке первого опытного экземпляра двухконтурного, двухвального турбореактивного двигателя РД-1700 тягой 1700 кгс. На базе газогенератора этого ТРД проработаны варианты двигателей тягой от 1700 до 3000 кгс для деловых, легких боевых и учебно-тренировочных самолетов, в том числе и для МиГ-АТ. В рамках конверсии создан газотурбинный привод для энергетики ГПП 55СТ-20 на базе двигателя Р29-300 и начата опытная эксплуатация электростанции с электрической мощностью 20 МВт и тепловой — 30 Гкал/ч.

Вместе с тем ТМКБ "Союз" продолжает совершенствование ранее созданных двигателей, установленных на самолеты "МиГ" и "Су". В связи с этим на ТМКБ "Союз" отработан и предлагается эксплуатирующим организациям комплекс работ по модернизации, ремонту, поставке запасных частей, продлению ресурса и календарных сроков хранения и эксплуатации двигателей по техническому состоянию.



Научно-технический журнал

Двигатель



выходит с XX века

ПОДПИСКА
на 1907 год

на двухнедельный, популярный, научно-технический журнал

<http://www.dvigately.ru>

E-mail: engine@zebra.ru

Тел./Факс: (495) 362-39-25

111116, Москва, Авиамоторная, 2

ДВИГАТЕЛЬ

Журнал служит делу

Мы вместе уже который год...



Оставайтесь с нами!

AGIE

Электроэрозионная обработка - способ изготовления недорогой и точной продукции



AGIETRON INNOVATION 2 и 3



AGIE MONDO STAR 20 и 50

Идеальные системы электроэрозионной прошивки для изготовления малых серий, отдельных деталей, опытных образцов и специальных устройств:

- со встроенными приспособлениями для замены электродов или магазинами;
- с надежным и помехоустойчивым вводом данных;
- с четырьмя одновременно действующими координатными осями;
- новые генераторы с высокой производительностью съема металла при незначительном износе электродов и потреблении электроэнергии.

AGIE SA
CH-66 16 LOSONE
Телефон +41 91 806 93 40(806 92 79)
Факс +41 91 806 93 14
WWW.agie.com
E-MAIL info@agie.com

Большие возможности в выборе материала



Большее разнообразие изготавливаемых форм



Уменьшенное время обработки



Снижена стоимость продукции



Увеличение дохода



Более высокая точность



Идеальные системы электроэрозионной резки для изготовления малых серий, отдельных деталей, опытных образцов и специальных устройств:

- с высокими скоростями резания - до 300 мм/мин;
- с надежным и помехоустойчивым вводом данных;
- с одним комплектом направляющих для разных диаметров проволоочных электродов;
- с возможностью работы системы с внешними программами (ЧПУ)



AGIETRON CHALLENGE 2 и 3



AGIETRON CLASSIC 2 и 3

ГАЛИКА АГ
Технология и промышленные установки
177334, Москва, Россия.
Пушкинская наб., 8а.
Тел.: (095) 954-0900, 954-0904.
Факс: (095) 954-4416.
E-mail: galika-moskva@mtu-net.ru