

№ 3 (3) 1999

Двигатель

Научно-технический журнал



С одной стороны, двигатель в наибольшей степени определяет уровень совершенства техники, применяющей его, а с другой, имеет равновеликие с ней проблемы.



ПС-90А2

**ЛУЧШИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
МИРА**



Россия
США
Германия
Франция
Швеция



АВИАДВИГАТЕЛЬ



ПЕРМСКИЙ
МОТОРНЫЙ ЗАВОД



PRATT & WHITNEY

**ЭКОНОМИЧНЫЙ,
НАДЕЖНЫЙ,
ЧИСТЫЙ ДВИГАТЕЛЬ
ДЛЯ АВИАКОМПАНИЙ**



*В XXI век - с новыми идеями
и взаимоотношениями*



"Двигатели - 2000"

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
с 18 по 22 апреля 2000 г. в павильоне №20 ВВЦ

В рамках выставки 19-20 апреля
научно-технические симпозиумы:

"История двигателей в XX веке"
"Двигатель и экология"

**ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ И СИМПОЗИУМОВ - АССАД,
- АССОЦИАЦИЯ "СОЮЗ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ"**

105118, Москва, проспект Буденного, 19, АССАД тел./факс: (095) 366-09-16, 366-45-88

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Абрамов Г.А.,

директор Российского Речного Регистра

Анисин Д.Д.,

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

Высоцкий М.С.,

директор Научного центра проблем механики машин НАН Республики Беларусь

Галко В.Г.,

первый зам. министра промышленности Республики Беларусь

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 ММПП "Салют", Москва

Кузнецов А.Н.,

начальник Управления средств выведения и наземной космической инфраструктуры РКА

Кутенев 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

Новиков А.С.,

технический директор, ген. конструктор ОАО "Рыбинские моторы"

Романов В.И.,

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

Симонов К.М.,

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

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"

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

Литературные редакторы:

Лидия Рождественская,

Людмила Лаврентьева

Художественный редактор

Людмила Жемуранова

Дизайн и верстка

Александр Коваленко

Техническая поддержка

Александр Бобылев

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Валерия Амотника,

Александра Бажанова,

Льва Берне, Дмитрия Боева,

Александра Ефимова,

Людмилы Жемурановой,

Артура Саркисяна,

Александра Семенова,

Алексея Шерстеникова

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

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.

Научно-технический журнал зарегистрирован в Государственном Комитете РФ по печати
Пер. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано на фабрике офсетной печати
Москва, ул. Авиамоторная, 2
Тираж 5000 экз.
Цена свободная

СОДЕРЖАНИЕ

- 4** **Авиационные мотористы верят в будущее**
В. Чуйко
- 6** **Из века в век перелетая**
В. Михеев
- 8** **"СТАР" — звезда в небе, звезда на земле**
Ю. Дудкин, В. Бурдин
- 10** **Этот сложный, сложный, сложный диск**
Ю. Елисеев
- 14** **Сила в многообразии**
Наш собеседник В. Лесунов
- 18** **От делового контакта — к взаимовыгодному сотрудничеству**
Павел Жеманюк
- 20** **Интегральная технология: от философии к практике**
В. Толоконников
- 24** **Всесторонний анализ — минимальный износ**
Г. Абрамов, В. Хмелевская, А. Кузьмин, Р. Хамзин, И. Зайцев
- 27** **"Эга" сохраняет темп**
В. Зазулов
- 28** **Математическое моделирование — ключ к созданию двигателей**
В. Скибин, А. Крайко, Б. Блинник, И. Браилко, М. Иванов, В. Копченков, В. Макаров, А. Секундов, Ю. Темис
- 30** **Четырехтактники: классика поршневиков**
А. Гомберг
- 32** **Проскальзывание и надежность подшипников**
В. Аршинов
- 34** **Шум вокруг шума**
Р. Шипов
- 36** **Пилот остался на земле**
Г. Фридман
- 38** **В моторном отсеке... "Кондор"**
В. Подгаецкий
- 40** **Большое видится на расстоянии**
С. Петренко, А. Иванов
- 44** **Легко ли идти вперед?**
Л. Берне, В. Петров
- 47** **Съезд авиапромышленников России**
Л. Берне
- 48** **Сердце истребителя**
А. Николаев
- 51** **Часовые истории из Самары**
В. Зрелов
- 52** **Аккредитация — утром, деньги — вечером**
Е. Колготина
- 53** **Первый московский фестиваль воздушных змеев**
А. Ефимов, Е. Ефимова
- 54** **Зачем нам помнить ошибки**
Д. Соколовский
- 56** **Наши двигатели — гордость России**
А. Семенов



АВИАЦИОННЫЕ МОТОРИСТЫ ВЕРЯТ В БУДУЩЕЕ

Исторически сложилось так, что авиационная промышленность всегда была самодостаточна: все, что требовалось для создания летающей техники — вплоть до самых мельчайших деталей — делалось в ее рамках. Это гарантировало высокое качество и технический уровень производства, но вело к тому, что объединялось великое множество разнородных и, зачастую, технологически различных производств. Двигателестроение — одна из наиболее значимых и наукоемких составных частей авиапромышленного комплекса. С одной стороны, оно в наибольшей степени определяет технический и экономический уровень самолетов и вертолетов, а с другой, имеет равновеликие с самолетостроением про-



блемы, сложившиеся в последние годы.

Прогрессирующее падение объемов пассажирских и транспортных перевозок, а также дальнейшее сокращение оборонного заказа обусловило в 1998 г. снижение объемов продаж на основных моторных и агрегатных предприятиях на 11%. Только предприятия, имеющие значительную долю экспорта сохранили или даже несколько увеличили объемы продаж. Двигатель — наиболее напряженная и требующая постоянного контроля, а зачастую и замены часть летательного аппарата. По этой причине авиационное моторостроение выделяется во всей авиационной промышленности с точки зрения сбыта продукции тем, что если даже в стране столь резко падают закупки авиатехники, двигатели приобретают все равно: техника, которая уже имеется, должна летать, а для этого необходимо поддерживать ее в работоспособном состоянии, в частности — ремонтировать и заменять двигатели. Правда, лишь ремонтом и заменой в данном случае сбыт техники и ограничивается.

Для сохранения отрасли в последние годы ведутся интенсивные поиски нетрадиционных способов применения авиационных двигателей. Правда, форсирование программ создания стационарных газотурбинных установок, используемых для энергетики, транспортировки газа, судостроения, добычи нефти, пожаротушения и других прикладных задач, на что возлагались большие надежды, пока не дает значительного эффекта. Номенклатура предполагаемых для использования в качестве приводов ГТУ двигателей самая широкая, целый ряд разработок не завершен, а выпускаемые длительное время в производстве газотурбинные приводы не отвечают в полной мере современным требованиям. Стоит отметить, что долгое время бытовавшая идея о примене-

нии ГТД в качестве привода ГТУ "малой кровью", без серьезных изменений конструкции, видимо, была не в меру успокоительной

для разработчиков: требования к наземному и летающему двигателю все-таки разнятся в плане ресурса, ремонтпригодности, экологии. Так что, идея здоровая, но легкой жизни не обещающая. Кроме того, поскольку инфраструктура этого использования авиационных двигателей имеет свою особую специфику, но у нас в стране специально не развивалась, сервисное обслуживание поставленной техники пока желает быть лучшим.

На всех предприятиях авиационного двигателестроения традиционно выпускается большое количество технически сложных товаров массового спроса: мотоблоки, мотокультиваторы, снегоходы, промышленные поршневые двигатели, бытовая техника и др. Производства эти, которые всегда считались подсобными и работали как вспомогательные, сегодня во многом позволяют финансово поддержать коллективы. При отсутствии в России налоговой, таможенной и финансово-кредиторской политики защиты интересов собственного производителя — вопроса стабильного уверенного развития экономики предприятий выпуск товаров "непрофильной" направленности не решает.

Конечно же, не меньшее влияние на существование предприятия в рыночных условиях оказывает поведение самих производителей, сильные и слабые стороны их маркетинговой работы. Выживание производителя в условиях конкуренции неминуемо требует от него грамотного и четкого знания условий, в которых ему придется работать, сильных и слабых сторон товара, производимого им и конкурентами, максимально перспективного прогнозирования дальнейшей ситуации на рынке.

Всему этому необходимо учиться заново, поскольку при государственном распределении и планировании (к чему мы привыкли) — в таких знаниях и умениях особой нужды не было.

Отношение к работе меняется очень медленно. Об этом, прежде всего, свидетельствует отсутствие на большинстве предприятий четкой системы маркетинга, которая способствовала бы изучению результатов эксплуатации выпускаемой техники, систематической информации потребителей, в том числе потенциальных, о результатах эксплуатации этой техники и отсутствие предложений новых финансовых схем оплаты поставленной техники. Мощный потенциал, накопленный ранее в авиационном двигателестроении, следует использовать максимально полно. Только постоянная работа разработчиков авиадвигателей и научных работников совме-

стно с изготовителями и поставщиками по повышению надежности и ресурса позволяет обеспечить эксплуатационные характеристики экс-



планируемых двигателей на уровне, превышающем нормативные требования.

И наш и мировой опыт показывает, что реальных результатов по достижению поставленных задач в совершенствовании авиодвигателей можно достичь только в кооперации предприятий: научных, проектных, серийных. В последний год получен значительный прогресс в совершенствовании двигателя ПС-90А: надежность превысила нормативный уровень, эксплуатация двигателей ведется до 7000 ч без съема с крыла, намечено дальнейшее увеличение ресурса. Эти результаты получены благодаря реализации ряда мероприятий, разработанных при сертификации двигателя. Мы ждем новых успехов по двигателю ПС-90А и его модификациям на базе дальнейшей кооперации между ОАО "Авиадвигатель", ОАО "Пермский моторный завод" и фирмой Pratt-Whitney (США). Существенные успехи достигнуты при сертификации двигателя Д-436Т (ТП) благодаря эффективной кооперации ЗМКБ "Прогресс", ОАО "Мотор-Сич", ММПП "Салют" и ОАО "УМПО". В процессе разработки двигателя ТВ7-117 решены сложные технические, организационные и экономические вопросы. ОАО "Завод им.В.Я.Климова, ОАО "МПО им. В.В. Чернышева" и Омским моторным заводом почти в два раза повышены ресурсы этих двигателей. Глубокое научное обеспечение всех этих работ выполнено институтами- членами АССАД: ЦИАМ, ВИАМ, НИИД и ВИЛС.

Авиационные и космические Салоны, проходящие в мире, являются реперными точками серьезной маркетинговой работы. Для авиастроителей России и ближнего зарубежья, объединенных традиционными производственными связями Советского Союза, Международный авиакосмический салон в подмосковном Жуковском более важен по сравнению с традиционными Салонами в Париже, Фарнборо и Берлине, поскольку на нем происходит как бы "смотр сил" отечественных производителей. Здесь закладываются предпосылки для взаимовыгодной эффективной кооперации фирм в ожидаемом в ближайшие годы бурном росте экономики России и других стран СНГ, изучаются возможности использования крупных научных достижений российских предприятий в создании, производстве и сервисном обслуживании авиационной техники.

Правление и Генеральная дирекция Союза авиационного двигателестроения придают большое значение подготовке и участию в международных Салонах. АССАДу удалось в бурных преобразованиях последнего времени удержать в рабочем состоянии связи между предприятиями нашей промышленности и административными кругами наших стран. Обширная программа Союза будет реализована в рамках МАКС-99. По инициативе и под руководством Ассоциации в нее включаются встречи с производителями и заказчиками авиадвигателей, консультации с промышленниками и руко-

водством страны.

Совместно с ЦИАМ и всеми предприятиями отрасли завершена разработка энциклопедии отечественного двигателестроения. Сейчас издательство "Авиамир" уже завершает выпуск энциклопедии.

С 1990 г. по поручению Правительства России Генеральная дирекция АССАД организует традиционные международные выставки "Двигатели". Это особый салон, на котором демонстрируют свою продукцию не только авиаторы, но и все производители энергетических приводов. Дело в том, что практически все производители авиационных двигателей в нашей стране разрабатывают и производят двигатели для автомобильной промышленности, судостроения, ракетно-космической техники. При этом уровень разрабатываемой техники таков, что зачастую он намного опережает свое время. Журнал "Двигатель" уже упоминал самарские двигатели НК-33, разработки конца 60-х, которые нашли своего покупателя в наше время в Америке. По мнению руководства АССАД, наиболее интересна и полезна именно такая экспозиция, показывающая все грани работы специалистов отрасли. Особое значение это приобретает теперь, когда авиационная и космическая промышленность будут выступать под единым руководством. На МАКС-99 мы представим предложения по организации очередной выставки "Двигатели-2000" в Москве. Она пройдет на ВВЦ с 18 по 22 апреля 2000 года. Одновременно с выставкой и в ее рамках мы запланировали провести научно-технические симпозиумы "Двигатели и экология" и "История двигателей в XX веке". Двигателестроители России способны к развитию существующих и установлению новых кооперационных связей для взаимной выгоды. Мы уверены, что авиационное двигателестроение имеет хорошие перспективы в авиации и в промышленности.

Президент Союза авиационного двигателестроения, профессор, доктор технических наук
В.М. ЧУЙКО



DIGEST

АВИАЦИОННЫЕ МОТОРИСТЫ ВЕРЯТ В БУДУЩЕ

Continuos downturn in freight-passenger carriage as well as further cutting-down of military orders caused 11% drop in sales at aviation companies in 1998. Speeding-up the development of industrial GTUs used in power supply, gas piping, ship-building, oil recovery, fire-fighting, etc., has not given positive results yet. In absence of taxation, custom and funding-crediting policy in Russia the problem of a company stable profitability can't be solved.

Noticeable results in the engine-building could be achieved only by forming partnerships between research institutes, design bureaus and engine makers. As a result of close cooperation, last year a significant progress was gained in the PS-90A engine updating: its on-wing flight hours exceeded 7000. A success was achieved during the D-436T engine certification. Complex technical, organizational and economical problems related to the TV7-117 engine were successfully solved and its service life was doubled.

ASSAD in cooperation with CIAM and other aviation companies was succeeded in Encyclopedia of Russian Engine-Building. The "Aviamir" public house is under completion its publication.

Since 1990 the ASSAD's general directorate ordered by Russian government has been organizing such regular international exhibitions as "Engines". ASSAD's administration believes that the most interesting and useful is the exhibition showing the whole spectrum of works in aviation industry. This is especially important today when aviation and space industries are emerging under an unified governing body. We'll give at "MAKS" air show all our proposals relating to organization of the next year exhibition "Engine 2000". It will take place 18-22 April, 2000, at VVC (Russian Exhibition Center), Moscow. In line with this exhibition we are going to hold the following scientific symposiums "Engine and Ecology", "Engine History in the XX century". We hope that engine-building will have future as in aviation as in other branches of industry.

ИЗ ВЕКА В ВЕК ПЕРЕЛЕТАЯ



Валерий Михеев, ОАО "Авиадвигатель"

14 июля 1999 г. исполнилось 6 лет с начала эксплуатации турбовентиляторного двигателя ПС-90А. В тот день флагман российской авиации — дальнемагистральный лайнер Ил-96-300 ушел в свой первый рейс с пассажирами на борту. Этим же рейсом открылась новая для России трасса "Москва — Нью-Йорк". Для пассажиров впервые были созданы такие комфортные условия как уютный просторный салон, широкие кресла и... непривычная тишина. Необычность ситуации усиливалась тем, что в иллюминатор были видны четыре двигателя внушительных размеров. И самое главное — впервые вместо 15-часового изнурительного полета с двумя посадками беспосадочный 9-часовой.

Все эти блага неизбалованному комфортом российскому пассажиру обеспечила, как ни странно, не западная, а родная авиационная промышленность: самолет и двигатель нового поколения. О роли и значении ПС-90А можно говорить много, но самое главное то, что получив сертификат в 1992 г., он сдержал экспансию иностранной авиационной техники и позволил российским авиакомпаниям торговаться с мировыми лидерами самолетостроения — американской компанией Boeing и европейской Airbus Industrie, поскольку у России появились Ил-96-300 и Ту-204.

ЦЕНТРЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

| Страна | | Компания |
|----------------|--------|---|
| Великобритания | | Rolls-Royce |
| Россия | Пермь | "Авиадвигатель" (разработчик) "Пермские моторы"* (серийный завод) |
| | Самара | СНТК "Двигатели НК" (разработчик) "Моторостроитель" (серийный завод) |
| Украина | | ЗМКБ "Прогресс" (разработчик) "Мотор Сич" (серийный завод) |
| США** | | Pratt and Whitney (P&W) General Electric (GE) |
| Франция** | | SNECMA |

* — С 1977 г. — "Пермский моторный завод"

** — В 1974 г. GE и SNECMA совместно создали международный концерн CFM International

Сегодня ПС-90А используется пока только на десяти Ил-96-300 (в том числе на самолете Президента России Ил-96-300ПУ), восьми Ту-204, одном Ту-214 и одном Ил-76МФ. Запланирована его установка также на пассажирский Ту-234 и транспортный Ту-330. По экономическим причинам на самолетостроительных заводах и в авиакомпаниях находятся несколько Ил-96-300 и Ту-204, не оснащенных двигателями ПС-90А.

Еще в 1980 г. для больших пассажирских самолетов класса Ил-86 был разработан двигатель НК-86, однако он создавался в очень сжатые сроки, определенные руководством МАП, в результате чего быстро морально устарел, поскольку не отличался экономичностью. В ближайшее время новый двигатель такого класса у России, видимо, не появится, для этого сейчас нет экономических условий. Другой путь — закупка иностранной техники — экономике России не по силам: аналоги ПС-90А стоят в три раза дороже, хотя цена ПС-90А, имеющего пока не широкое серийное производство, а лишь штучное, тоже чрезвычайно высока для российских авиакомпаний. Серьезная система лизинга авиационной техники, о которой сказано уже много слов, до сих пор в нашей стране так и не создана. Вывод один: современная отечественная авиация неизбежно должна использовать ПС-90А и его модификации.

Пермский моторостроительный комплекс — один из крупнейших центров авиационного двигателестроения по разработке и производству двигателей большой тяги для гражданской, транспортной и военной авиации, каких в России имеется всего два, а в мире — семь.

Особенностью авиационного моторостроения России и Украины является разделенность разработчика и производителя, что не характерно для мировой практики. Произошло это еще в 1939 г., когда по решению Сталина конструкторские бюро были отделены от заводов для освобождения разработчиков от проблем серийного производства. Сегодня наблюдается тенденция к их объединению для большей устойчивости в условиях рынка. Тем не менее, пермское конструкторское бюро "Авиадвигатель" пока не входит в компанию "Пермские моторы", а является ее партнером.

О значении пермского центра моторостроения для отечественной авиации достаточно красноречиво говорят два факта. Первый — доля ТРД разработки ОАО "Авиадвигатель" в парке российской гражданской авиации составляет около 65 %. Второй — пермский ПС-90А является основным двигателем в российской гражданской авиации с начала 90-х гг. и на перспективу 15-20 лет.

Вполне естественно, что на 4-м Международном авиационно-космическом салоне "МАКС-99" присутствует пермский моторостроительный комплекс, в составе акционерных обществ "Авиадвигатель", "Пермский моторный завод", "Протон", "Редуктор", "Инкар" (производство карбюраторов и топливо-регулирующей аппаратуры для авиадвигателей) и "СТАР" (разработка САУ для авиационных двигателей). Кстати, Пермская область впервые представлена отдельным павильоном, в котором расположатся экспозиции 14 крупнейших предприятий Перми.

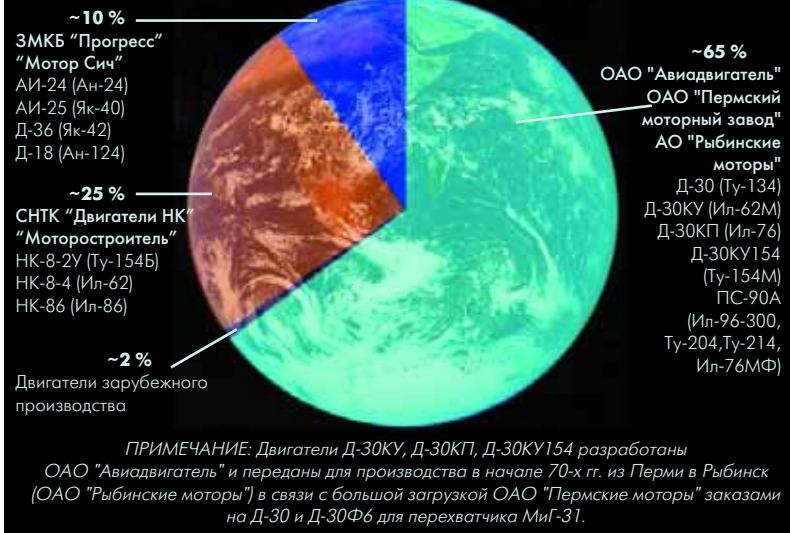
ОАО "Авиадвигатель" и ПМЗ представляют на "МАКС-99" в качестве выставочных экспонатов авиационный двигатель ПС-90А2 и газотурбинную установку ГТУ-25П. ОАО "Редуктор-ПМ" — два новейших редуктора ВР-29 для вертолета Ми-28 и Р-25 для газотурбинной установки ГТУ-2,5П, а также трансмиссию вертолета "Ансат".

Двигатель ПС-90А2 создается совместно ОАО "Авиадвигатель" и компанией Pratt & Whitney на основе существующего двигателя ПС-90А. Программа рассчитана на 2-3 года, включая получение сертификата МАК. Вклад Pratt & Whitney состоит в передаче некоторых технологий и "ноу-хау" по усовершенствованию базовой конструкции ПС-90А и вложения инвестиций в проект в объеме до \$60 млн.

ПС-90А2 будет отвечать всем требованиям современного мирового рынка. Так, наработка на выключение в полете увеличится в сравнении с ПС-90А с 30 до 100 тыс. ч. Средняя наработка на съем двигателя для ремонта составит 7500 ч (у ПС-90А она непрерывно росла от 700 ч в 1993-1994 гг. до 5500 ч в 1998 г. и продолжает увеличиваться. У лучших иностранных аналогов этот показатель надежности составляет 7000...14 000 ч). Стоимость обслуживания и ремонта нового двигателя сократится на 40 % по сравнению с базовой моделью.

ПС-90А2 позволит двухдвигательным самолетам иметь разрешение ETOPS на полеты, что не доступно пока Ту-204 с ПС-90А.

**СТРУКТУРА ПАРКА АВИАДВИГАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ
РОССИЙСКОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИЕЙ**



Замена части топливных агрегатов на пневматические повысит пожаробезопасность двигателя. Новый двигатель даст в эксплуатации существенную экономию масла и некоторую экономию топлива.

Pratt & Whitney уже вложила в пермские предприятия более \$23 млн, большая часть из которых пошла на реконструкцию ПМЗ и пополнение его оборотных средств. В частности, на деньги Pratt & Whitney проводится кардинальная реконструкция одного из цехов в корпусе 10 ПМЗ, который уже в конце 1999 г. начнет работу по американским технологиям, сокращающим производственный цикл почти вдвое.

В создании ПС-90А2 принимают участие кроме Pratt & Whitney и другие ведущие мировые фирмы Франции, Германии, Швеции, США. Использование их комплектующих изделий как раз и позволит повысить надежность. Двигатель будет изготавливаться в Перми, что обеспечит дополнительные рабочие места и уменьшит себестоимость его производства.

Предусмотрено развертывание производства всех иностранных комплектующих изделий в России на вновь образованных совместных предприятиях. Это позволит обезопасить проект на случай приостановки зарубежных поставок по каким-либо политическим соображениям.

Накануне "МАКС-99" генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" А.А. Иноземцев подчеркнул: "Двигатель ПС-90А2 мы рассматриваем как промежуточный шаг. Он позволит создать еще более мощные модификации за счет снижения теплонапряженности газогенератора. Это обычный путь развития двигателей в процессе эксплуатации в условиях современной экономики.

Мы все могли бы сделать без участия американцев, но это потребует большего времени. Во-первых, у нас нет денег, и, во-вторых, их инженерный опыт сократит время, которое мы затратили бы на проверку своих идей. Вместе с Pratt & Whitney мы сделаем двигатель за 2, максимум за 3 года, без них — за 5 лет. В Pratt & Whitney понимают: при нынешней экономике со своими двигателями на российский рынок им не попасть. Но, имея совместный двигатель, они получают возможность контролировать обстановку и решить главную задачу — опередить в России своих конкурентов из Rolls Royce и General

Electric. Да, Pratt & Whitney будет получать неплохой доход. Но, если при этом в Перми будут работать 20 тыс. человек и еще 150 тыс. на смежных предприятиях по всей России, и все предприятия будут платить зарплату и развиваться — что в этом плохого? Это не просто взаимовыгодный проект. При отсутствии необходимых инвестиций нашего государства в разработку новых двигателей, пермское КБ и завод получают практически единственный шанс двигаться вперед, а не только выживать. На салоне "МАКС-99" мы представим полноразмерный рабочий макет ПС-90А2, на котором уже будут установлены почти все основные изделия зарубежных партнеров, среди которых: электронный регулятор фирмы Hamilton Standart (США), бортовая система контроля состояния двигателя фирмы BGT (Германия), изделия фирмы AlliedSignal (США) и Deutch (Франция). Я думаю, внешний вид двигателя ПС-90А2 по окончании его разработки практически не будет отличаться от того, что посетители увидят на салоне "МАКС-99".

Что касается другого экспоната "Авиадвигателя" и ПМЗ — газотурбинной установки ГТУ-25П, то будет представлен ее полноразмерный рабочий макет, поскольку ее разработка не завершена. С появлением этой установки будет сделан крупный шаг вперед, так как в мире нет ГТУ с КПД 40%, а именно такой КПД мы рассчитываем получить на этой установке. Для уверенности в выполнимости такой задачи есть все основания. Наши ГТУ-12 и ГТУ-16, уже работающие на магистралях Газпрома, не имеют серьезных конкурентов в России, не уступают по своим характеристикам лучшим мировым образцам. С учетом цены, которая ниже мировой на подобную продукцию, эти установки представляют большой интерес для заказчика.

Недавно в результате проведенного тендера наши установки были выбраны Газпромом для оснащения компрессорных станций на газопроводе "Голубой поток" из России в Турцию. ГТУ-25П — это наш следующий шаг на рынок газотурбинной техники. Основой конструкции ГТУ-12, ГТУ-16 и ГТУ-25 послужил газогенератор двигателя ПС-90А. Таким образом, как и всякая удачная разработка, ПС-90А продолжает развиваться в своих модификациях. Ему суждена долгая жизнь и в небе и на земле."



DIGEST

On July 14, 1999 we celebrated 6th anniversary from putting into service of PS-90A turbopfan. That day the leader of Russian aviation — IL-96-300 long-range aircraft-powered by the PS-90A made its maiden flight with passengers on the board. It is possible to speak much about the role and importance of the PS-90A, but the fact of vital importance is that after completion of certification in 1992 the engine has become competitive. It made possible to compete with leading aircraft manufacturers — Boeing and Airbus Industries — as the IL-96-300 and the Tu-204 appeared on the Russian market. The PS-90A will be the leader in Russian civil aviation in the nearest 15-20 years. Nowadays the "Aviadvigatel" Co. in partnership with Pratt and Whitney is developing the PS-90A new version dubbed as PS90A2 meeting all requirements of the world market. The program will take 2 or 3 years, including IAC certification. Just before "MAKS-99" Air Show A.A. Inozemtsev, Aviadvigatel's General Designer, emphasized that the PS-90A2 was considered as just a step in the engine modifications. It will help to make more powerful versions. "Aviadvigatel" and "Perm Motors" at "MAKS-99" will show a working full-scale model of GTU-25P gas turbine unit. Its distinctive feature is 40% efficiency that has never been reached in the world.

FLYING FROM ONE CENTURY TO ANOTHER

"СТАР" — ЗВЕЗДА В НЕБЕ, ЗВЕЗДА НА ЗЕМЛЕ

Юрий Дудкин, генеральный директор, главный конструктор ОАО "СТАР", Заслуженный машиностроитель РФ
Валерий Бурдин, заместитель генерального директора ОАО "СТАР", к.т.н.

ОАО "СТАР", имеющее большой опыт по системам управления авиационными двигателями, с 1992 г. ведет также работы по САУ наземных газотурбинных установок. Первые образцы таких систем, в частности, для передвижных электростанций "Тюмень-



Блок управления двигателем (БУД-96) в составе блок-бокса МСКУ-4510 (системы управления газоперекачивающей установкой)

трансагаз", были разработаны с применением аппаратуры авиационного назначения, затем проводились ОКР в направлении создания аппаратуры, ориентированной на наземные газотурбинные установки (ГТУ) с поиском наилучших вариантов как в части элементной базы и конструктивного исполнения, так и оптимального распределения функции между САУ ГТУ и системами верхнего уровня. При этом ОАО "СТАР" стремится сочетать свой богатый опыт в области особенностей управления газотурбинными двигателями (ГТД) с построением промышленных систем на базе функциональных модулей.

ОАО "СТАР" выполняет работы по двум направлениям наземного применения.

САУ ГТУ газоперекачивающих агрегатов

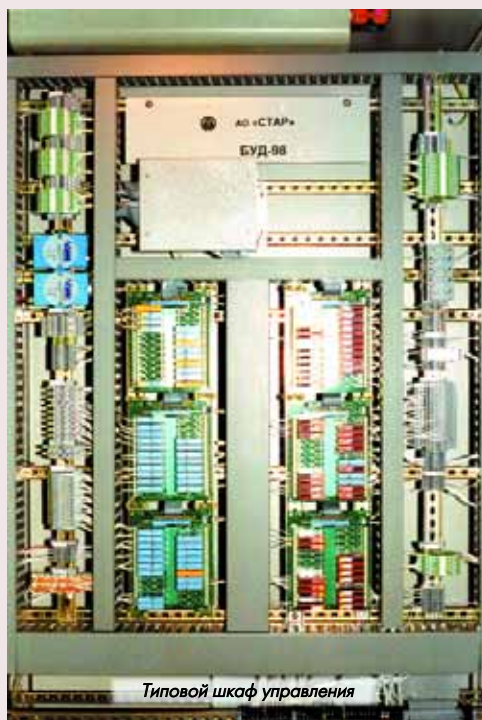
Созданные ОАО "СТАР" САУ ГТУ для газоперекачивающих агрегатов эксплуатируются на предприятиях управлений "Пермь-трансгаз", "Мострансгаз" и "Самаратрансгаз". В состав газоперекачивающего агрегата (ГПА) в качестве приводной газовой турбины нагнетателя входит газотурбинный двигатель ПС-90ГП. Основными функциями блоков управления, разработанных на предприятии, являются управление, диагностика и защита газотурбинной установки на базе двигателя ПС-90ГП. Блоки управления ГТУ типа БУД-96 устанавливаются в блок-боксах микропроцессорных систем управления ГПА и взаимодействуют с последними по каналам информационного обмена, а также (для аварийного останова) по физической линии связи.

Система управления ГПА по отношению к САУ ГТУ является системой верхнего уровня, обеспечивая выдачу управляющих команд на изменение режима работы ГТУ при изменении режима работы ГПА.

БУД-96 и САУ ГПА выполнены на единой элементной базе, программно совместимой с распространенными персональными компьютерами, что позволяет значительно сократить время на разработку программного обеспечения и сделать его гибким для настройки под конкретные особенности той или иной газоперекачивающей установки.

БУД-96 выполняет все функции автоматического управления газотурбинным приводом ГПА: холодную прокрутку и запуск ГТУ, изменение частоты вращения силовой турбины по командам из САУ ГПА, стабилизацию указанной частоты вращения, ограничение регулируемых параметров ГТУ, формирование предупредительных сигналов в САУ ГПА, аварийный останов ГТУ по превышению предельных параметров, останов ГТУ по командам оператора и системы верхнего уровня. БУД-96 имеет также встроенную систему самоконтроля, контроля датчиков и исполнительных механизмов, при наличии отказов выполняет подключение резервных алгоритмов, а при невозможности продолжения работы при данном отказе — аварийный останов.

Блок защиты двигателя (БЗД)



Типовой шкаф управления

Программное обеспечение БУД-96 — в виду опасности его несанкционированного изменения — закрытое: с пульта управления имеется лишь возможность задания эксплуатационных регулировок. Перезапись программных версий выполняется с эксплуатационного программатора, в качестве которого используется инженерный пульт, который подключается к дополнительному каналу информационного обмена БУД-96.

Помимо БУД-96 в САУ ГТУ входят блок защиты двигателя БЗД-96, дозатор газа ДГ-90ГП1М и отсечной газовый клапан.

Автономный блок защиты двигателя БЗД-96 обеспечивает функции аварийного останова по предельной частоте вращения силовой турбины и газогенератора.

Дозатор газа ДГ-90ГП1М имеет ряд преимуществ по сравнению с дозаторами других систем. Дозирующая игла имеет профиль сопла Лавала, что обеспечивает сверхкритическое истечение

топливного газа. Благодаря этому обеспечиваются требуемые расходы при малых перепадах давления. Имеется однозначная зависимость расхода топливного газа от положения дозирующей иглы, которая легко корректируется пропорционально давлению топливного газа перед дозатором. Перемещение дозирующей иглы осуществляется с помощью шагового электродвигателя. При отсутствии команд от БУД-96 шаговый электродвигатель удерживает дозирующую иглу от самопроизвольного ухода. Благодаря тому, что изменение положения дозирующей иглы строго соответствует числу шагов электродвигателя на режимах стабилизации частоты вращения, имеется возможность не использовать сигналы по положению дозатора (как в других блоках управления), что делает систему менее критичной к отказам и нестабильности указанных сигналов.

САУ ГТУ электростанций и энергоблоков

В этой области ОАО "СТАР" обеспечивает разработку и производство САУ одноблочных электростанций или энергоблоков, включая управление электротехническими подсистемами генераторов и высоковольтным распределительным устройством, поставляемым другими организациями, а также управление вспомогательными системами, диагностику ГТУ и маслосистемы, теплоконтроль и виброконтроль генератора.



Дозатор газа (ДГ-90ГП1М)

дверью. Степень защиты — Р54 без охлаждения.

Блок управления САУ ГТУ для энергоустановок (БУД-98) — унифицированный, с процессором 5066 фирмы Octagon. Общее количество входных и выходных типовых сигналов — до 370, имеются и специализированные входные сигналы: от датчиков частоты вращения — до 4, от ДБСКТ — до 3, есть два канала информационного обмена (RS232/485/422 или иные по требованию заказчика). В шкаф дополнительно встроена автономная система защиты ГТУ от раскрутки и перегрева. Имеется возможность размещения в нем дополнительных подсистем заказчика.

Унифицированность блока БУД-98 еще и в том, что он может быть применен для любого типа ГТД, как энергетического (с силовой турбиной или одновального), так и иного наземного назначения, с воздушными или электрическими (в том числе тиристорными) стартерами, с электрическими или пневматическими приводами элементов механизации компрессора. Конкретная версия программного обеспечения вводится в энергонезависимую память БУД-98 с программатора по каналу информационного обмена.

Специфика блока БУД-98 заключается в наличии некоторых

дополнительных функций, необходимых для управления энергетическими ГТУ. На режимах параллельной работы генератора в системе с другими генераторами автоматически обеспечивается



Система управления энергоустановкой ГТУ-2,5 мощностью 2,5 МВт производства ОАО "Рыбинские моторы"

распределение нагрузки между ними за счет введения статизма регулирования частоты вращения. На режимах параллельной работы генератора с мощной энергосистемой (когда частота постоянна и определяется энергосистемой) обеспечивается переход с регулирования частоты вращения на регулирование активной мощности генератора.

В комплект системы входит пульт управления на базе ПЭВМ, на экране монитора которой отображаются мнемосхемы ГТУ, генератора и подсистем с кнопками управления и значениями параметров. Пульт управления позволяет отображать текущую или зарегистрированную информацию в цифровом или графическом виде, выдает сообщения и ведет журнал событий. С пульта управления производятся также запись в энергонезависимую память значений эксплуатационных регулировок.



Мнемосхема пульта управления САУ ГТУ-2,5

Частота управления шаговым электродвигателем увеличена до 2000 Гц, что позволяет обеспечивать необходимое быстрое действие при набросах и сбросах нагрузки генератора.

Первый образец новой модифицированной САУ для энергетических ГТУ успешно испытан на стенде ОАО "Рыбинские моторы" на режимах автономной работы ГТУ-2,5 (на базе двигателя Д-049) и при ее работе в составе энергосистемы "Ярэнерго".

**614600, ГСП, Россия, г. Пермь,
ул. Куйбышева, 140а.
Тел.: (3422) 49-68-29, 49-32-93.
Факс: (3422) 45-22-57.**

DIGEST

The "Star" company having profound knowledge and experience in the engine control systems also develops automatic control systems (ACS) of industrial gas turbine units. The first examples of these systems (among them are mobile power installations) were developed on the base of aviation ACS. Later, research and development works were conducted aiming at systems for ground GTUs and investigations were performed in searching the best versions of components and their structure as well as optimal distribution of functions between GTU's ACS and upper level systems. In doing so, the "Star" is striving to combine its experience in GTE's control systems with designing of industrial systems on the basis of functional modules. The "Star" performs works in two main directions: ACS for gas pumping units and ACS for electric power stations and power units.

"STAR" — A START BOTH IN THE SKY AND ON EARTH.

ЭТОТ СЛОЖНЫЙ, СЛОЖНЫЙ, СЛОЖНЫЙ ДИСК



Юрий Елисеев,

генеральный директор ММПП "Салют", к.т.н.

Диски газовых турбин относятся к особо ответственным деталям авиационных двигателей, так как их разрушение имеет, как правило, опасные последствия. Поэтому к изготовлению дисков предъявляются повышенные требования. Кроме того, специфика технологических процессов при изготовлении дисков турбин ТД настолько своеобразна, что аналогий по сложности и трудоемкости в других областях техники (и даже в изготовлении иных элементов двигателя) практически не существует. Что же касается дисков роторов турбин высокого давления, то они являются наиболее массивными и трудоемкими деталями двигателей.

Диски турбин являются наиболее напряженными элементами ГТД. Кроме высоких механических напряжений, характерных для всех вращающихся деталей двигателя данного типа, диски турбин вынуждены переносить гигантские температурные напряжения: перепад температур может превышать 1500 К на диаметре диска. В процессе эксплуатации возможны тепловые удары при изменении режима работы, знакопеременные механические напряжения, высокий уровень вибрации.

Сложность конструкции дисков и лопаток турбин является одной из причин высоких трудозатрат при изготовлении двигателей. Сегодня на обработку одного турбинного диска в среднем тратится 45,3 нормочаса. Несмотря на постоянное совершенствование технологии, изготовление элементов турбины все еще в максимальной степени влияет на стоимость и сроки производства ГТД.

В настоящее время для изготовления дисков турбин применяются:

— деформируемые жаропрочные сплавы — ЭП698ВД, ЭП7424Д, ЭП975ВД, ЭП912ВД, ЭК79, ЭК151;

— порошковые сплавы, полученные методом гранульной технологии — ЭП741П, ЭП741НП, ЭП962П, ЭП975П.

Наиболее трудоемкими процессами при изготовлении дисков турбин являются точение, протягивание, слесарная и доводочная обработки.

Точение

Точение является одним из самых распространенных технологических процессов, на который приходится до 30 % механической обработки дисков турбины. Несмотря на то, что это — один из старейших и наиболее освоенных технологических процессов, он всегда вызывает определенные трудности. Применяемые в двигателестроении жаропрочные сплавы обрабатываются при точении в 20...50 раз хуже конструкционной стали Ст 45.

Геометрия обрабатываемых деталей также добавляет технологам немало хлопот. Профиль дисков турбин весьма сложен, в нем множество различных труднодоступных для обработки поверхностей: карманов, уступов, выточек, лабиринтных уплотнений. Число межоперационных переходов при токарной обработке каждого диска турбины может достигать 70! Сложную форму полотна диска необходимо весьма точно выдерживать несмотря на то, что его толщина может быть менее 3 мм. По этой причине, для уменьшения геометрических погрешностей тонкостенного полотна дисков, применяется одновременное двухстороннее точение.

В результате работ, проводимых заводами совместно с НИИД и другими научно-исследовательскими институтами отрасли, были установлены режимы резания, материалы и геометрия инструмента и смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), применяемые при точении дисков турбин.

Установлена целесообразность применения инструмента, изготовленного из твердого сплава вольфрамокобальтовой группы

с механическим креплением сменных неперетачиваемых пластин. До настоящего времени одним из основных инструментальных материалов являлся твердый сплав ВК8. Однако с появлением новых жаропрочных сплавов с повышенными физико-механическими характеристиками потребовалось и создание твердых сплавов с более высокими прочностными показателями, износостойкостью и теплостойкостью. Были разработаны новые композиции твердых сплавов: мелкозернистые, особо мелкозернистые, легированные хромом, рением, позволившие увеличить период стойкости инструмента в 2,5 раза по сравнению с ВК8. В настоящее время операции получистового и чистового точения целесообразно производить инструментом, изготовленным из твердых сплавов марок ВК60М, ВК100М, ВК10ХОМ, ВРК15. На операциях чернового точения одним из основных инструментальных материалов по-прежнему остается твердый сплав ВК8. Можно также рекомендовать сплавы ВРК15 и ВК10ХОМ.

Для инструмента с периодом стойкости 30 мин при обработке с охлаждением средние значения подач при черновом точении должны находиться в пределах 0,2...0,6 мм/об при глубине резания 3...5 мм, а при чистовом точении 0,07...0,2 мм/об при глубине резания 0,5...2 мм. Применение на операциях точения эффективных химически активных СОЖ, например водорастворимых эмульсий "Аквол-6" и "Украинол-1М" или стандартной эмульсии ЭТ-2, повышает стойкость инструментов в 1,3...1,6 раза.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЖ

| Исследуемые СОЖ | Стойкость резцов, мин (при износе по задней поверхности реза h_z до 0,6 мм) | | |
|-----------------|--|--------------|--------------|
| | V = 10 м/мин | V = 20 м/мин | V = 30 м/мин |
| ЭТ-2 | 20,0 | 16,0 | 8,0 |
| "Украинол-1М" | 26,0 | 18,0 | 10,0 |
| "Аквол-6" | 33,0 | 20,0 | 13,0 |

Одним из перспективных направлений резкого повышения производительности точения дисков турбин и качества обработанной поверхности является расширение области внедрения высокоскоростного резания трудно обрабатываемых материалов инструментом, изготовленным из кубического нитрида бора (типа "Киборит"), применение которого позволяет повысить скорость резания до 300...400 м/мин. В США, Японии, Германии разработаны крупные долгосрочные программы по высокоскоростным методам обработки с одновременным внедрением специализированного оборудования с частотой вращения шпинделя от 20 до 100 тыс. об/мин для обеспечения необходимых скоростей резания. Процесс высокоскоростной обработки (ВСО) был разработан в нашей стране специалистами НИИД при сотрудничестве с институтами Российской, Украинской и Белорусской академий наук и апробирован на моторостроительных заводах авиационной промышленности.

Для реализации процесса ВСО в промышленности разработана Концепция создания новых инструментальных материалов. Освоен выпуск режущих пластин из кубического нитрида бора,

по своим режущим свойствам превосходящих зарубежные аналоги. Процесс ВСО, разработанный в рамках этой Концепции, превосходит достигнутый мировой уровень по производительности труда и снижению себестоимости обработки. Внедрение ВСО на ряде моторостроительных заводов отрасли позволило одновременно снизить трудоемкость в 5...20 раз и повысить качество изделий. На процесс ВСО жаропрочных сплавов был получен патент РФ, которому присужден диплом III степени на международной выставке "Эврика-93" в Брюсселе.

Протягивание

Протягивание сложнофасонных пазов в дисках турбин до настоящего времени является практически единственным видом механической обработки многолезвийным инструментом, который широко применяется как в отечественной, так и зарубежной практике. Трудозатраты этого процесса при изготовлении дисков турбин ПТД примерно такие же, как при точении.

Несмотря на низкий уровень скоростей резания при протягивании, этот вид обработки является достаточно производительным, так как сочетает одновременно предварительную и окончательную обработку. Протягивание осуществляется, как правило, комплектом протяжек, число которых (до 40 наименований) зависит от геометрических размеров паза. На предприятии отработывается технология, позволяющая значительно сократить количество протяжек при формировании профилей пазов дисков газовых турбин.

В связи с тем что процесс протягивания относится к окончательным видам обработки, очень важно обеспечить высокое качество поверхностного слоя пазов замков лопаток. Основное влияние на формирование качества поверхностного слоя, шероховатость обработанной поверхности, остаточные технологические напряжения, глубину пластически деформированного слоя оказывают режимы резания, геометрические параметры режущих зубьев протяжек, условия стружкообразования и физико-механические свойства самого обрабатываемого материала, а также смазочно-охлаждающая жидкость. К пазам елочного профиля (а именно они применяются на турбинных дисках) предъявляются высокие требования как по шероховатости R_z обработанной поверхности, которая должна находиться в пределах 2,5...0,63, так и по точности изготовления, которая по отдельным элементам соответствует 1-му классу.

НИИДом совместно с моторостроительными заводами отрасли, в том числе и с ММП "Салют", было проведено большое число экспериментальных исследований по выявлению закономерностей формирования качественных характеристик поверхностного слоя. В результате исследований было установлено, что требуемую шероховатость обработанной поверхности при протягивании пазов в дисках турбин из жаропрочных сплавов можно получить либо на низких скоростях резания, либо на высоких, так как зависимость шероховатости обработанной поверхности от скорости резания имеет периодический характер. По этой причине протягивание с учетом скоростных возможностей протяжных станков обычно осуществляется в достаточно узком диапазоне скоростей резания (1...3 м/мин).

Исследования микроструктуры поверхностного слоя рабочих поверхностей пазов и донышка елочного паза показали наличие пластически деформированного слоя. Данные, полученные при исследовании пазов в дисках из различных жаропрочных сплавов после протягивания, показывают, что степень деформации поверхностного слоя пазов колеблется от 13 до 30 % в зависимости от материала диска и условий его обработки.

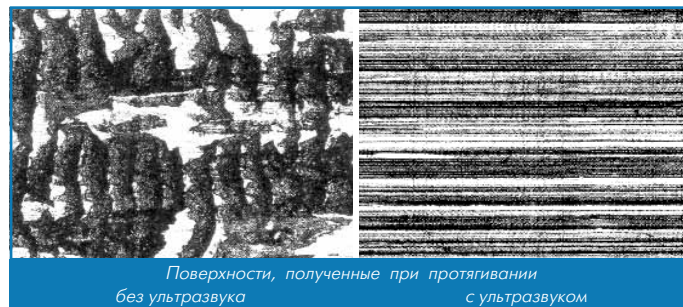
Применение жаропрочных сплавов ВЖ122, ЭК79, ЭК151, ЭП775ВД, ЭП962ВД, ЭП741НП, ЭП962П с повышенными физико-механическими характеристиками потребовало проведения комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по интенсификации процесса протягивания пазов елочного профиля, обеспечению повышения стойкости протяжек и качества поверхностного слоя. В результате исследований было установле-

но, что для протягивания пазов в одном диске из перечисленных выше жаропрочных сплавов до установленного критерия износа окончательных протяжек $h_z < 0,15$ мм необходимо применять протяжки из порошковых быстрорежущих сталей Р12Ф2К5М3-МП, Р12Ф2К8М3-МП или протяжки с пластинками из твердых сплавов ВК8, ВК8-ОМ, ВК8-ХОМ. Последние позволяют увеличить скорость резания до 6...8 м/мин, а стойкость протяжек позволяет обрабатывать до 3-5 дисков без переточки протяжек.

Перспективная работа была проведена НИИД совместно с заводами отрасли по изучению процесса протягивания пазов в дисках с использованием в зоне резания ультразвуковых колебаний. Целью работы было повышение качества поверхностного слоя при протягивании пазов типа "ласточкин хвост" в дисках компрессора первоначально из титановых и жаропрочных сталей, а в дальнейшем из жаропрочных сплавов типа ЭК79. Исследования велись с применением акустической системы, включающей в себя ультразвуковой генератор УЗГЗ-4, магнитострикционный преобразователь ПМС15А18, ультразвуковой волновод, акустический контакт, опорные базовые поверхности протяжки, которые располагаются в узлах колебаний, и протяжку как элемент акустической системы.

Акустическая система устанавливается вместе с протяжкой на стандартную кассету, которая используется для установки и закрепления протяжек при протягивании пазов в дисках турбин и компрессора практически на всех моторостроительных заводах отрасли. Протяжка как режущий элемент конструктивно не претерпевает больших изменений, добавляются только элементы акустической системы: акустический контакт, отражатель, базовые опорные поверхности, расположенные в узлах колебаний, и режущие зубья в пучностях колебаний (система работает в режиме стоячих волн).

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено значительное улучшение качества обработанной поверхности. Так, при протягивании пазов в дисках из жаропрочных сталей и сплавов, особенно вязких, шероховатость R_a обработанной поверхности составляла 0,25...0,3 (предельная шероховатость) в направлении протягивания. Поперечная шероховатость R_a оставалась 0,5...0,8, что значительно лучше, чем при



протягиванию без ультразвука.

При этом не только улучшается шероховатость обработанной поверхности, но и уменьшаются более чем в 2 раза наклеп и глубина его залегания. Остаточные напряжения имеют сжимающий характер, а их максимальная величина также уменьшается более чем вдвое.

Изучение качества поверхностного слоя позволило установить преобладающее влияние ультразвукового поля на формирование обработанной поверхности во всем исследуемом диапазоне скоростей резания: от 1 до 12 м/мин (скоростной диапазон протяжных станков). Объясняется это прежде всего воздействием ультразвукового поля на адгезионно-диффузионные процессы, которые резко затормаживаются, в результате чего уменьшается в 3...5 раз коэффициент трения, и, как следствие, уменьшаются не менее чем на 50 % усилия резания. Кроме того, при протягивании с ультразвуком изменяется также характер стружкообразования. Стружка имеет меньший размер, лучше завивается в валик, но главное заключается в том, что она свободно сходит из стружкозавивающих канавок, и протяжка автоматически очищается от стружки, что позволяет решить один из актуальных вопросов при

протягивании. Таким образом, внедрение процесса протягивания с введением в зону резания ультразвуковых колебаний позволит существенно повысить качество обработанной поверхности и производительность протягивания.

С целью повышения эффективности протягивания дисков большой размерности часто применяют предварительную обработку пазов, что значительно снижает количество проходов и сокращает затраты и время на подготовку производства.

На ММПП "Салют" разработана конструкция модернизированного протяжного станка СПС-40 для протягивания крупногабаритных дисков энергетических турбин диаметром до 1200 мм,



Модernизированный протяжный станок СПС-40 для протягивания диска турбины энергетической установки ГТЭ-60

Финишные методы обработки

что позволяет использовать имеющееся оборудование.

Трудоемкость финишных методов обработки дисков турбин, включая операции зачистки заусенцев, уменьшения шероховатости поверхности и округления кромок в пазах дисков, занимает значительную часть общей трудоемкости изготовления. С целью механизации ручных работ на ММПП "Салют" используется достаточно широкий спектр технических средств: очистка детали вращающимися щетками, обработка в псевдокипящем слое, дробеструйная и электрохимическая обработки.

Обработка дисков турбин в псевдокипящем слое абразива производится на установке, разработанной и изготовленной на предприятии. Установка предназначена для снятия заусенцев в пазах диска и уменьшения шероховатости обработанных поверхностей. Сущность процесса заключается во взаимодействии абразивных частиц с обрабатываемой поверхностью детали. Струя сжатого воздуха образует в камере, в которой размещены деталь и абразивный материал, "кипящий" слой абразива. Кинетическая энергия каждой частицы абразива преобразуется в работу резания — от обрабатываемой поверхности отделяется небольшая стружка. Микронагрев, вызываемый ее отделени-

ем, устраняется потоком воздуха. Действие режущих кромок абразива непродолжительно и носит импульсный характер. В результате такой обработки образуются матовые поверхности без направленных рисок. Выбор размера частиц абразива зависит от шероховатости поверхности. Если размеры частиц слишком малы по сравнению с шероховатостью, то обработке подвергнутся не только вершины гребешков, но и впадины. Если размеры частиц слишком велики, то они не могут проникнуть во впадины и будут сглаживать только острые вершины гребешков.

На выносливость деталей в условиях воздействия вибрационных и циклических напряжений существенно влияют микронеровности, упрочнение поверхностного слоя и остаточные напряжения. Оптимальным способом обработки поверхности в большинстве случаев был бы такой, при котором в поверхностном слое создавались бы напряжения сжатия, а шероховатость поверхности имела минимальные значения. Таким способом является поверхностная обработка пластическим деформированием в холодном состоянии. На ММПП "Салют" используется метод сухой дробеструйной обработки. Сущность процесса заключается в том, что при соударении рабочего тела (микрошариков) с поверхностью обрабатываемой детали происходит поверхностная пластическая деформация в зоне контакта микрошарика и поверхности детали (т.е. происходят наклеп и упрочнение поверхностного слоя детали). В результате повышается усталостная прочность, ликвидируются растягивающие напряжения, возникающие при механической обработке, и образуются сжимающие напряжения в поверхностном слое детали.

Преимуществами упрочнения сухой дробью являются: простота конструкции установки; использование концентрированного потока дробы, позволяющего обрабатывать труднодоступные участки деталей; возможность получения высоких скоростей полета дробы; простота обращения с рабочим телом (дробью).

К недостаткам этого метода следует отнести жесткий удар дробинки о деталь при значительных скоростях полета, вызывающий высокие локальные температуры; остаточные напряжения сжатия, имеющие максимальное значение в приповерхностном слое; нестабильность режима упрочнения из-за большого допуска на диаметр дробы (около 1/3 диаметра дробинки); ускоренное изнашивание дробы вследствие сухого трения, снижающее стабильность процесса.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОБЕСТРУЙНОЙ УСТАНОВКИ

| | |
|---|--------|
| Масса микрошариков в бункере, кг | 30 |
| Скорость истечения струи воздуха, м/с | до 70 |
| Частота вращения обрабатываемой детали, об/мин | 5...10 |
| Частота вращения ротора дробемета, об/мин | 3600 |
| Размер зоны эффективного наклепа (при расстоянии от среза сопла до детали 150 мм), мм | 50 |
| Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм | 550 |

Технология обработки дисков турбин, применяемая на московском заводе "Салют", проверена многолетней практикой. Она экономична, обеспечивает заданные параметры с высокой точностью и позволяет легко перенастраивать оборудование с одной детали на другую. По этой причине целесообразно рекомендовать для широкого применения описанные здесь методы как на моторостроительных заводах, так и на предприятиях общего машиностроения.

DIGEST

SUPER COMPLICATED DISC

The turbine disk is one of the mostly stressed component of GTE. An analogy considering complexity and labor input in other engineering areas (and even in any other engine component manufacturing) can hardly be found. Machining technology of turbine disks at "Salute" Moscow plant has been proved and checked by many-years experience. The most labor-consuming processes of the turbine disk manufacturing are precision turning, pulling, tool-maker' works and finishing treatment.

— Turning is one of the most widespread technological process accounting for 30% of disk machining. As a result of "Salute", NIID (Scientific-Research Institute of Engines) and other research institutes joint works, optimal cutting conditions, materials and geometry of tools, and lubricant-coolants used in the disk turning were found and a high-speed machining method was developed.

— Pulling of intricate grooves in turbine disks is practically the only example of machining by a multipoint cutting tool. Studies of ultrasonic vibrations in the cutting area were performed to increase quality of the surface layer during pulling of dovetailed grooves.

— The finishing methods include deburring, decreasing surface roughness and smoothing sharp edges in disk grooves. Plastic cold-state deformation develops compression stresses but roughness becomes minimal.

4 августа 1999 г. исполняется сто лет со дня рождения крупного ученого-теплотехника, в течение 53 лет создававшего школу российских инженеров и ученых-газотурбинистов. В 1924 г. В.В. Уваров блестяще окончил Московское высшее техническое училище им. Баумана и был назначен преподавателем на кафедре паровых турбин. С тех пор и до конца своих дней В.В. Уваров не прекращал преподавательской деятельности в МВТУ, принимая активное участие в подготовке новых поколений специалистов высшей квалификации. Свое же образование он существенно углубил, окончив МГУ в 1930 г.

В 1925 г. В.В. Уваров начал проводить исследования по газовым турбинам под руководством профессора Н.Р. Бриллинга, а в 1930 г. возглавил лабораторию № 1 Всесоюзного теплотехнического института им. Ф.Э. Дзержинского, которая занималась разработкой и исследованием экспериментальных авиационных газовых турбин. Спустя четыре года в ВТИ была создана и прошла длительные испытания первая отечественная высокотемпературная газотурбинная установка ГТУ-1, ставшая прообразом будущих турбовинтовых двигателей. Установка состояла из одноступенчатого центробежного компрессора, кольцевой камеры сгорания и одноступенчатой газовой турбины. Диск турбины, ее лопатки и корпус установки имели водяное охлаждение.



В 1941 году, когда вражеские части рвались к нашей столице и были эвакуированы на восток многие московские предприятия, уезжал и ЦИАМ — Центральный Институт Авиационного Моторостроения. Наиболее полную в мире коллекцию отечественных и зарубежных поршневых авиамоторов, собранную к тому времени в этом институте, с собой решили не забирать. Двигатели законсервировали, упаковали и зарыли здесь же, в Лефортово, на территории института.

По приезду из эвакуации было не до раскопок, а после - авиация весьма резко перешла на газотурбинную тематику. Так и остались "поршневики" в качестве забытого клада. Хотели выкопать их как металлолом, да по счастью — руки не дошли. Со временем, закопанные в научном институте авиамоторы первой половины века преврати-



лись в местную легенду, а документы на них списались в архив и там канули в Лету. Сейчас уже никого нет в ЦИАМ из тех, кто имел непосредственное отношение к этому событию, а кто что-то и слышал, расходятся в точной оценке его места.

Еще осенью 1997 г., используя мемуары старейших сотрудников Института, а также технику и помощь Спеццентра МЧС, удалось определенно оконтурить места нахождения "таинственного клада", но... все ушло под снег. Дожливое лето 1998 г. не благоприятствовало раскопкам. Наконец, в середине 1999-го, перед самым МАКС'99, начаты работы. Только после их окончания можно будет как-то определенно говорить, дошло ли до нас послание из 40-х гг.

Дмитрий Боев, начальник сектора ОНТИ ЦИАМ



К 30-летию первого полета (21.02.69 г.) советской сверхтяжелой ракеты Н1 в Самаре отчеканена памятная юбилейная медаль (автор В. Агафонов). В канун Дня космонавтики за большой вклад в создание изделий ракетно-космической техники ею в торжественной обстановке награждены многие работники — ветераны РКК "Энергия" им. академика С.П. Королева и СЧТК им. Н.Д. Кузнецова, принимавшие активное творческое участие в создании лунного пилотируемого комплекса "Н1-Л3".

Вместе с тем награждение продолжается. Предполагается в течение года наградить этой медалью большое количество отличившихся инженеров, конструкторов, технологов, испытателей и ученых, внесших достойный трудовой вклад в разработку и создание ракеты-носителя Н1.

Александр Иванов, ведущий конструктор ОАО "СЧТК им. Н.Д. Кузнецова"



В 1934 г. в издательстве Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н.Е. Жуковского была опубликована опередившая время монография В.В. Уварова "Газовые турбины". Она сыграла огромную роль при подготовке первых поколений конструкторов и инженеров, которые создавали, испытывали и эксплуатировали газотурбинные двигатели.

В 1940 г. коллектив лаборатории № 1 ВТИ, накопивший опыт при проектировании первого экспериментального авиационного газотурбинного двигателя ГТУ-3, был переведен в ЦИАМ. Здесь в 1943-1946 гг. под руководством Уварова был создан и испытан летный образец экспериментального двигателя Э-3080, развивавшего мощность на валу 625 л.с. и создававшего дополнительную тягу 160 кгс. В первый послевоенный год Уварову было присвоено звание доктора технических наук. В 1946 г. он был назначен ответственным руководителем и главным конструктором завода № 41 минвиапрома. С 1949 г. профессор Уваров организовал и возглавил кафедру газовых турбин в МВТУ, которой руководил до конца своих дней. В 1958 г. в МВТУ при его непосредственном участии организована "Проблемная лаборатория". В.В. Уваров является одним из создателей первых образцов газотурбовозов, изготовленных Коломенским локомотивным заводом. Заслуги великого патриота своей Родины — Владимира Васильевича Уварова — отмечены званием Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, орденами Ленина и Трудового Красного Знамени.

Александр Романов, сотрудник ЦИАМ





СИЛА В МНОГООБРАЗИИ

Уфимское моторостроительное производственное объединение, ставшее в 1993 г. акционерным обществом, включает в свой состав авиационное производство, Уфимский завод автомобильных моторов, Уфимский инструментальный завод и Башкирский машиностроительный завод. ОАО "УМПО" - крупнейшее предприятие России - с 1998 г. возглавляет генеральный директор Валерий Павлович Лесунов. Редакция журнала "Двигатель" обратилась к нему с некоторыми вопросами о состоянии предприятия и перспективах его развития.

Д: Бывший завод № 26 МАП, а ныне основное производство ОАО "УМПО" — это прежде всего изготовление авиационных двигателей. Какие образцы современных ГТД выпускает (готовится выпускать) УМПО и на каких самолетах они устанавливаются? Каковы сегодня объемы производства авиационных ГТД? Как Вы оцениваете качественный уровень авиадвигателей, выпускаемых УМПО?

В.П.: В настоящее время объединением производится широкая гамма изделий, стоящих на вооружении российской армии и экспортируемых в зарубежные страны. Это двигатель АЛ-31Ф для Су-27 и всех его модификаций, Р95Ш и Р195 для Су-25 и Су-39, колонки на вертолеты Ка-27, Ка-28, Ка-32, трансмиссия для вертолета Ми-26.

УМПО осуществляет ремонт всех выпущенных изделий, в том числе и поставленных на экспорт. Кроме того, производится модернизация двигателей самолетов МиГ-21, МиГ-21бис, МиГ-23, МиГ-27 и Су-22.

Объединение имеет лицензию на производство, ремонт и гарантийное обслуживание всей выпускаемой техники.

Из новых направлений это в первую очередь двигатель АЛ-31ФП. Это модификация двигателя АЛ-31Ф, оснащенная поворотным реактивным соплом, собственно это качественно новый двигатель, который в России будет выпускаться раньше, чем в дру-



гих странах мира. Сверхманевренность самолетов Су-30МК и Су-37 обеспечивают именно двигатели АЛ-31ФП.

В содружестве с АО "Мотор-Сич" и ММПП "Салют" мы участвуем в освоении производства двигателей Д-27 для транспортно-го и военно-транспортного самолета Ан-70. Самарский завод "Авиакор" планирует начать изготовление первого образца Ан-70 в 2000 г.

Более отдаленная перспектива — это авиадвигатель пятого поколения, в создании которого мы участвуем совместно с ОАО "А.Людья-Сатурн", ММПП "Салют" и АО "Рыбинские моторы".

Наряду с выпуском авиационных двигателей для военной авиации в рамках конверсии продолжается работа по расширению номенклатуры авиационной гражданской тематики. Здесь прежде всего нужно отметить авиационный двигатель Д-436Т.

Вот основное, что мы планируем сделать по авиационной тематике. Здесь надо подчеркнуть, что наше объединение смогло войти в состав заводов-изготовителей по всем перспективным авиадвигателям как гражданского, так и военного назначения. А это позволит коллективу работать в привычном для него авиационном направлении.

На протяжении всей истории своей производственной деятельности объединение всегда уделяло большое внимание вопросам качества и надежности выпускаемой продукции, ее гарантийного обслуживания и ремонта. В объединении внедрена и применяется сертифицированная система качества, отвечающая требованиям международного стандарта ИСО 9001-94 и стандартов системы ГОСТ Р.

Объединение обладает сертификатом международного образца на систему качества, выданным в 1997 г. органом сертификации TUV CERT (Германия) и сертификатом соответствия в системе "Оборонсертификата", выданным "Союзсерт".

Высокая квалификация работников гарантирует качественный выпуск продукции, подтверждением чему служат 4 престижные международные награды за качество, которыми удостоено ОАО "УМПО".

Д: При изготовлении современных ГТД на первый план выходит совершенство применяемых технологий. Известно, что только постоянное их обновление способно обеспечить конкурентоспособность выпускаемой продукции. Как обстоит дело в этом направлении?

В.П.: Объединение одно из немногих в России обладает полным технологическим циклом производства двигателей. В производстве освоено литье всех материалов, применяемых в конструкции современных двигателей, включая отливку монокристаллических лопаток, изотермическую штамповку и вальцовку лопаток, точный раскат кольцевых заготовок. Освоенные технологические процессы и набор оборудования в объединении позволяют производить двигатели пятого поколения.

Объединением освоен ряд уникальных технологических процессов, которых не имеют другие предприятия отрасли. Это точное литье титановых сплавов с газостатированием отливок, периодический прокат, штамповка заготовок в режиме сверхпластичности, сварка титановых сплавов в обитаемой камере "Атмосфера-24" с контролируемой атмосферой, ионная имплантация, испытание двигателей с автоматизированной обработкой их параметров в темпе испытания.

С целью повышения качества, увеличения надежности и ресурса работы авиационных двигателей, снижения затрат на про-

изводстве постоянно ведутся работы по совершенствованию, обновлению действующих и внедрению новых технологических процессов. Так за первое полугодие текущего года только в металлургическом производстве за счет внедрения малоотходных технологий сэкономлено свыше 120 т металла, снижена трудоемкость выпускаемых изделий на 44 тыс. нормо-часов, получен общий экономический эффект в размере более 94 млн руб.

Д: Расскажите об организации международного сотрудничества при про-



изводстве авиационных ГТД, в первую очередь в связи с развертыванием производства Д-436. Планируете ли Вы расширение применения импортных

комплектующих в составе своей продукции, как это делают "Пермские моторы" при создании ПС-90А2?

В.П.: Любой авиационный двигатель — это детище не одного, а множества предприятий. Поэтому наше объединение продолжают связывать тесные производственные отношения со многими предприятиями и организациями России и Украины. И это закономерно, так как экономики обоих государств действительно складывались как единый, тесно взаимосвязанный хозяйственный комплекс, и поэтому только обоюдными усилиями можно добиться стабилизации работы в нынешних сложных экономических условиях.

Совместно с ММП "Салют", запорожским объединением "Мотор-Сич" и самарским МПО "Металлист" нами освоен двигатель Д-436, разработанный запорожским моторостроительным конструкторским бюро "Прогресс". По своей конструкции, технологическим особенностям он без значительных затрат вписывается в производственные возможности нашего объединения.

Доля ОАО "УМПО" в составе кооперации по Д-436 составляет более 57%. В России наше предприятие имеет право на сборку, испытание и выпуск этих двигателей. На сегодняшний день собрано 11 двигателей, которые находятся в стадии доводочных и сертификационных работ. Один из них проходит длительные испытания на УМПО.

Д-436Т1 — базовый вариант двигателя предназначен для установки на двух типах новых пассажирских самолетов среднемагистральных воздушных линий: Ту-334 и Ту-230 и четырех типах самолетов, уже находящихся в эксплуатации: Ту-134, Як-42, Ан-72, Ан-74. Его "водная" модификация — Д-436ТП предназначена для универсального реактивного самолета-амфибии Бе-200. Мы собираемся занять на рынке гражданской авиации довольно перспективную нишу.

Изготовление двигателей семейства Д-436 и комплектующих агрегатов к ним производится исключительно на предприятиях России и Украины.

Дальнейшее сотрудничество ОАО "УМПО" с запорожскими "Мотор-Сич" и "Прогрессом" и московским "Салютом" связано с созданием винто-вентиляторного двигателя Д-27 для самолета Ан-70.

Ан-70 — это российско-украинский военно-транспортный широкофюзеляжный самолет нового поколения, разработки киевского АНТК им. О.К. Антонова. В своем классе — это самая современная в мире машина. Ан-70 называют самолетом XXI столетия. Производство двигателя к нему предусматривает более широкую международную кооперацию.

В целом взаимоотношения российских и украинских предприятий строятся на горизонтальных связях, хотя и подписано межправительственное соглашение. Предприятиям сейчас приходится работать ради перспективы, иногда даже ущемляя собственные сиюминутные интересы. Однако в условиях отсутствия источников финансирования другой альтернативы просто нет. По этой же причине сдерживаются работы по сертификации двигателей. Прибавляет сложностей в работе и то, что участники кооперации разделены государственными границами.

Д: Ваше объединение выпускает также автомобильные двигатели. Кто является их разработчиком, какие автомобили ими оснащаются и насколько выпускаемые двигатели соответствуют современным требованиям? Какова динамика объемов выпуска автомобильных двигателей? Планирует ли Ваше объединение выпуск новых образцов автомобильных двигателей? Взаимодействует ли УМПО с зарубежными партнерами по этой проблематике? Будут ли выпускаться двигатели по лицензии?

В.П.: С начала освоения производства автомобильных моторов на ОАО "УМПО" прошло более 30 лет. Выпущено свыше 7,5 млн двигателей М412. Многие еще помнят ралли 1969 г. Лондон-Сидней и 1970 г. Лондон-Мехико, где автомобили "Москвич-412" с нашими двигателями не уступали "Рено", "Мерседесам" и "Фордам". За короткий срок "Москвич-412" с новым двигателем завоевал признание и в нашей стране и на международной арене.

В настоящее время уфимские двигатели с рабочим объемом 1,6; 1,7; 1,8 и 2,0 литра знают автомобилисты всей России. Но



На выставке "Газ-Нефть-99" возле фрагмента газоперекачивающего агрегата ГПА-16Р "Уфа" с двигателем АЛ-31СТ

жизнь не стоит на месте и предъявляет новые требования к автомобильному двигателю, к которым в первую очередь относятся:

- повышение энерговооруженности автомобиля, которая достигла 110 л.с. на тонну веса и продолжает расти, что в свою очередь стимулирует рост литровой мощности двигателя;
- улучшение экологических и экономических показателей двигателей.

Улучшение энергетических и экологических показателей достигается применением новых конструкторских решений, повышением точности изготовления деталей, применением новых материалов. Для выполнения возросших требований основных потребителей, а ими исторически являются АО "Москвич" и

АО "ИЖМАШ", ОАО "УМПО" заключило контракт с фирмой AVL List GmbH о модернизации двигателей. Рассмотрены задачи по улучшению экономических и экологических характеристик автомобилей и двигателей в перспективе до 2005 г. и определены разработки, позволяющие осуществить эти требования и выполнить экологические нормы Евро-4. Для бензиновых двигателей — это применение впрыска в камеру сгорания, организация послыного сгорания, двухстадийного сгорания, применение системы нейтрализации отработавших газов, обеспечивающих работу двигателя на бедных смесях.

Совместный проект с AVL List GmbH предусматривает разработку и изготовление двигателей с использованием основных деталей от выпускаемого серийно карбюраторного двигателя семейства ОАО "УМПО" и выпуск большей части деталей на существующем оборудовании с его частичной поэтапной модернизацией. Объем модернизации будет зависеть от глубины изменений в двигателях, и в первую очередь поршня, шатуна, распределительного вала, головки цилиндров. Такой подход позволит ускорить разработку и освоение нового двигателя. Сроки подготовки производства и начала серийного выпуска новых двигателей сжаты. Уже в конце 2000 г. АО "Москвич" и АО "ИЖМАШ" должны получить по 1000 двигателей, отвечающих экологическим нормам Евро-2, а в 2001 г. появятся первые опытные двигатели, удовлетворяющие Евро-3. Общий объем выпуска двигателей с 35 тыс. шт. в 1999 г. должен возрасти до 300 тыс. шт. в 2005 г.

Д: На предприятиях объединения выпускаются двигатели для газоперекачки на базе АЛ-31. Есть ли планы по расширению спектра используемых в этих целях ГТД? С какими КБ и предприятиями находится УМПО в кооперации? Насколько выгодно работать по многим направлениям (в том числе и с поршневыми двигателями малой мощности для снегоходов, мотокультиваторов и т.д.), а не только с авиационными ГТД?

В.П.: Наше объединение в период существования СССР изготавливало авиационные двигатели исключительно для военной

Особое внимание уделяется применению газотурбинных двигателей в наземной технике, в частности для газоперекачивающих станций и энергоустановок. Их производство технологически перекликается с авиационным и относится к разряду высокотехнологичных, что могло бы позволить нашему коллективу работать в привычном для него направлении, открывая перед нами перспективу устойчивой, экономически выгодной работы по своему основному профилю.

Совместно с ОАО "А.Люлька-Сатурн" нами освоено производство газотурбинного двигателя АЛ-31СТ номинальной мощно-



стью 16 МВт, предназначенного для применения в качестве привода нагнетателя газоперекачивающего агрегата и привода электрогенератора электростанции. Разработана документация по использованию этого двигателя в 7 типах агрегатов. Помимо изготовления этого двигателя объединение получило лицензии на проектирование, изготовление, проведение строительно-монтажных и пусконаладочных работ газоперекачивающих агрегатов.

Потребности газотранспортных предприятий в приводных двигателях мощностью 16 МВт очень велики как для реновации, модернизации и реконструкции существующего парка ГПА, так и для нового строительства. Эта продукция открывает нам широкую дорогу как в страны СНГ, так и в дальнее зарубежье.

Руководством РАО "Газпром" утверждена программа по разработке и производству новой техники ОАО "А.Люлька-Сатурн" и ОАО "УМПО" для РАО "Газпром". Программа предусматривает переоснащение существующего парка газоперекачивающих агрегатов приводными двигателями АЛ-31СТ, а также обеспечение этими двигателями новых строящихся компрессорных станций. Надеемся на длительное сотрудничество с ОАО "Газпром", которое планирует повсеместное проведение реконструкции, модернизации и замены старых агрегатов на современные.

Совместно с ОАО "Рыбинские моторы" и ОАО "А.Люлька-Сатурн" создано ЗАО "Рыбинск-Уфа-Сатурн-Инжиниринг". Предметом его деятельности является разработка современных газоперекачивающих агрегатов и электростанций на базе газотурбинных двигателей авиационного типа (в первую очередь АЛ-31СТ), их проектирование и инжиниринг, маркетинг, предконтрактная подготовка, продажа и послепродажное обслуживание.

Ведутся работы по освоению изготовления энергетической установки на базе двигателя АЛ-31СТ, топливом для которого служит природный газ. Одна такая автономная установка способна обеспечить электроэнергией и теплом целый городской микрорайон с населением 30 тыс. человек.

Для нас сейчас нет продукции важной или не очень важной. Главное, чтобы ее производство приносило прибыль. Поэтому плановые задания как по отдельным видам изделий, так и по производствам и заводам в целом составлены с учетом "точек безубыточности", т.е. минимального объема производства, при котором продукция прибыльна для объединения.



Открытие очередного заводского магазина двигателем АЛ-31СТ

техники. Переход к рыночной экономике потребовал принципиальных изменений в структуре выпускаемой продукции, доля продукции военного назначения составляет только шестую часть в сравнении с 1990 г. Развернули свою конверсионную программу. За счет нее решаем задачу диверсификации производства, т.е. создания ряда альтернативных производственных направлений, не зависящих друг от друга, что дало бы предприятию возможность успешно работать при любых рыночных потрясениях.

Значительную долю в объеме производства занимает выпуск гражданской продукции и ТНП. У нас налажено производство разработанных заводскими специалистами снегоходов "Рысь" для рыбаков, охотников, оленеводов, лесников, для обслуживания и ремонта газо- и нефтепроводов, линий электропередач, прицепов "Север" и "Метель" к снегоходам, используемых при проведении спасательных работ и оказании экстренной медицинской помощи; мотоблоков "Агрос"; универсальных токарно-винторезных станков повышенной точности 1У61М — с большим набором станочных принадлежностей и режущего инструмента; электрообогревателей "Тропик"; столовых наборов из нержавеющей стали с покрытием под "золото" и другой продукции.

В настоящий момент производственные возможности предприятия еще далеко не исчерпаны. Объединение имеет хороший потенциал для организации производства новых изделий.

Д: УМПО — акционерное объединение. Если можно, расскажите о современных взаимоотношениях с государственными и коммерческими структурами (банками, изготовителями комплектующих, торговыми организациями и т.д.) и перспективах их развития.

В.П.: Мы находим постоянное понимание наших проблем и всемерную поддержку со стороны руководства республики. Как

один из примеров назову передачу в муниципальную собственность жилого фонда, а он у нас насчитывал свыше 1 млн м².

В условиях рынка в про-

цесс производства авиационных двигателей вовлекаются новые субъекты, такие, как финансовые, банковские, страховые структуры. Без их участия производство двигателей представляется весьма проблематичным, так как требуются большие капиталовложения. Недавно был заключен договор с Башсбербанком о выдаче заработной платы через систему пластиковых карт. Думаю, что удобство и выгоду от этого ощутит весь коллектив объединения.

Производство авиационных двигателей традиционно предполагает развитие кооперационных связей со множеством

На соревнованиях по снегоходному спорту со своей "Рысью"



других предприятий. Сейчас двигатель в одиночку фактически не создается. На протяжении нескольких последних десятилетий наше объединение связывают тесные производственные отношения со многими предприятиями и организациями. Добавлю, что у нас более 800 поставщиков, поставляющих около 10 тыс. наименований материалов и комплектующих.

Мы стремимся к тому, чтобы наши деловые отношения с партнерами продолжали развиваться по пути взаимовыгодного сотрудничества.

Д: Вы являетесь руководителем крупнейшего моторостроительного производственного объединения страны. Расскажите о своем пути к этой высокой и ответственной должности.

В.П.: В этом году мне исполнилось 50 лет, а свою трудовую биографию я начал в 1968 г. на Уфимском моторостроительном заводе, преобразованном впоследствии в ОАО "УМПО". Здесь я прошел путь от рабочего до технического директора. Затем 4 года работал в Кабинете Министров Республики Башкортостан в должности заместителя Премьер-министра, курировал промышленность. Так что вся предыдущая работа послужила тому, что год назад руководство Республики и Совет директоров предложили мне стать генеральным директором.



DIGEST

The Ufa engine-building association restructured in 1993 in a joint-stock company includes the aviation facility, the Ufa motor-car motors facility, the Ufa tooling facility and the Bashkortostan machine-building facility. The "UMPO" joint-stock company is the largest facility in Russia. Valeriy P. Lesunov, General Director, is at the head of the company since 1998. The editorial staff of "Engine" journal asked him some questions about state-of-art and future prospects of the company.

V. Lesunov specially emphasized that today the company produces wide range of products found application in Russia and abroad. Among them are AL-31F engine for the SU-27, R95Sh and R195 engines for the SU-25 and the Su-39, control columns for Ka-27, -28 and -32 helicopters, a transmissions of the Mi-26. A new direction is manufacturing of AL-31FP engine with a vectored-thrust nozzle providing superior maneuverability of the Su-30MK and the Su-37. The D-27 and the D-436 engines are bringing into series production with the help of Russian and Ukrainian companies.

Meeting high demands of motor-car engine customers, the "UMPO" signed a contract with AVL List GMBH on the engine modification. Special attention is paid to GTE application in ground installations. In cooperation with "A. Lyulka-Saturn" Co. the UMPO has launched the AL-31ST engine of 16-MW power rating. Manufacturing of a power unit on the base of the AL-31ST fueled by natural gas is under familiarization at the company. Only one of this independent unit is capable to supply heat and electricity to a municipal district with 30,000 population.

СИЛА В МНОГООБРАЗИИ

ОТ ДЕЛОВОГО КОНТАКТА – К ВЗАИМОВЫГОДНОМУ СОТРУДНИЧЕСТВУ



Павел Жеманюк,
главный инженер ОАО "Мотор-Сич"

Запорожское ОАО "Мотор Сич" – одно из крупнейших в мире и единственное в Украине предприятие, выпускающее авиационные двигатели. В состав акционерного объединения "Мотор Сич" входит восемь специализированных машиностроительных заводов. Головной завод – Запорожский моторостроительный – начал свою историю с 1916 г. Им пройден путь от создания и освоения серийного производства авиационного шестицилиндрового мотора "Дека-М100" до современных турбовинтовых и турбореактивных двигателей с большой степенью двухконтурности и высокими эксплуатационными характеристиками.

В 94 странах мира эксплуатируется 43 типа и модификации выпускаемых в Запорожье двигателей для 53 видов летательных аппаратов гражданской и военной авиации.

Длительное время предприятие серийно изготавливает газотурбинные двигатели в содружестве с Запорожским машиностроительным конструкторским бюро "Прогресс", среди них двигатели АИ-20, АИ-24, АИ-25, Д-36, Д-136 и Д-18Т, устанавливаемые на самолеты Ил-18, Ан-24, Ан-12, Ан-26, Як-40, Л-39, Ан-124, Ан-225 и др.

С 1970 г. предприятие успешно сотрудничает с ГУП "Завод им. В.Я. Климova". Результатом совместной работы явилось серийное производство одного из самых массовых двигателей в мире – ТВЗ-117, устанавливаемого на вертолеты Ми-8, Ми-17, Ми-24, Ми-28, Ка-27, Ка-29, Ка-32, Ка-50 и др.

В широком спектре запорожских двигателей следует особо отметить двигатель Д-27 разработки ЗМКБ "Прогресс", предназначенный для военно-транспортного самолета Ан-70. При мощности 14 000 л.с. топливная эффективность двигателя Д-27 на 25...30 % выше, чем у современных газотурбинных двигателей. В перспективе двигатель найдет свое применение на дальнейших модификациях самолета Ан-70, пассажирском самолете Ан-180 и самолете-амфибии Бе-42.

Одним из приоритетных направлений деятельности предприятия продолжает оставаться производство двигателей семейства Д-436. Как и двигатель Д-27, они созданы на основании межправительственного соглашения между Российской Федерацией и Украиной по техническому заданию разработчиков самолетов – АНТК им. А.Н. Туполева и ТАНТК им. Г.М. Бериева.

Турбореактивный двухконтурный двигатель Д-436Т1, взлетная тяга которого составляет 7500 кгс, имеет высокие эксплуатационные характеристики. По удельному расходу топлива и удельной массе Д-436Т1 превосходит существующие зарубежные аналоги и находится на уровне разрабатываемых. Он устанавливается на ближнемагистральный пассажирский самолет Ту-334, первый полет которого состоялся 8 февраля 1999 г.

Д-436ТП – морская модификация двигателя Д-436Т1, предназначен для многоцелевого самолета-амфибии Бе-200. 24 сентября 1999 г. состоялся его первый полет. В настоящее время оба эти самолета выполняют программы

сертификационных испытаний.

На объединении освоено производство нового турбовинтового двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1 для нового самолета местных воздушных линий Ан-140. Самолет Ан-140 заменит устаревшие морально и физически самолеты Ан-24, Як-40 и Ан-26, которых только в странах СНГ насчитывается более полутора тысяч.

Двигатель ТВЗ-117ВМА-СБМ1 обеспечивает надежную и экономичную эксплуатацию самолета в условиях Крайнего Севера, умеренного и жаркого климата, а также высокогорья. Развивая мощность до 2800 л.с., двигатель имеет удельный расход топлива на крейсерском режиме 0,188 кг/э.л.с.ч. В настоящее время завершаются программы сертификационных испытаний самолета и двигателя.

Дальнейшим развитием двигателя явилось создание совместно с ЗМКБ "Прогресс" турбовинтового двигателя АИ-30 мощностью до 3200 л.с.



Двигатель ТВЗ-117ВМА-СБМ1

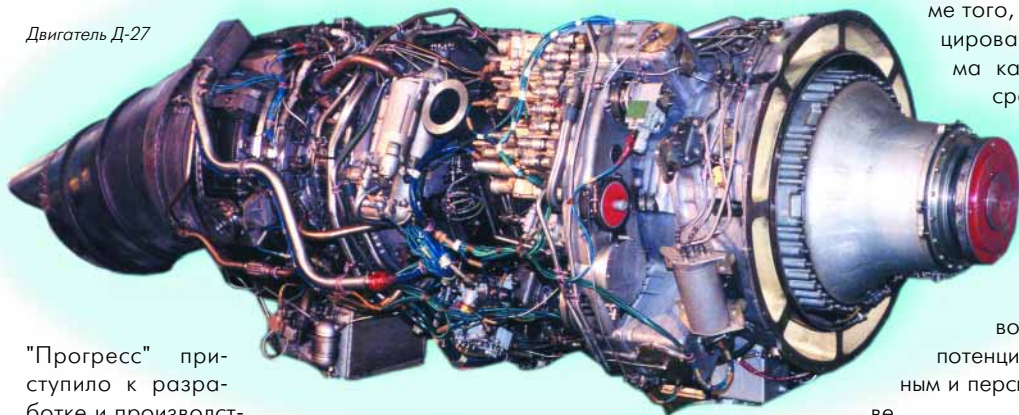
В качестве вспомогательной силовой установки для самолета Ан-140 применен газотурбинный двигатель АИ9-3Б производства ОАО "Мотор Сич", который может быть использован и на других самолетах и вертолетах.

Учитывая все возрастающую потребность в самолетах бизнес-класса и самолетах местных воздушных линий с турбореактивными двигателями, ОАО "Мотор Сич" совместно с ЗМКБ

вершил сертификацию в Канаде.

В полной мере конкурировать на мировом рынке могут только те двигатели, качество которых подтверждено авторитетными международными организациями, кроме того, они должны выпускаться на сертифицированной производственной базе. Система качества ОАО "Мотор Сич" первой среди подобных систем других предприятий СНГ сертифицирована французской фирмой Bureau Veritas на соответствие международному стандарту ИСО 9002 и подтверждена сертификатом о признании, выданным фирмой BVOI.

Двигатель Д-27



"Прогресс" приступило к разработке и производству двигателя АИ-22, который будет устанавливаться на административные самолеты Ту-324 и Як-48, а также на их пассажирские модификации.

В рамках дальнейшего тесного сотрудничества ОАО "Мотор Сич" с ГУП "Завод им. В.Я. Климova" предусмотрено создание и производство нового турбовального двигателя ТВ3-117ВМА-СБЗ, развивающего мощность до 2800 л.с. Этот двигатель будет использоваться на новейших вертолетах Ми-28Н и Ка-52, а также для модернизации уже существующих боевых вертолетов.

Высокое качество запорожских двигателей находит подтверждение в процессе сертификации. Так, двигатели ТВ3-117ВМ/ВМА получили сертификаты типа в России и Индии, а в 1998 г. вертолет Ка-32А с двигателями ТВ3-117ВМА успешно за-

вершил сертификацию в Канаде. Имея сертифицированное производство и мощный научно-технический потенциал, ОАО "Мотор Сич" является надежным и перспективным партнером в сотрудничестве.

ОАО "Мотор Сич" не замыкается в узких национальных рамках, а стремится к расширению деловых контактов, сотрудничеству с иными фирмами, совместному производству авиационной техники на взаимовыгодных условиях. Предприятие успешно сотрудничает с передовыми фирмами США, Германии и других стран в рамках международной кооперации.

ОАО "Мотор Сич" может предоставить лицензии, патенты, "ноу-хау" в машиностроении и металлообработке, необходимую техническую документацию.



DIGEST

FROM BUSINESS CONTACTS TO MUTUALLY BENEFICIAL COOPERATION

The Zaporozhye "Motor Sich" Co. is the largest in the world and the only Ukrainian company involved in manufacturing of aviation engines. 43 types and modifications of Zaporozhye engines destined for 53 of aircrafts of civil and military aviation are in service in 94 countries. The company in partnership with the Zaporozhye "Progress" Design Bureau has been manufacturing GTE (e.g. AI-20, AI-24, AI-25, D-36, D-136, and D-18T) for many years. From 1970 the company established close relations with Klimov's company. The result of this cooperation is the series production of the mostly widely-used engine dubbed as TV3-117.

It is necessary to mention D-27 engine having improved by 25-30% fuel efficiency at 14,000 h.p. in comparison with other present-day GTE. In the nearest future the engine will find application on An-70 and An-180 aircrafts as well as Be-42 amphibian.

One of priority directions in the company's business is manufacturing of D-436 family engines of 75,000-kg take-off thrust. Its specific fuel consumption and specific weight have advantages over up-to-date foreign engines and is at the same level as advanced engines. Its D-436TP sea version is destined for Be-200 multi-role amphibian.

The company has launched production of TV3-117VMA-SBM1 brand-new turboprop for An-140 new regional jet.

Taking into consideration high demand for business and regional jets, "Motor Sich" Co. together with "Progress" Design Bureau has launched development and manufacturing of AI-22 engines for Tu-324 and Yak-48 executive airplanes.

The high quality of Zaporozhye engines finds confirmation during certification. The quality assessment system used at the "Motor Sich" was the first among the CIS companies which was certified by "Bureau Veritas" Co., France, met requirements of ISO 9002 and was confirmed by the certificate issued by "BVOI" Co.

The "Motor Sich" has not become isolated in narrow national boundaries but is in continuous search for new business contacts and partnerships with foreign companies, is ready to participate in aviation projects on a mutually beneficial grounds. The company has successful experience in cooperation with the largest companies from USA, Germany, etc.

Двигатель Д-436Т1



ИНТЕГРАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ: ОТ ФИЛОСОФИИ

К ПРАКТИКЕ



Валентин Толоконников, заместитель генерального директора УМПО, к.т.н.

В последние годы прогресс в области металлообработки в значительной степени связывается с использованием метода глубинного шлифования (ГШ) в различных его модификациях. По скорости съема металла он в несколько раз превосходит методы лезвийной обработки материалов (точение, фрезерование, протягивание), сохраняя все преимущества традиционного шлифования. Вместе с тем, потенциальные возможности метода ГШ определяют его дальнейшее развитие.

Физическая природа процесса ГШ послужила основой разработки философии интегральной технологии абразивной обработки. Ее центральной идеей является соединение в едином процессе этапа формообразования любых сложнопровольных поверхностей деталей с этапом формирования высококачественного поверхностного слоя.

При ГШ снятие основной части припуска на обработку (до 20 мм) производится за один проход. Кинематика процесса резания при ГШ определяет повышенную длину дуги контакта абразивного круга с деталью (большую на порядок по сравнению с процессом традиционного маятникового шлифования) и обуславливает значительное увеличение числа абразивных зерен, одновременно участвующих в резании. В результате уменьшается толщина среза единичным зерном, достигается высокая скорость съема материала и одновременно обеспечивается получение малой величины микронеровностей поверхности. Вследствие особых термодинамических условий в зоне резания в поверхностном слое уменьшается вероятность фазово-структурных изменений и происходит надежное формирование остаточных напряжений сжатия, благоприятно влияющих на прочность и долговечность высоконагруженных деталей. Процесс ГШ не имеет ограничений по прочности и твердости обрабатываемых материалов.

В результате отказа от выполнения последовательной цепи технологических операций в пользу применения ГШ стало возможным:

- исключить сложную непредсказуемую технологическую наследственность, свойственную многооперационным технологиям обработки;
- исключить зависимость параметров производительности и качества получаемой поверхности от режущей способности инструмента при его затуплении за счет непрерывной правки шлифовального круга;
- сократить трудоемкость обработки деталей;
- снизить затраты на технологическое оборудование и высвободить производственные площади.

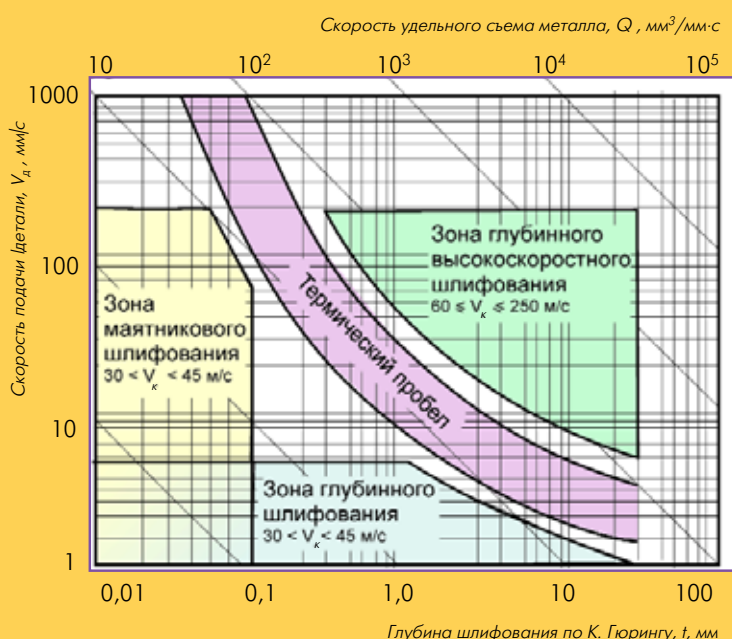
В настоящее время достаточно полно аналитически изучена и технологически проработана

первая модификация процесса ГШ, использующая скорости резания в диапазоне 20...35 м/с. Построена энергетическая модель процесса, разработаны расчетные методы определения характеристик абразивного инструмента, режимных параметров шлифования и правки абразивного круга.

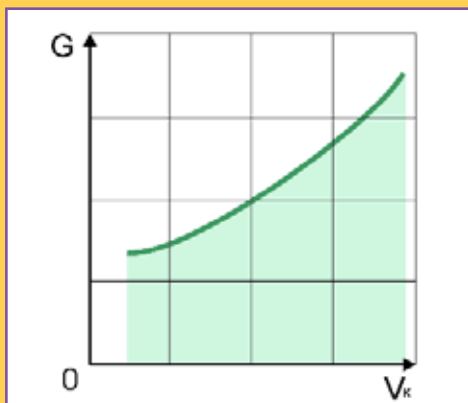
Использование интегральной технологии обработки явилось в определенной мере революционным этапом в развитии комплекса технологических средств. В России и за рубежом были созданы станки с числовым программным управлением повышенной точности с мощными приводами (до 50 кВт), оснащенные многофункциональной системой подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Разработаны высокопористые шлифовальные круги высокой режущей способности и динамической прочности, а также прецизионные алмазные правящие ролики.

На базе новых технологических средств в Научно-исследо-

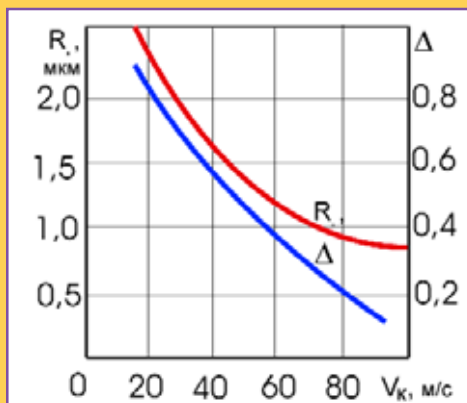
ФАКТОРНОЕ ПРОСТРАНСТВО ЗОН ШЛИФОВАНИЯ



ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ ОТ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ



Коэффициент шлифования (по данным фирмы Elb-Schliff)



Шероховатость поверхности и точность формообразования (по Гюрингу)

ся при обработке турбинных лопаток. Более того, создание и развитие метода ГШ вызвано и стимулировано наиболее сложными проблемами обработки подобных деталей и, в частности, следующими обстоятельствами:

- применением жаропрочных труднообрабатываемых литейных материалов при изготовлении лопаток турбин;
- наличием элементов, требующих высокой точности изготовления (елочный профиль хвостовика) и степени чистоты поверхности;
- необходимостью формирования в поверхностном слое остаточных напряжений

вательском институте технологии и организации производства авиационных двигателей (НИИД) была разработана концептуально единая интегральная технология ГШ, применимая к широкой гамме конструкционных материалов практически без ограничения их прочности и твердости. Новая технология позволила эффективно решить проблему изготовления высоконагруженных деталей из особо жаростойких и высокопрочных сплавов. При этом:

- достигнута скорость съема металла 10...20 мм³/мм·с;
- повышена точность обработки на 30 %;
- снижена шероховатость поверхности почти в 2 раза (Ra = 0,8...1,25 мкм);
- повышена усталостная прочность и долговечность деталей на 12...15 %.

Указанные преимущества в наибольшей степени проявляют-

ся, благоприятно влияющих на прочность и долговечность лопаток;

- массовым характером производства лопаток, требующим снижения трудозатрат.

Разработанная технология ГШ применительно к лопаткам турбин получила название ИЛТАО — интегральная лопаточная технология абразивной обработки. Ее внедрение в практику способствовало появлению новых идей и направлений. Так, было показано, что повышения эффективности ГШ можно достичь благодаря снижению расхода абразивного инструмента путем его непрерывной правки в системе адаптивного контроля. По нагрузке на шпиндель шлифовального круга, измеряемой тензометрическими датчиками на подшипниках шпинделя, с помощью процессора ЧПУ станка производится управление величиной врезной подачи алмазного ролика (Sp) и скоростью подачи де-

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА ПОСЛЕ ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ

Зона 1

Шлифовальный круг В 151 PN200
СОЖ — масляязкое масло МР-10А
Скорость круга Vк = 80 м/с

Зона 2

Зона 1

Зона 2

| Индекс технологического режима | Скорость подачи детали Vд, мм/мин | Глубина шлифования, f, мм |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| а | 400 | 1,5 |
| б | 1700 | 1,5 |
| в | 400 | 5,3 |
| г | 1700 | 5,3 |

тали (V_d). В результате величина правки оптимизируется по режимным параметрам процесса шлифования.

Резервы эффективности технологии ГШ связаны также с совершенствованием характеристик абразивного и правящего инструмента, способов шлифования, правки и подачи СОЖ к абразивному кругу. В частности, запатентован новый способ шлифования (Патент РФ № 166131), обеспечивающий постоянно теплообмена в зоне резания и позволяющий существенно (до двух и более раз) увеличить скорость съема металла и уменьшить расход абразивного и правящего инструментов при формообразовании поверхностей деталей малой длины (в лопатках турбин в зависимости от конструкции может быть до 70 % поверхностей малой длины).

Принципиально новым этапом развития, радикально повышающим эффективность обработки ответственных деталей авиадвигателей, является использование скоростного и высокоскоростного глубинного шлифования (ВСГШ). Аналитические и экспериментальные исследования, проведенные в НИИДе, а также ведущими фирмами Германии (Guchring Automation, Blohm, Elb-Schliff, Winter, Wendt), США (Edgetek Mashina Corp., Amplex/Norton, CCI GmbH) и Японии (Toijoda, Mashine Works, Noritake Co) вскрывают большие потенциальные возможности технологии, использующей процесс ВСГШ, для которого характерно повышение скоростей резания до 100...180 м/с. Есть основания полагать, что указанные выше скорости не являются предельными, поскольку имеется принципиальная возможность их повышения до 300...500 м/с.

Кинетика резания при высоких скоростях обеспечивает не только высокую скорость съема металла, но и увеличивает точность формообразования, снижает шероховатость обрабатываемых поверхностей и уменьшает толщину слоя, несущего следы пластической деформации, которая сопровождает процесс резания. Важной особенностью процесса является сохранение практически неизменными исходных физико-химических свойств поверхностного слоя обрабатываемых материалов.

На рисунке, приведенном на предыдущей странице, показано состояние микроструктуры поверхностного слоя поперечного шлифа лабиринта бандажной полки лопатки турбины, сформированного при скорости резания 80 м/с и глубине резания 1,5 и 5,3 мм. Изменение структуры ограничено деформационным искажением структурных составляющих на глубине, равной единицам микрон и соизмеримой с высотой микрорельефа поверхности.

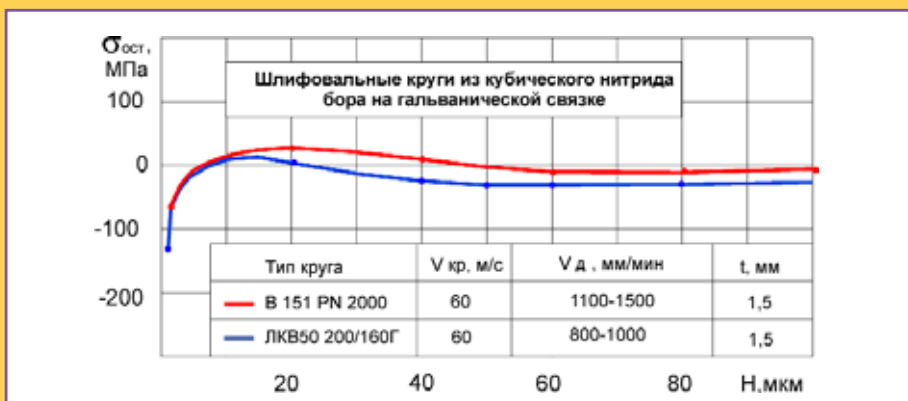
На рисунке справа приведены кривые распределения остаточных напряжений в поверхностном слое для различных зон лопаток турбины после скоростного ГШ.

При всех вариантах технологических условий обработки величина напряжений в 2...2,5 раза меньше, чем при традиционных скоростях резания.

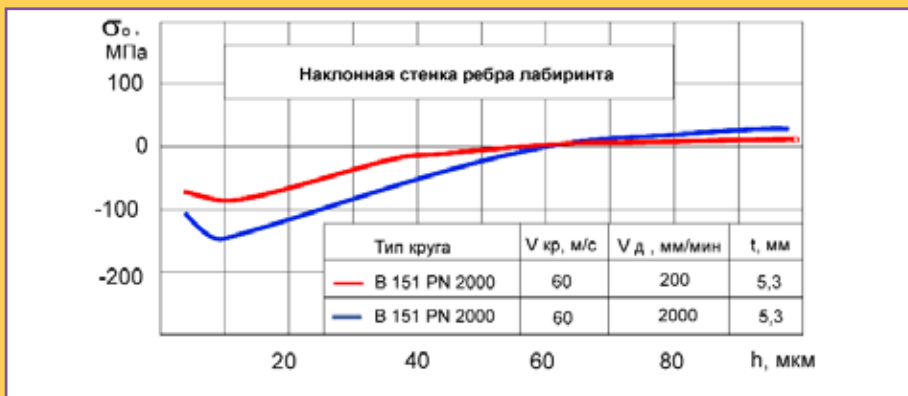
Принципиальные достоинства процесса ВСГШ имели решающее значение для проведения всесторонних исследований и широкого практического внедрения процесса на машиностроительных производствах. При обработке сталей достигнута скорость резания 180 м/с и скорость съема металла более 100 мм³/мм·с. Однако внедрение ВСГШ в технологию производства высоконагруженных деталей, в частности, в авиадвигателестроении значительное время сдерживалось трудностью создания соответствующих технологических средств. Это касалось оборудования, абразивного инструмента и СОЖ. На весь комплекс технологических средств накладывались требования, связанные со спецификой физико-химических свойств материала деталей, а также повышенные требования к качеству формируемого поверхностного слоя.

К настоящему времени для обработки жаропрочных материалов на никелевой основе созданы шлифовальные круги из

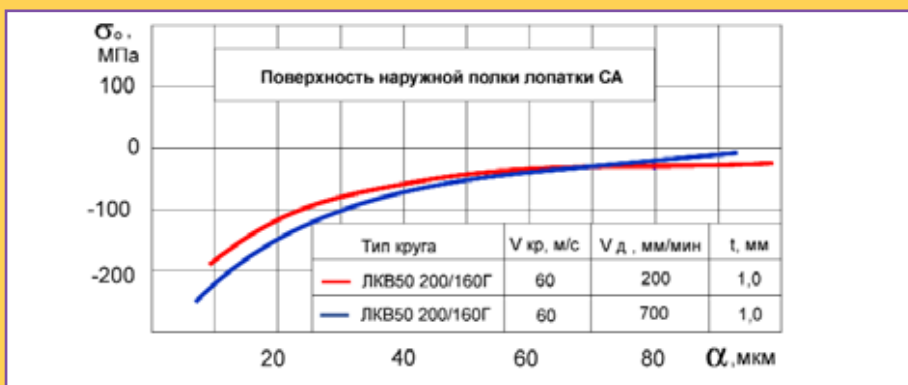
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ТУРБИНОЙ ЛОПАТКИ ПОСЛЕ СКОРОСТНОГО ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ



Дно лабиринта бандажной полки рабочей лопатки



Наклонная стенка ребра лабиринта рабочей лопатки



Наружная полка лопатки соплового аппарата

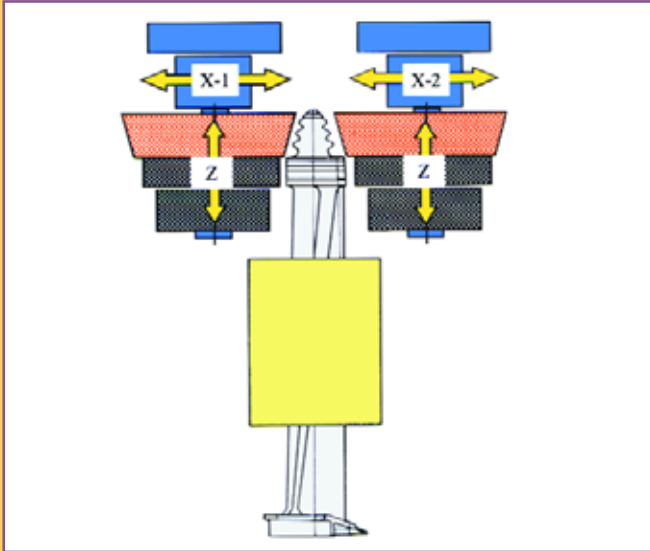


Схема комплексной обработки елочного замка

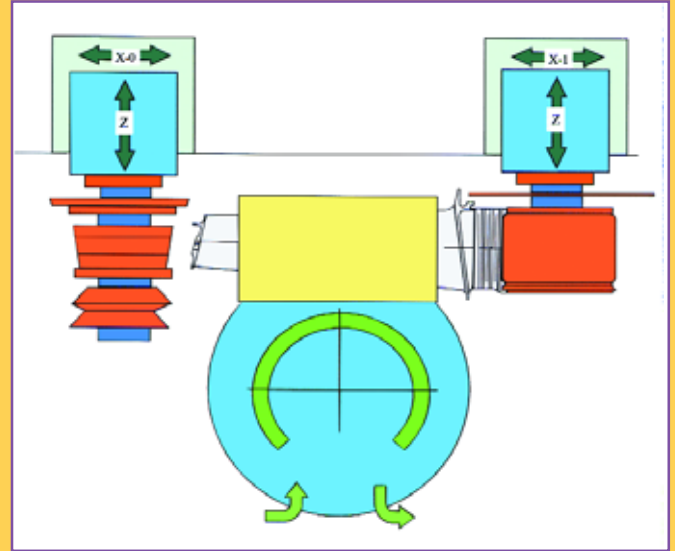


Схема комплексной обработки торцов турбинной лопатки

сверхтвердого абразивного материала — кубического нитрида бора с высокими механическими и технофизическими свойствами. Режущая способность и долговечность такого инструмента существенно выше, чем у кругов из электрокорунда. В зависимости от назначения инструмента выбирается связующий материал, разрабатываются масляные СОЖ с хорошими трибологическими свойствами, создается специальный прецизионный правящий инструмент и определяется метод правки шлифовальных кругов.

Создается новое поколение многоцелевых прецизионных станков с мощностью привода 20...70 кВт. Их модульная конструкция обеспечивает необходимую гибкость применения. Примерами таких станков могут служить, например, станки системы "SPEED Cut 2000" фирмы CCI GmbH, типа Profimat MT фирмы Blohm, станки модели HEDG Master фирмы Elb-Schliff. Совершенные конструкции шпинделей шлифовальных кругов и приводов исполнительных устройств позволяют использовать широкий диапазон режимных параметров: от "традиционных" до ГШ и ВСГШ. Созданы одно-, двух- и многошпиндельные станки, однако наибольшее распространение получили первые два типа. Каждый из шпинделей, в свою очередь, может оснащаться несколькими шлифовальными кругами, работающими как последовательно, так и одновременно. Конструкция станков предусматривает непрерывную правку шлифовальных кругов и адаптивное управление процессом шлифования.

Станки оснащены многокоординатными системами ЧПУ на основе персональных компьютеров, осуществляющих контурное управление циклом обработки. Применение современной

технологической крепежной оснастки позволяет сократить число перезакреплений обрабатываемой детали, упростить технологический цикл и повысить точность обработки.

Таким образом, достигнутый уровень развития технологических средств ГШ создает объективные предпосылки для широкого внедрения и совершенствования интегральных технологий, огромные возможности которых придают им статус важнейшего направления общего прогресса в области механической обработки высокоответственных деталей сложной конфигурации. Это положение нашло подтверждение на организованном ВПК "МАПО", ММПП "Салют" и АО НИИД международном семинаре "Высокоскоростное глубинное шлифование — технология XXI века!", проведенном в Москве в ноябре 1997 г. по инициативе и под руководством автора статьи и начальника НИО НИИД И.В. Ломакиной. В докладах российских и зарубежных специалистов в области теории и практики интегральных технологий были проанализированы основные направления, с которыми связывается будущий прогресс технологий механической обработки деталей.

Разработчики метода приглашают заинтересованные организации к сотрудничеству по дальнейшему совершенствованию оборудования, обеспечивающего ИЛТАО. Обращаться по телефонам:

УМПО: 250-46-07; 250-22-16; 250-07-09;

ММПП "Салют": 369-82-76; 369-80-14.

В заключение автор выражает признательность Ирине Ломакиной, представившей ряд ценных материалов для подготовки настоящей статьи.

DIGEST

INTEGRATED TECHNOLOGY: FROM THEORY TO PRACTICE

Recent progress in the field of machining is largely related to application of deep grinding and its modifications. As to machining speed, the deep grinding process is far beyond other machining techniques (turning, milling, broaching) and at the same time it saves all advantages of traditional grinding.

Removing the most part of allowance for machining is achieved by one-step deep grinding. A modification of the deep grinding process with 20-35-m/s cutting speed was studied and developed in details in NIID (Scientific-Research Institute of Technology and Organization in Aviation Engine Manufacturing). As applied to blades of GTE, it was dubbed as ILTAO — integrated blade technology of abrasive treatment.

An entirely new stage in the integrated technology progress, leading to radical improvement of critical parts machining, is implementation of high-speed deep grinding process characterized by 100-180-m/s cutting speeds. These speeds are not limiting as there is a principle possibility of their increase up to 300 ... 500 m/s. The unique capabilities of the integrated technologies have made them the most promising direction in the field of machining of crucial intricate components.

Developers of this method invite all organizations to co-operate in further improvement of equipment ensuring ILTAO. Our tel. #:

UMPO: (7+095) 250-4607; 250-2216; 250-0709.

MMPP "Salut": (7+095) 369-8276; 369-8014.



Российский Речной Регистр:

Геннадий Абрамов,
директор Российского Речного Регистра, к.т.н.
Санкт-Петербургский государственный
университет водных коммуникаций:

Ванда Хмелевская,
ведущий специалист, д.т.н.

Александр Кузьмин,
декан судомеханического факультета, к.т.н.

Рамиль Хамзин,
инженер, к.т.н.

Иван Зайцев,
аспирант

Проблема уменьшения износа деталей машин и механизмов весьма актуальна для всех отраслей промышленности. Современные технологические процессы модификации поверхности деталей улучшают их характеристики и придают им уникальные свойства. Успешное решение проблемы выбора материала, применяемого для упрочнения, зависит от полноты изучения, глубины анализа и точности классификации причин износа.

ВСЕСТОРОННИЙ АНАЛИЗ — МИНИМАЛЬНЫЙ ИЗНОС

В настоящее время известно несколько способов модификации поверхности: нанесение упрочняющего слоя методом ионно-плазменного напыления, детонационное напыление и др. Однако большинство этих способов имеют свои недостатки. Хорошие результаты обеспечивает газотермическое напыление, позволяющее получить высококачественные поверхностные слои деталей механизмов, обладающие широкой гаммой свойств. Исследованиями установлено, что износ поверхности деталей следует классифицировать по следующим пяти видам: трение, фреттинг, кавитация, износ при термоциклировании и коррозия. Каждый из этих видов имеет свой набор критериев износостойкости.

Для определения влияния перечисленных выше показателей на износостойкость покрытий были проведены исследования более двадцати типов материалов. Удалось установить, что при трении покрытий со сталями типа Ст.10-45, бронзой и чугуном износ зависит от нагрузки схватывания ($P_{сх}$). Статистическая обработка результатов испытаний и регрессионный анализ полученных дан-

ных позволили получить выражение, показывающее влияние на износ, кроме того, когезионной прочности (σ_k) и коэффициента трения ($K_{тр}$):

$$\text{Изн} = 18,51 \cdot e^{1,33K_{тр} - 3,1\sigma_k - 0,33P_{сх}}$$

Дисперсионный анализ данных выявил особую значимость когезионной прочности и нагрузки схватывания при выборе покрытий в узлах трения. Износостойкость покрытий увеличивается с повышением когезионной прочности в узле трения "вкладыш подшипника — коленчатый вал". Это подтверждается и при послойной ультразвуковой обработке антифрикционного слоя типа А020. Аналогичное явление наблюдается при испытании покрытий из двуокиси циркония, имеющих низкий коэффициент трения и невысокую когезионную прочность.

Существует мнение, что на износостойкость литых (компактных) материалов оказывает влияние твердость поверхности. При исследовании газотермических покрытий было установлено, что повышение твердости покрытий часто снижает когезионную прочность. Определение корреляции между когезионной прочностью и твердостью затруднено.

Известно, что кавитационная стойкость монолитных материалов определяется их прочностными свойствами, энергией поглощения и динамическими параметрами ударной волны:

$$V_r = \Sigma (S \cdot v \cdot dv) / \{ \Sigma E_1 \cdot v \cdot \delta(z) \},$$

где V_r - динамически деформируемый объем материала при i -ом ударе;

ПОКАЗАТЕЛИ КРИТЕРИЕВ ИЗНОСА

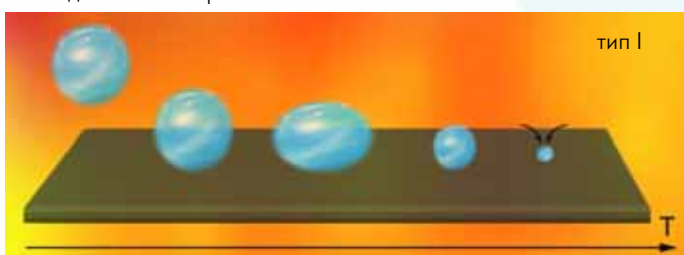
| Основные факторы, определяющие износостойкость | Виды износа | | | | |
|--|-------------|-----------|----------|-----------------------|----------|
| | трение | кавитация | фреттинг | при термоциклировании | коррозия |
| Когезионная прочность (σ_k) | | | | | |
| Нагрузка схватывания ($P_{сх}$) | | | | | |
| Работа выхода электронов материалов сопрягаемых пар ($A_{эв}$) | | | | | |
| Потенциал сопрягаемых пар (φ) | | | | | |
| Ток коррозии сопрягаемых пар (i) | | | | | |
| Угол смачивания поверхности кавитирующей жидкостью (α) | | | | | |
| Число циклов ($N_{ци}$) | | | | | |

- S - энергия i-го удара;
- v - скорость удара;
- E₁ - удельная энергия поглощения;
- δ(z) - функция, учитывающая прочность материала;
- z - параметры прочности материалов.

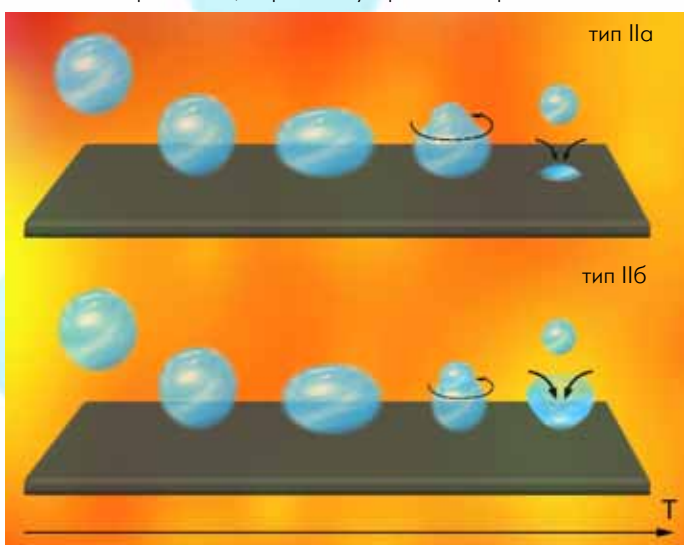
Для газотермических покрытий при кавитации когезионная прочность и угол смачивания являются основными факторами, определяющими износостойкость покрытий. Испытания напыленных слоев на магнестрикционной установке (мощность 10 кВт, рабочая частота 22 кГц) и установке с накатом волны (Сибирское отделение Академии наук, г. Томск) показали, что кавитационный износ газотермических покрытий определяется следующим выражением:

$$\text{Изн} = \text{const} \cdot \sigma_k^{-4,16}$$

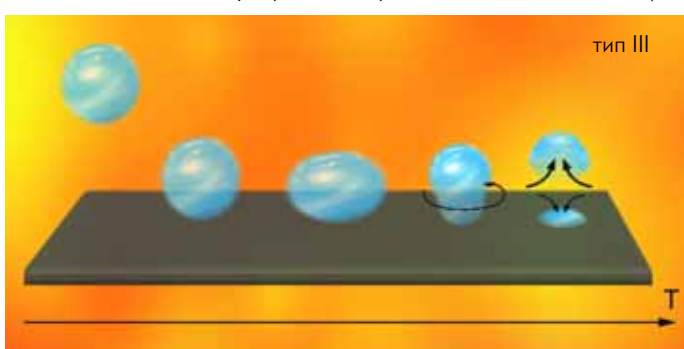
Исследования на напыленных покрытиях с одинаковой пористостью и чистотой обработки показали, что на кавитационную эрозию существенное влияние оказывает динамика схлопывания пузырька. Установлено, что замыкание кавитационных пузырьков вблизи различных поверхностей осуществляется по разным схемам, и энергия схлопывания пузырьков определяется смачиванием жидкостью поверхности напыленного слоя.



При I типе замыкания полость (кавитационный пузырек) сначала приближается к сферической форме, а затем быстро сплющивается в направлении, перпендикулярном поверхности детали.



С уменьшением смачиваемости поверхности возникает II тип замыкания. После касания поверхности кавитационным пузырьком в его верхней части возникает кольцевая струйка жидкости, делящая пузырек на верхнюю и нижнюю части (IIa,

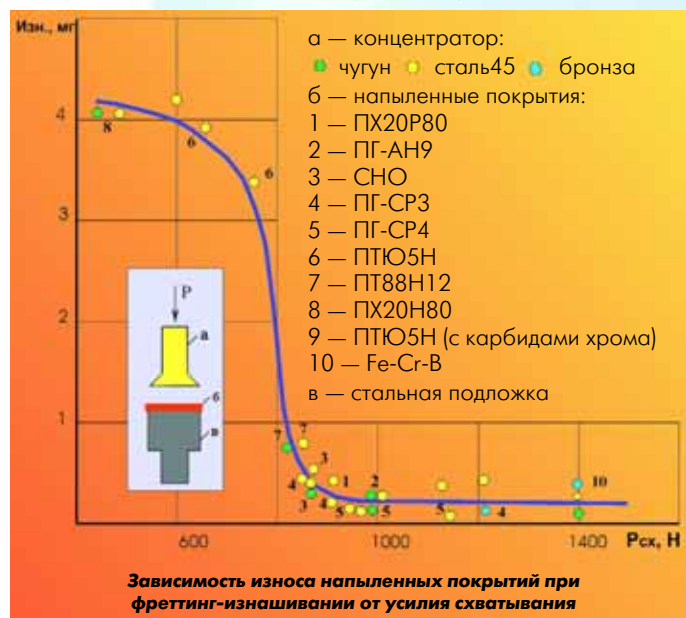
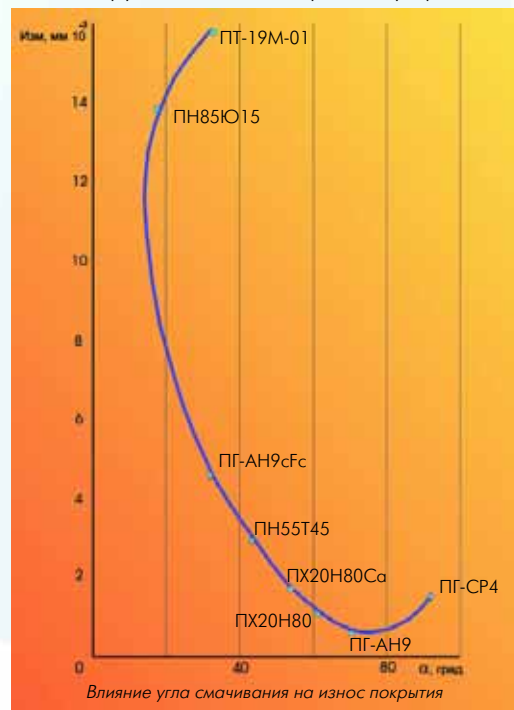


IIб). Затем нижняя часть кавитационного пузырька замыкается с образованием струйки жидкости, направленной перпендикулярно к поверхности детали. При этом, чем меньше смачиваемость поверхности, тем ближе к поверхности образуется кольцевая струйка, тем меньше нижний пузырек и тем меньше энергия схлопывания.

При дальнейшем уменьшении смачиваемости возникает III тип замыкания пузырьков. При этом основная часть энергии расходуется на формирование струйки жидкости, перпендикулярной поверхности, но направленной от нее. В результате верхний пузырек схлопывается на некотором расстоянии от поверхности, и тем самым значительно снижается ее кавитационное изнашивание.

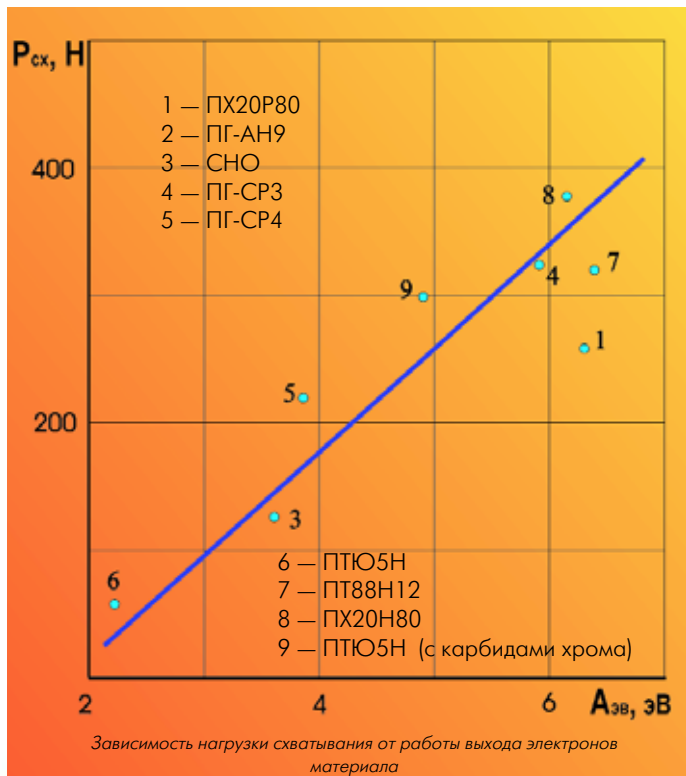
Экспериментальные исследования процессов схлопывания кавитационных пузырьков на поверхности, покрытой слабо смачиваемым нихромом марки ПХ20Н80, хорошо подтверждают теорию.

Изнашиванию в зоне посадочных узлов (фреттинг) подвергается большая площадь поверхности деталей. В первом приближении процесс можно описать следующим образом. В момент сбли-



жения вибрирующих участков до соприкосновения выступов происходит адгезионное взаимодействие микроперемещаемых ювенильных поверхностей динамически сжатых материалов. В результате образуются мостики сварки и происходит вырывание частиц при микроударах. Проведенные исследования позволили получить выражения для износа:

$$\begin{aligned} \text{Изн} &= \text{const} \cdot P_{сж}^{-5,5}, \\ \text{Изн} &= \text{const} \cdot \sigma_k^{-0,5}. \end{aligned}$$



В зоне контакта двух материалов при трении и фреттинг-изнашивании на основании теории Френкеля происходит перераспределение электронной плотности. Этот факт позволил предположить, что нагрузку схватывания можно определить, зная работу выхода электронов:

$$A_{эв} = \text{const} \cdot e^{T_i} \cdot \ln T,$$

где T - температура покрытия;

i - ток.

Увеличение тепловых нагрузок в судовых механизмах приводит к образованию трещин и термическому разрушению. Поэтому когезионная прочность и число циклов являются основными факторами, влияющими на износ и определяющими выбор материалов для узлов, работающих в условиях термоциклирования.

В лаборатории МИФИ методом акустической эмиссии проводились сравнительные испытания на изнашивание и термоциклическую прочность при трении с гальваническим хромом различных покрытий деталей из СЧ24. Результаты исследований показали преобладающее влияние когезионной прочности на процесс изнашивания.

Детали судовых механизмов разрушаются вследствие следующих видов коррозии: газовой, жидкостной (в кислотах, солевых жидкостях, щелочных средах), контактной щелевой, кавитационной, электрохимической и химической. Распространенными видами являются коррозия при трении (при скольжении соприкасающихся поверхностей), фреттинг-коррозия (при колебательном перемещении соприкасающихся поверхностей). Вследствие попадания воды в топливо и смазочное масло все виды коррозии в судовых дизелях становятся электрохимическими.

Проведенные исследования показали, что при использовании

пористых покрытий для предотвращения коррозионных разрушений необходима химико-термическая обработка, например сульфатирование. Для ускорения пассивации и предотвращения контактной коррозии эффективна, например, термическая обра-

ВЛИЯНИЕ КОГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ НА ИЗНАШИВАНИЕ ПОКРЫТИЙ

| Наименование покрытия | Когезионная прочность (σ_k), МПа | Коэффициент трения $K_{тр}$ | Число циклов, $N_{ци} \cdot 10^6$ | Износ, $\text{мм}^3 \cdot 10^{-3}$ |
|---------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| ПН85Ю15 * | 16 | 0,15 | 400 | 4,2 |
| ZrO ₂ | 7 | 0,12 | 100 | 5,0 |
| ПН85Ю15 + 10 % ZrO ₂ | 12 | 0,10 | 300 | 4,5 |
| ЭП616 | 19 | 0,08 | 700 | 1,0 |
| ПРСР-4 | 19 | 0,09 | 600 | 1,5 |
| ПН85Ю15 ** | 14 | 0,08 | 500 | 2,3 |
| ПН85Ю15 *** | 16 | 0,07 | 400 | 1,8 |

Примечания: * напыление с последующей импульсной обкаткой;

** напыление с последующей ультразвуковой обкаткой;

*** напыление с ультразвуковой послойной обкаткой.

ботка вкладышей подшипников.

На основании проведенных исследований по определению механических, технологических и эксплуатационных свойств покрытий, полученных различными способами газотермического напыления, разработана классификация технологий. Результаты этих исследований позволили разработать рекомендации по применению методов и технологий нанесения упрочняющих покрытий на конкретных узлах и деталях судовых дизелей. Таким образом, успешный выбор материалов, обеспечивающих минимальный износ в судовых двигателях и других механизмах, возможен только при тщательном и всестороннем анализе причин износа и выборе оптимальных значений показателей критериев, определяющих свойства покрытий.

DIGEST

Wear of machines and mechanisms is a rather urgent problem for all branches of industry. The present-day technological processes of surface modification can improve characteristics of components and give them unique properties. Nowadays, several methods of surface modification are known. Good results are provided by thermal spraying technique making possible to get high-quality surface layers of components with a wide range of properties. The successful choice of materials for surface hardening by this technique depends on completeness and depth of the analysis as well as classification accuracy of reasons for wear. Wear is classified as follows: friction, fretting, cavitation, wear during thermal cycling, and corrosion. Each type has a set of wear criteria. The successful choice of materials ensuring minimal wear of ship engines and mechanisms is possible only with optimum values of the criteria determining properties of the coatings.

PROFOUND ANALYSIS – WAY TO MINIMAL WEAR

"ЭГА" СОХРАНЯЕТ ТЕМП

Виктор Зазулов,
главный конструктор ОАО НПП "ЭГА"



На всех советских самолетах, принимавших участие в боях в годы Второй мировой войны, были установлены карбюраторы и системы непосредственного впрыска для авиационных двигателей разработки ОКБ-315, впоследствии МАКБ "Темп". Организованное в 1940 г., в послевоенные годы, с приходом в авиацию ГТД, предприятие изменило тематику работ – оно приступило к созданию систем автоматического управления (САУ) двигателями.

Специалистами этого КБ, ставшего в 1991 г. научно-производственным предприятием "ЭГА", разработано пять поколений САУ: от относительно простых полуавтоматических регуляторов на первых ГТД до сложнейших комплексных электронно-гидравлических систем, управляющих современными газотурбинными двигателями. Практически все отечественные военные самолеты, включая ветеранов Ту-16, МиГ-15, Су-7 и современные истребители МиГ-29 и Су-30, оборудованы системами разработки НПП "ЭГА".

В гражданской авиации успешно эксплуатируются самолеты марок "Ту", "Ил" и "Ан", двигатели которых оборудованы САУ, разработанными в НПП. Здесь же создан ряд систем для ракетных комплексов, принятых на вооружение Министерством обороны.

НПП "ЭГА" многие десятилетия является лидером в области разработки САУ газотурбинных двигателей авиационного применения. Испытательный комплекс предприятия позволяет проводить доводочные и сертификационные испытания как гидравлических, так и электронных агрегатов, а уникальный испытательный комплекс для полунатурного моделирования обеспечивает исследование современных САУ ГТД в различных эксплуатационных условиях.

Но не только для авиации работает предприятие. В НПП "ЭГА" накоплен уже более чем 20-летний успешный опыт создания и внедрения САУ для наземных газоперекачивающих и энергетических установок на базе ГТД. Создана система распределенного впрыска топлива для автомобильных поршневого двигателя объемом от 1,5 до 2,0 л. Проведены ее испытания на двигателях Уфимского МПО с автомобилями "Орбита" Ижевского завода и М2141 "Юрий Долгорукий" московского АЗЛК.



Счетно-решающий механизм регулятора основного контура

В рамках конверсионной программы разработаны и серийно выпускаются газорегуляторные установки с различной пропуск-

ной способностью, работающие в бытовых и промышленных газовых сетях среднего и высокого давления. Такие установки используются как при реконструкции существующих городских газовых сетей (более 1000 установок в Москве, Санкт-Петербурге, городах Московской области и других регионов России), так и при газификации объектов в сельской местности. Предприятие гарантирует непрерывную работу этих установок от 9 до 12 лет при минимальном уровне обслуживания.



САУ для ГТД малой и средней тяги

В настоящее время НПП "ЭГА" разрабатывает САУ двигателя тягой 14 т для самолетов семейства "Су", электронно-гидравлические САУ двигателей малой и средней тяги для перспективных самолетов МиГ-АТ, Як-130, Ил-114, вертолетов Ми-38 и Ка-60. Кроме того, модернизируются внедренные ранее САУ для семейства двигателей АЛ-31 и РД-33, разрабатываются и производятся системы для газоперекачивающих и энергетических установок, проектируются новые газорегуляторные установки с пропускной способностью до 5000 м³/ч.

Продукцию НПП "ЭГА" отличают неординарность и высокий уровень технических решений, а также надежность, отвечающая самым взыскательным требованиям заказчика. Поэтому предприятие имеет широкие международные связи, успешно сотрудничает с Францией, Китаем, Индией, Южной Кореей и другими странами по созданию систем автоматического управления и их составных частей.

Мы будем рады познакомить и Вас со своей продукцией. НПП "ЭГА" готово к деловому сотрудничеству.



125015, Россия, Москва, ул. Правды, 23
ОАО НПП "ЭГА"
Тел.: (7+095) 285-9140
Факс: (7+095) 257-1606

DIGEST

The "EGA" Scientific-Research Association is the leader in the design and development of automatic control systems (ACS) destined for aviation engines. The company accumulates 20-year successful experience in development and implementation of ACS for gas pumping and power units on the base of GTE. Nowadays the "EGA" develops the ACS of 14-ton thrust engine for Su-family aircrafts, the electronic hydraulic ACS of small and middle-thrust engines for MiG-AT, Yak-130, Il-114, Mi-38, and Ka-60 flight vehicles. Moreover, the company upgrades the ACS for AL-31 and RD-33-family engines, develops and manufactures systems for gas pumping and power units. The "EGA" company's products are characterized by the original and high-level technical approach as well as reliability meeting requirements of the most demanding customers.

THE "EGA" IS KEEPING PACE

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ — КЛЮЧ К СОЗДАНИЮ ДВИГАТЕЛЕЙ



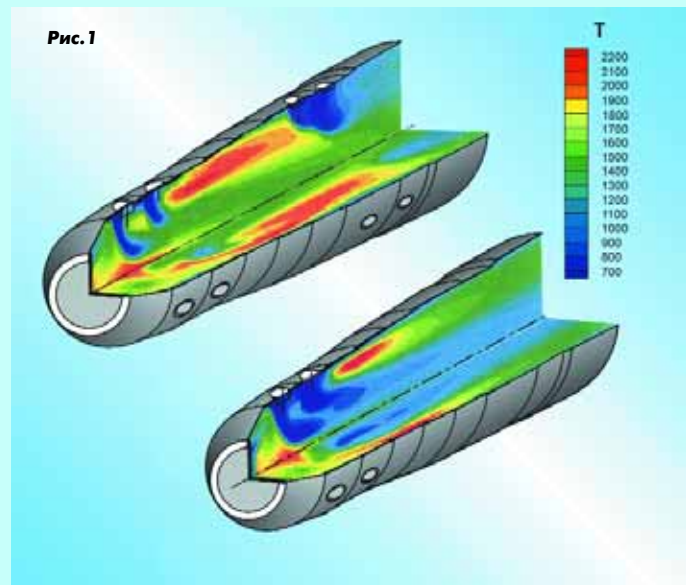
Скибин В.А., Крайко А.Н., Блииник Б.С., Браилко И.А., Иванов М.Я., Копченев В.И., Макаров В.Е., Секундов А.Н., Темис Ю.М., ЦИАМ им. П.И. Баранова

Увеличение объема информации, необходимой для создания новых объектов аэрокосмической техники, усложнение связей между элементами проектируемых объектов и качественное изменение применяемого при этом математического аппарата неминуемо приводит к тому, что важнейшим инструментом исследователя и конструктора становится математическое моделирование (матмоделирование). В основе этого — опора на самое совершенное понимание механики проходящих в объекте процессов, физики и химии сплошных сред, эффективные методы численного интегрирования и оптимизации, непрерывный прогресс в области компьютерной техники. Авиационные двигатели, будучи предельно энерго- и теплонапряженными, и крайне сложными в конструктивном отношении, должны удовлетворять жестким требованиям

шей в 1976 г. под редакцией родоначальника этого подхода С.К. Годунова монографии "Численное решение многомерных задач газовой динамики". Эта монография, ставшая настольной книгой нескольких поколений отечественных аэрогазодинамиков, обеспечила заметный прогресс в двигателестроении. На Западе распадные схемы (к которым относятся так называемые "TVD-схемы") получили широкое распространение примерно с десятилетней задержкой.

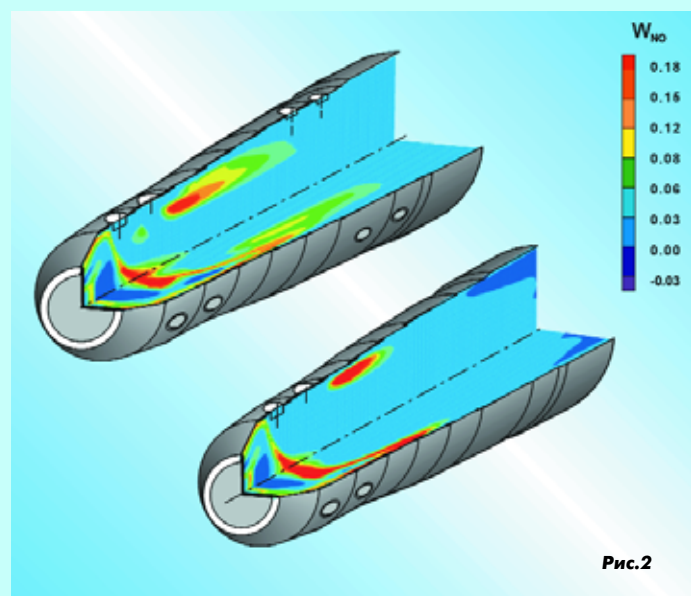
При активном участии ученых ЦИАМ численные методы получили дальнейшее развитие. Так, для расчетов установившихся во времени режимов теперь обычно используются неявные схемы. Повышен порядок аппроксимации и, что особенно важно, выполнено сохраняющее аппроксимацию простое обобщение на произвольные нерегулярные разностные расчетные сетки. Распадные схемы обеспечивают слабое размазывание ударных волн, однако в расчетную практику вошло построение главных разрывов в явном виде. Для такого выделения созданы эффективные алгоритмы, что позволило с большей достоверностью определять конфигурацию скачков уплотнения, ударных волн, их взаимодействие с пограничными слоями.

Первоначально распадные схемы применялись лишь при интегрировании уравнений Эйлера, описывающих течения невязкого газа. Затем они нашли применение и при интегрировании уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса для ламинарных и турбулентных тече-



по надежности, экономичности, ресурсу и весу. Конечно, эти требования сопутствовали процессу создания всех поколений авиационных двигателей, однако теперь требования к качеству научного сопровождения разработки существенно ужесточились. Наличие в ЦИАМ крупных научных школ Г.Г. Черного, Г.Н. Абрамовича и И.А. Биргера предопределило успешное развитие матмоделирования в этом головном институте отрасли. Здешним ученым принадлежат многие достижения, обусловившие успех нового инструмента научного и конструкторского поиска.

Переход к расчетам процессов, протекающих при больших скоростях и резких изменениях в кинетике газового потока в авиационных двигателях различного типа привел к тому, что в ЦИАМ в начале 70-х гг. впервые в практике газодинамических расчетов стали широко применяться монотонные разностные схемы "распадного" типа. С их помощью были созданы эффективные алгоритмы для не решавшихся до того смешанных эллипτικο-гиперболических задач (например, прямой задачи теории сопла Лавалля). Почти одновременно в ЦИАМ была предложена расппадная схема "маршевого" счета дву- и трехмерных сверхзвуковых течений, не имевшая конкурентов по эффективности и работоспособности. Расчеты, выполненные с применением расппадных схем, легли в основу вышед-



ней, а также для уравнений кинетики неравновесных физико-химических процессов. При больших скоростях химических реакций уравнения кинетики описывают процессы, происходящие за короткие промежутки времени в весьма ограниченном объеме, что при интегрировании общепринятыми методами требует чрезвычайно мелких разностных сеток. В узких зонах реакций такой подход не обходимо из-за малой протяженности расчетного поля и обеспечивает сокращение затрат вычислительных ресурсов. Вне таких зон требование малого размера разностных ячеек, не связанное с резкими изменениями концентраций химических компонент, обусловлено лишь особыми свойствами используемых уравнений и физиче-

ски не оправдано. Простой способ преодоления этих трудностей был предложен в ЦИАМ еще в шестидесятых. При матмоделировании наиболее важных в практике авиодвигателестроения турбулентных режимов серьезной проблемой становится "замыкание" уравнений Рейнольдса. Причина этого в том, что возможность учета вновь появляющейся турбулентной вязкости не следует автоматически из механики сплошных сред, лежащей в основе традиционных методов

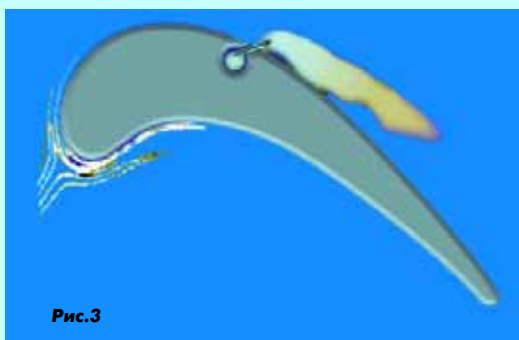


Рис.3

расчетов. Приходится вводить специальные уравнения, отражающие особенности процессов сжимаемости, тепло- и массопереноса.

Предложенные существующей в ЦИАМ школой Г.Н. Абрамовича дифференциальные модели процессов превосходят другие известные в мире аналоги по адекватности описания тонких и в то же время важных для приложений эффектов.

Не менее важный вклад сделан в ЦИАМ для описания процесса горения. В камере сгорания, где относительный уровень турбулентности достигает 50..100 %, смешение топлива с воздухом, а следовательно и горение, практически полностью определяется турбулентностью. В.Р. Кузнецов разработал теорию турбулентного горения, в основе которой лежит физически обоснованное предположение о тонкой зоне горения. Эта идея позволила математически строго разделить область применимости уравнений газодинамики и уравнений кинетики. Благодаря этому удается производить расчет трехмерного горения с учетом сотен реакций между многими десятками химических компонент.

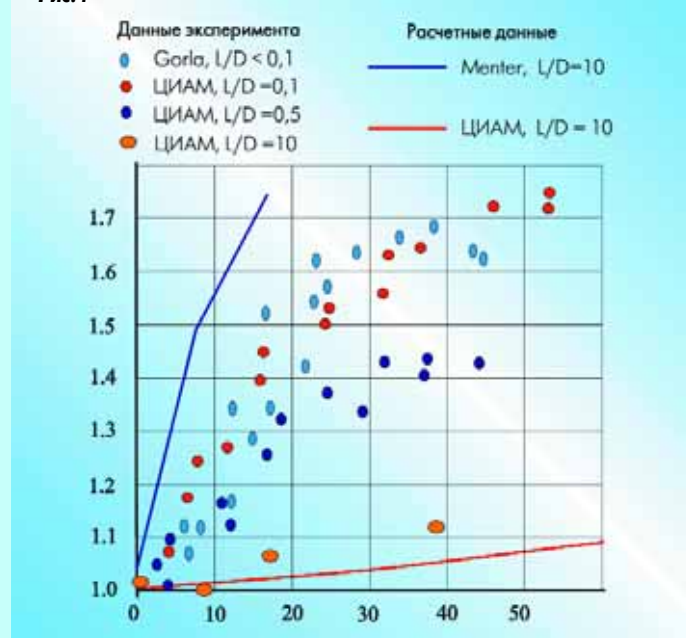
В качестве первого примера, демонстрирующего возможности предложенных моделей турбулентности и тонкой зоны турбулентного горения, приведем результаты расчета протекания процессов в камере сгорания авиационного типа, предназначенной для стационарной энергетической установки и потому работающей на метане. Уравнения Рейнольдса замыкались предложенной в ЦИАМ однопараметрической дифференциальной моделью турбулентности "vt-90". Главное внимание уделялось выбросам окислов азота NOx. Учитывались все известные механизмы их образования: механизм Зельдовича и "prompt". Установлено влияние перераспределения подвода воздуха по длине камеры на образование NOx. На рис. 1 и рис. 2 приведены поля температур и скорости образования NOx для двух вариантов конструкции камеры сгорания: первый — стандартный, второй — с увеличенным подводом воздуха в головную часть через дополнительный ряд отверстий. В результате такой модификации сократился объем высокотемпературных зон, а выбросы NOx уменьшились на 30...40 %.

В качестве второго примера приведем результат расчета обтекания турбинной лопатки высокотемпературным потоком с турбулентностью порядка 10 %. Поскольку совершенство турбины определяющим образом влияет на рост эффективности двигателя, то учет турбулентности приобретает особое значение. В этой связи отметим элементы вязкого течения у поверхности лопатки, где влияние турбулентности особенно заметно. Это — тепловые

потоки в переднюю кромку, струйное (пленочное) заградительное охлаждение и переход от ламинарного режима к турбулентному (рис. 3). Во всех трех случаях влияние турбулентности Tu в зависимости от ее интенсивности ($Tu = u/U$, где U — скорость потока, а u — ее пульсация), масштаба турбулентности L и числа Рейнольдса может привести к изменению тепловых потоков по сравнению с бестурбулентным обтеканием в 2...3 раза. Однако существующие модели турбулентности не предсказывают такого эффекта, поскольку создавались для течений, в которых масштаб турбулентности мал по сравнению с характерным размером задачи D ($L/D \ll 1$), в то время как при обтекании турбинных лопаток отношение L/D существенно превышает единицу.

На рис. 4 приведены экспериментальные и расчетные данные для тепловых потоков в критической точке турбинной лопатки. Здесь Nu - число Нуссельта, а Re - число Рейнольдса. По мере увеличения относительного масштаба турбулентности L/D значимость влияния тепловых потоков убывает. Между тем наиболее точная модель Менгера из Центра им. Льюиса, хорошо работающая в случае малых отношений L/D , с увеличением этой величины завышает экспериментальные данные более чем на 50 %. Двухпараметрическая модель ЦИАМ, совпадающая с американской при малом масштабе турбулентности, дает и при большой его величине значения характеристик тепловых потоков, близкие к наблюдаемым.

Рис.4



Сказанное не исчерпывает достижений ученых ЦИАМ в создании базы матмоделирования применительно к проблемам авиодвигателестроения. Так, применительно к задачам построения сопел разного типа были развиты эффективные прямые и непрямые ("вариационные") методы оптимального профилирования. Основанные на методе характеристик и на маршевых схемах сквозного счета численные алгоритмы позволяют строить сопла, реализующие максимум тяги при габаритных и иных дополнительных ограничениях, и определять их характеристики на нерасчетных режимах.

(Продолжение в следующем номере)

DIGEST

MATHEMATICAL MODELING – THE KEY TO DEVELOPMENT OF AVIATION ENGINES AS THEY ENTER THE 21ST CENTURY

Non-stopping information flow necessary for development of new objects in aerospace engineering and increasing complexity of interrelation between elements of objects under development inevitably lead to wider application of mathematical modeling techniques. Efficient algorithms were created with an active support from CIAM's experts that made possible to study the shape of shock waves and their interaction with boundary layers.

CIAM's developed differential models of processes are at the highest world level regarding adequate description of intricate and important effects. No less significant is CIAM's contribution to description of processes in combustion chambers. Numerical algorithms derived from the method of performance prediction and the through calculation technique are used in the designing of nozzles with maximum thrust under dimensional and other additional restrictions and make possible to calculate characteristics of nozzles at off-design regimes.

Фото Артура Саркисяна

Як-18Т с двигателем М-14П



ЧЕТЫРЕХТАКТНИКИ: КЛАССИКА "ПОРШНЕВИКОВ"

Александр Гомберг,
генеральный директор ООО "Мотив"

Строки популярного марша "Все выше, и выше, и выше..." долгое время являлись своеобразным символом отечественной авиации. Действительно, прогресс в этой области был настолько стремительным, а успехи — столь впечатляющими, что чувство гордости законным образом возникало у всех, так или иначе причастных к созданию, производству и эксплуатации авиационной техники. Динамичное развитие авиационной техники последние 50 лет в немалой степени было связано с совершенствованием двигателей, преимущественно газотурбинных. Старые-добрые "поршневики" — прямые потомки моторов 30-х гг. — постепенно отошли в тень, укрывшись в "экологической нише" легкомоторной и спортивной авиации.

На сегодняшний день считается эффективным применение "поршневики" мощностью, не превышающей 300 л.с. В самом классическом варианте — это четырехтактные двигатели воздушного охлаждения. Используемые сегодня двигатели мало отличаются по конструкции и техническим характеристикам от своих предшественников, несмотря на значительный прогресс в авиационном двигателестроении. Есть все основания считать, что "старички" еще не скоро сдадут свои позиции и скромно перейдут рубеж веков.

На сегодняшний день выжили конструктивные схемы двигателей со звездообразным расположением цилиндров (их обычно от 5 до 9 в одной плоскости), рядной схемы (4 — 6 цилиндров) и оппозитные (от 2 до 8 цилиндров).

Исторически развитие авиационных моторов шло параллельно с автомобильными, однако в 50-е гг. их пути разошлись. Может сложиться впечатление, что прогресс в области авиационных "поршневики" остановился, в то время как автомобильные их собратья вышли на новые рубежи. И не случайно. Так, с ростом требований к автомобилям рабочий цикл их двигателей стал смещаться в сторону больших запасов мощности для обеспечения лучших динамических характеристик автомобиля, в то время как потребные мощности для равномерных участков движения остались теми же или даже снизились. Что же касается легких ЛА, то, хотя среднестатистическая продолжительность их полета несколько сократилась, потребная мощность в крейсерском полете

ЧЕТЫРЕХТАКТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

| Характеристики | М - 14 П | ТЮ-360-С | АЕЮ-540-Л | Ю-720-А | ГТСЮ-520-Д | Voyager 550 | М 332 | М 137(М 337) | ROTAХ-912UL |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|------------|------------|----------------|-------------|-------------|------------------|-----------------------------------|
| | ОКБМ, ВМЗ Воронеж (Россия) | Lycoming (США) | | | Teledyne (США) | | LOM (Чехия) | | Rotax- Bombardier (Австрия) |
| Расположение цилиндров | звезда | оппозитный | оппозитный | оппозитный | оппозитный | оппозитный | рядный | рядный | оппозитный |
| Количество цилиндров | 9 | 4 | 6 | 8 | 6 | 6 | 4 | 6 | 4 |
| Охлаждение | воздушное | воздушное | воздушное | воздушное | воздушное | смешанное | воздушное | воздушное | смешанное |
| Раб. объем, л | 10,16 | — | 8,8 | 11,83 | 8,5 | 9 | 3,98 | 5,97 | 1,21 |
| Степень сжатия | 6,3 | 7,3 | 8,7 | 8,7 | 7,5 | 7,5 | 6,3 | 6,3 | 9,5 |
| Диаметр / ход, мм | — | 131 / 111 | 131 / 111 | 131 / 111 | 133 / 102 | 133 / 108 | 105 / 115 | 105 / 115 | 79,5 / 61 |
| Макс. мощность, л.с. | 360 | 210 | 300 | 400 | 375 | 350 | 140 | 180 (210) | 80 |
| Частота вращения коленвала, 1/мин | 2900 | 2575 | 2700 | 2650 | 3400 | 2700 | 2700 | 2750 | 5800 |
| Полная масса, кг | 214 | 160 | 205 | 260 | 250 | 230 | 113 | 146,5 (166,6) | 56 |
| Удельный расход топлива, г/л.с.·ч | 225 | 215 | 210 | 205 | — | 205 | 225 | 240 | 213 |
| Ресурс, моточасов | 1500 | — | — | — | — | — | 2000 | 2000 | — |

осталась прежней и составляет до 80 % от "максимала". Другим важным фактором замедления темпов развития авиационных двигателей стало сокращение инвестиций в эту область техники.

Схема звездообразного двигателя родилась как чисто авиационная, и других применений практически не имела. Такая схема расположения цилиндров обеспечивает минимальную удельную массу двигателя, что невозможно реализовать при других схемах. Классический представитель этой технической традиции, доживший до наших дней — российский М-14П. Этот двигатель можно считать идеальным для спортивно-пилотажных самолетов. Успехи отечественных пилотажных машин "Як" и "Су", признанных во всем мире, во многом определяются этим мотором. В то же время большой мидель таких двигателей накладывает существенные ограничения на места их установки, ухудшает аэродинамические характеристики самолета. В эксплуатации они недостаточно эргономичны, требуют хорошей аэродромной базы и частого проведения регламентных работ. Их экономические показатели отстают от требований сегодняшнего дня. Дальнейшее улучшение их характеристик весьма затруднительно.

Оппозитная схема расположения цилиндров встречается не только в авиации. Отличные данные получились у автомобильных двигателей "Фольксваген", "Порше", "Субару". На базе двигателя "Фольксваген" были созданы авиационные "Лимбахи", фирма "Порше" также выпустила авиационный вариант своего мотора, а двигатели "Субару" используют любители для самодельных ЛА. "Оппозитки" имеют достаточно малый удельный вес, небольшой "лоб", образуют ряд модификаций с 4, 6 и 8 цилиндрами. Эта схема позволяет легко "впитывать" все современные достижения автомобилистов. Прочные позиции фирм "Лайкоминг" и "Теледайн Континентал" на рынке авиадвигателей во многом определяются удачным выбором конструктивной схемы. Новые двигатели фирмы "Ротакс" также являются оппозитными. Не будет преувеличением, если мы будем считать "оппозитку" оптимальной схемой для авиации общего назначения.

Рядная схема — самая привычная для нас, поскольку большинство отечественных автомобильных моторов имеет аналогичное расположение цилиндров. Преимуществом рядных двигателей является наименьший мидель, а недостатком — не самые лучшие значения удельной массы. Многие зарубежные фирмы традиционно производят такие моторы. Так, чешский завод "Вальтер" выпускает авиационные "рядники", начиная с 1912 года! В настоящее время завод "ЛОМ" в Праге производит их прямых потомков ЛОМ 332 и ЛОМ 337, которые пользуются спросом в России благодаря высокой надежности, простоте обслуживания и "всеядности".

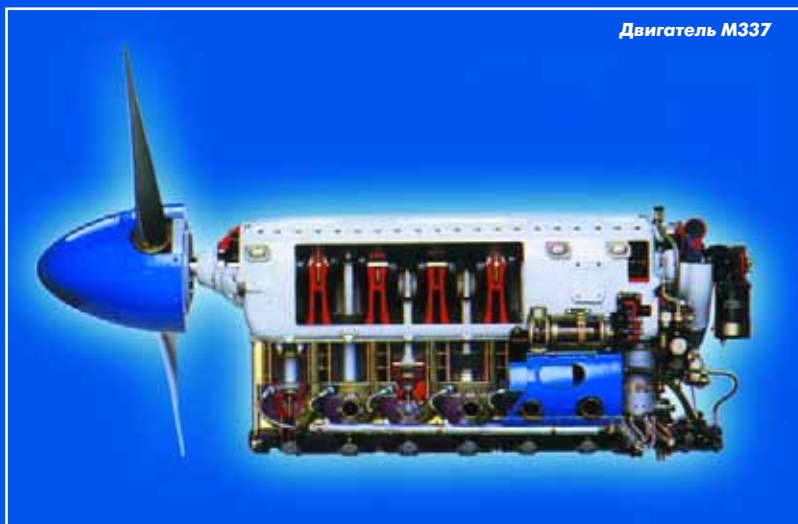
V-образное расположение цилиндров в авиации использовалось для мощных моторов жидкостного охлаждения, но в настоящее время серийных двигателей такой схемы никто не выпускает. Возможно, это связано с историческими обстоятельствами или с тем, что конструктивно охлаждение двигателя воздухом в этой схеме затруднено.

Практически все четырехтактные моторы — бензиновые карбюраторные или с впрыском топлива низкого давления. В топливной системе применяют беспоплавковые карбюраторы, обеспечивающие выполнение "перевернутого" полета.

Привод воздушного винта осуществляется напрямую от коленчатого вала или через редуктор с небольшим передаточным отно-

шением. Невысокие обороты двигателя обеспечивают длительный ресурс и высокую надежность. Расплатой за эти показатели являются низкая литровая мощность и не слишком передовые значения расхода топлива. Тепловой режим двигателя таков, что вполне достаточно охладить цилиндры воздухом от набегающего потока или от вентилятора, поток от которого распределяется системой дефлекторов. Однако стремление к улучшению конструкции двигателей привело к использованию комбинированной системы охлаждения — в этом случае головка цилиндра охлаждается жидкостью, а оребренная гильза — воздухом. Привод механизма газораспределения осуществляется с помощью штанг-толкателей от распределительного вала, расположенного внутри картера, а у звездообразных двигателей — от профилированных шайб.

Особенностью авиационных "четырёхтактников" является масляная система типа "сухой картер" с откачивающим насосом повышенной производительности, системой суфлирования и мас-



лорadiatorом. Отдельная система обеспечивает привод механизма изменения шага воздушного винта. Чаще всего системы шумоглушения у четырехтактных двигателей нет. Такое решение, конечно, вынужденное, но вряд ли стоит мириться с таким положением в дальнейшем.

Совершенствование двигателей идет по пути замены агрегатов на более современные, часто автомобильного типа. Рабочий процесс и конструкция цилиндра-поршневой группы меняются медленно, но, быть может, такой консерватизм оправдан?

В заключение следует подчеркнуть: хотя удельные параметры авиационных четырехтактников могут быть даже "хуже", чем у их автомобильных собратьев, однако эти "ископаемые" выжили не случайно. Сблзаны найти им альтернативу чрезвычайно велик, и такие попытки делаются постоянно, но надежды разработчиков редко сбываются. Проблема гораздо сложнее, чем выглядит на первый взгляд. Наши зарубежные коллеги, выпуская двигатели классических схем, насытили ими внутренний рынок и вполне могут позволить себе поиск в области экзотических схем. В России же стоило бы вначале обеспечить наших потребителей недорогими обычными моторами, тем более что рынок таких двигателей в России есть. Прогнозы говорят даже о возможном его расширении при выполнении двух условий: снижении цены и обеспечении возможности использования отечественных топлив и масел.

DIGEST

The developments in the field of aviation engines went in parallel with motor-car engines till 50s when they moved apart. It may seem that the progress in aviation piston engines has come to a halt while their motor-car neighbors still show a considerable step forward. It is necessary to note: in spite of worse specific characteristics, the vitality of aircraft piston engines is not accidental. Although the dreams to find alternatives are extremely strong and such attempts were made, the hopes of the developers rarely came true. The problem is much more intricate than it seems at the first glance. The foreign market is glutted with engines of the classic schemes. That's why, the search in the field of "exotic" schemes is believed as quite possible. Russian market of this-type engines is open, and it would be expedient to provide our customers with inexpensive commonly-used motors. Based on predictions, the market could be even better in case of price cutting and usage of Russian fuels and oils.

"FOUR-STROKERS" IS CLASSICS AMONG PISTON ENGINES

ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЕ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ

Виктор Аршинов,

ведущий инженер УЭР ОАО "А. Льюлька-Сатурн"

В ходе эксплуатации двухвалных ГТД наблюдались случаи разрушения роликового подшипника передней опоры турбины низкого давления (ТНД), так называемого "межвального подшипника" (МВП). Демонтаж двигателей в связи с обнаружением недопустимых дефектов МВП вызывает значительные материальные потери. Если дефект своевременно не выявлен, то он может привести и к летному происшествию. Между тем, известны способы повышения надежности конструкции узла МВП, в том числе и пока не внедренные.

Как это ни парадоксально, но разрушение МВП авиационных ГТД происходит не из-за чрезмерной нагрузки на опору, а напротив — из-за слишком малой их загрузки. МВП расположен гораздо дальше от центра тяжести ТНД, чем задняя опора, и поэтому он воспринимает относительно небольшую долю весовой нагрузки турбины. Именно это расчетное значение нагрузки является основным параметром, по которому выбирается МВП. В отдельные моменты времени из-за вибрации контакт между внутренним кольцом подшипника и роликами нарушается (стык раскрывается). Ролики, отброшенные центробежной силой от внутреннего кольца, теряют с ним постоянный контакт и начинают проскальзывать без вращения вокруг своей оси. Сепаратор, центрированный по наружному кольцу, увлекается роликами во вращение вслед за ним.

Нерегулярная вибрационная нагрузка и прецессия вала ТНД, подклинивая случайным образом то один, то другой ролик, вызывает их оранку, а также появление следа проскальзывания на внутреннем кольце, так называемый "язык". Ролик, внезапно подторможенный внутренним кольцом, получает удар сепаратором, у которого при этом деформируется перемычка. От удара сепаратора о ролик



Неравномерный по окружности износ и усталостное выкрашивание внутреннего кольца

на наружном кольце образуется след проскальзывания в виде поперечной полосы, так называемое "нарубание". Следы приработки центровочных поверхностей сепаратора, наружного кольца и его бортов слабые, так как проскальзывание сепаратора уменьшает их относительную скорость.

При маневрировании летательного аппарата, полете в турбулентной атмосфере и на взлетно-посадочных режимах нагрузка на МВП возрастает. Попадание МВП под рабочую нагрузку в нерасчетном состоянии, когда сепаратор и ролики вовлечены в движение совместно с наружным кольцом, вызывает появление еще более ярко выраженного набора характерных дефектов. Постепенное накопление такого рода дефектов приводит к разрушению МВП.

Перечисленный набор характерных дефектов МВП был выявлен при разборке значительного числа двигателей АЛ-31Ф после диагностики по шумности вращения на ММПП "Салют". Набор дефектов МВП двигателей семейства Д-30 аналогичен. Конструкция ротора ТНД двигателя АИ-25ТЛ подобна, и повреждения должны быть те же, а у двигателя Р-13Ф-300, имеющего меньшие относительные скорости движения колец МВП, дефекты проявляются менее ярко.



Поперечные полосы на наружном кольце. Усталостное выкрашивание

Анализ причин разрушения МВП позволяет перейти к выбору мероприятий, направленных на устранение дефекта. Если шарикоподшипник при отсутствии радиальной нагрузки можно подгрузить осевой, то для роликоподшипника такой возможности нет. Поэтому вместо отсутствующей рабочей нагрузки МВП стремятся нагрузить искусственно созданной.

С этой целью можно, например, ввести дисбаланс ТНД, в результате радиальная нагрузка будет последовательно нагружать и раскручивать все ролики за каждый оборот вала. Однако такое решение вызывает повышенную вибрацию.

Другой способ — введение аэродинамической неуравновешенности ТНД, выполнив одну лопатку отличной от остальных. Это вызовет прецессию, радиальная сила которой будет действовать аналогично дисбалансу. Однако пока неизвестно, применялся ли когда-либо этот способ в ГТД.

Единственным реально применяемым техническим решением является несоосное расположение колец МВП, в результате чего зазор между роликами и кольцами устанавливается неравномерным. Если радиальная нагрузка на участке с уменьшенным зазором достаточна для постоянного раскручивания роликов без их перегрузки, то проскальзывание уменьшается и режим работы МВП приближается к расчетному. Однако этот способ нетехнологичен, поскольку величину смещения подшипникового узла, обеспечивающего несоосность, необходимо устанавливать индивидуально при сборке. Требу-



След проскальзывания на внутреннем кольце

РЕЖИМ РАБОТЫ ПОДШИПНИКА

расчетный

реальный

интенсивного износа

емая несоосность определяется величиной радиального зазора в подшипнике и соизмерима с допуском изготовления узла.

Все рассмотренные способы повышения надежности МВГП, как нетрудно заметить, достигаются за счет "ухудшения" двигателя. По-настоящему эффективное решение, по-видимому, следует искать в иной плоскости, не связанной с сознательным ухудшением конструкции двигателя. Как представляется, повышения надежности МВГП можно добиться путем совершенствования конструкции самого подшипника. Что же там можно изменить?

При недостаточной величине радиальной нагрузки сохранить постоянный контакт роликов с внутренним кольцом, от которого они отбрасываются центробежной силой, нельзя. Но зато можно сохранить опосредованный контакт через сепаратор, если центрировать его по внутреннему кольцу. Тогда все ролики одновременно будут раскручиваться парой сил:

— силой F_1 трения о движущееся с большей скоростью наружное кольцо, к которому ролики прижимаются центробежной силой;

— силой F_2 со стороны сепаратора, центрированного по внутреннему кольцу, имеющего меньшую скорость вращения и подтормаживающего ролики.

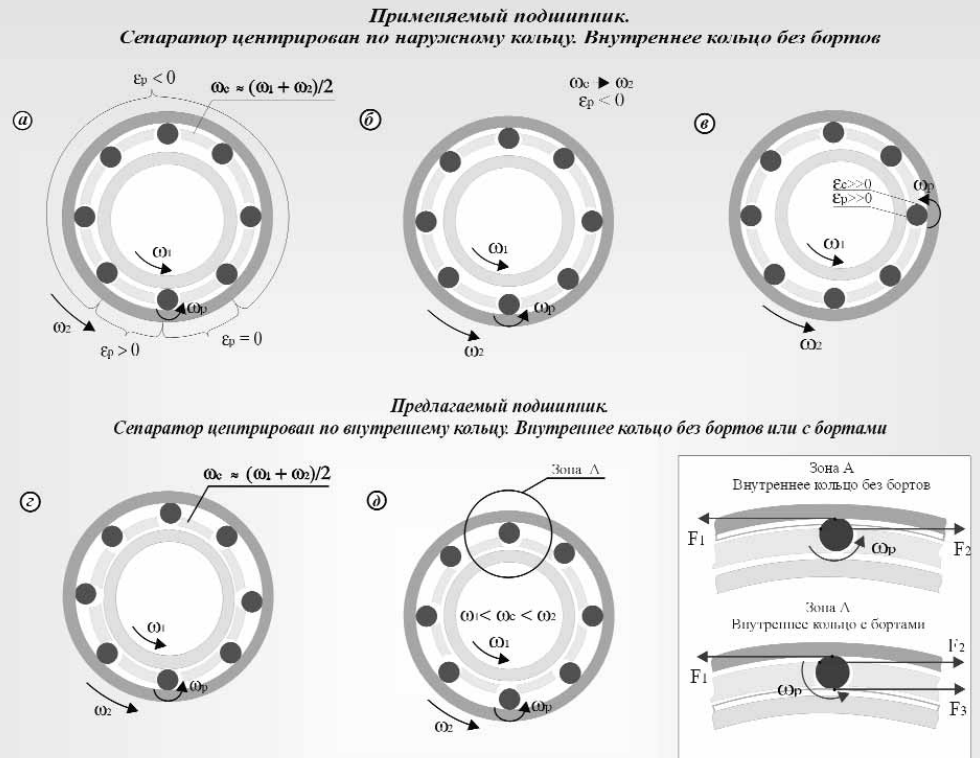
Таким образом, в МВГП, вращающемся без нагрузки, но с сепаратором, центрированным по внутреннему кольцу, ролики будут раскручиваться из-за трения деталей подшипника между собой. Проскальзывание, нерасчетные динамические напряжения и величина дефектов уменьшатся. Нужно только преодолеть устойчивое



Трещина сепаратора

предубеждение против применения центровки сепаратора по внутреннему кольцу, основанное на опыте эксплуатации одновальных двигателей, где наружные кольца подшипников не вращались. В то же время следует подчеркнуть, что центровка по внутреннему кольцу оправдана лишь в МВГП, а в остальных случаях приведет не к положительным, а к отрицательным последствиям.

При наличии бортов на внутреннем кольце раскручиванию роли-



ков будет способствовать сила F_3 трения торцов роликов о борта, способная заменить силу F_2 . В этом случае можно сохранить центровку сепаратора по внешнему кольцу МВГП.

Для подтверждения правильности высказанных идей предложены:

- стенд для проверки работоспособности и долговечности МВГП, позволяющий наблюдать процесс разрушения;
- виброметр ГД, предназначенный для контроля состояния МВГП с записью результатов на бортовой регистратор.

И все же приходится констатировать, что предложенные меры являются паллиативными. Долголетняя борьба за надежность МВГП лишний раз подтверждает давно известный факт: применяемые подшипники качества практически исчерпали возможности совершенствования и всё больше сдерживают авиадвигателестроение.



Огранка ролика

DIGEST

Damage of a low-pressure turbine frontal bearing (or an "intershaft bearing") is often detected under operation of two-shaft gas turbine engines. Strange as it may seem, the bearing failure is caused not by overloading. Conversely, the reason is underloading. Investigators are making efforts to load the bearing by special aids. For example, by making low-pressure turbine unbalance leading to one-by-one radial loading of all rollers per shaft revolution or by non-axial arrangement of the bearing races resulting in a non-uniform gap between rollers and races.

Above mentioned methods increase reliability but cause the engine "deterioration". An efficient solution should be searched in the area not related to the unbalance. Improvement of reliability could be achieved by the bearing structure modification, e.g. by centering the cage in the inner race.

SLIPPING AND RELIABILITY OF BEARINGS

ШУМ ВОКРУГ



Роллан Шипов,

ведущий научный сотрудник ГНЦ РФ ЦИАМ

Продолжающееся интенсивное развитие мировой гражданской авиации не позволяет не только снять вопрос об ее экологичности, но даже сколь-нибудь ослабить претензии общественности к авиации, как к фактору давления на мировую экосистему.

По понятным причинам главные проблемы экологии гражданской авиации связаны с маршевыми двигателями: именно они являются основными источниками как шума, так и эмиссии вредных веществ. Однако, пожалуй, на этом и кончается сходство двух этих экологических проблем, поскольку они различаются и физическими принципами воздействия и подходами к его нормированию и снижению. Тем не менее, с апреля 2002 г. полеты любых самолетов, не удовлетворяющих по шуму нормам Главы 3 ИКАО, во многих странах будут запрещены. Времени для принятия решений и их воплощения почти не осталось.

При разработке норм на шум самолетов на местности вблизи аэропорта законодатель попытался учесть не только величину излучаемого шума, но и закономерности его распространения на пути к человеку, а также психофизические особенности восприятия шума ухом. В результате оказалось, что, хотя силовая установка является наиболее мощным источником шума, аэродинамические качества самолета во взлетно-посадочном цикле оказывают сильнейшее влияние на результирующее воздействие этого шума на человека. Напомним, что при нормировании эмиссии вредных веществ законодатель не стал учитывать процессы распространения выбросов к месту нахождения людей, в результате чего нормирование оказалось фактически независимым от летных особенностей самолета.

Достигнутый мировой авиацией в последние десятилетия гигантский прогресс в снижении шумности фактически стал результатом развития основного типа маршевого двигателя — ТРДД. В свою очередь, этот прогресс шел по пути:

- увеличения степени двухконтурности двигателей;

- внедрения и совершенствования глушителей шума вентилятора, то есть установки звукопоглощающих конструкций (ЗПК) в канале наружного контура силовой установки.

Значительное снижение шума двигателя происходило в результате уменьшения скорости реактивных струй (шум пропорционален восьмой степени скорости). Других эффективных ме-

тодов глушения этого шума до сих пор не найдено, поскольку он образуется уже вне двигателя — при смешении струи со спутным потоком воздуха. При этом в общем шуме ТРДД появляется пропорциональный величине расхода воздуха шум вентилятора. Однако этот шум на пути его распространения к выходу из силовой установки эффективно поглощается с помощью звукопоглощающих конструкций.

Процесс роста степени двухконтурности ТРДД отечественной транспортной авиации в прошлые годы имел некоторые отличия от общемировых тенденций, главной из которых стало создание двигателей с умеренной двухконтурностью (типа Д-30КУ), пришедших на смену ТРДД малой двухконтурности. В авиации США и Западной Европы, хотя и несколько позже, был совершен переход сразу на ТРДД большой двухконтурности. Указанными обстоятельствами объясняется различие проблем шумности в нашей и зарубежной авиации. Так, наш более ранний "рывок" по степени двухконтурности — с 1 до 2,3 — позволил самолетам Ил-62М и Ту-154М удовлетворить современным нормам по шуму, избежав при этом дорогостоящего процесса модернизации устаревших силовых установок, в который втянулась американская авиапромышленность. Однако недостаточность этого "рывка" сказывается ныне, не позволяя нашим наиболее массовым самолетам при степени двухконтурности маршевого двигателя 2,3 претендовать на удовлетворение новым — разрабатываем в настоящее время — нормам по шуму.

При разработке норм на шум самолетов на местности вблизи аэропорта законодатель попытался учесть не только величину излучаемого шума, но и закономерности его распространения на пути к человеку, а также психофизические особенности восприятия шума ухом. В результате оказалось, что, хотя силовая установка является наиболее мощным источником шума, аэродинамические качества самолета во взлетно-посадочном цикле оказывают сильнейшее влияние на результирующее воздействие этого шума на человека. Напомним, что при нормировании эмиссии вредных веществ законодатель не стал учитывать процессы распространения выбросов к месту нахождения людей, в результате чего нормирование оказалось фактически независимым от летных особенностей самолета.

Достигнутый мировой авиацией в последние десятилетия гигантский прогресс в снижении шумности фактически стал результатом развития основного типа маршевого двигателя — ТРДД. В свою очередь, этот прогресс шел по пути:

- увеличения степени двухконтурности двигателей;
- внедрения и совершенствования глушителей шума вентилятора, то есть установки звукопоглощающих конструкций (ЗПК) в канале наружного контура силовой установки.

Значительное снижение шума двигателя происходило в результате уменьшения скорости реактивных струй (шум пропорционален восьмой степени скорости). Других эффективных методов глушения этого шума до сих пор не найдено, поскольку он образуется уже вне двигателя — при смешении струи со слутным потоком воздуха. При этом в общем шуме ТРДД появляется пропорциональный величине расхода воздуха шум вентилятора. Однако этот шум на пути его распространения к выходу из силовой установки эффективно поглощается с помощью звукопоглощающих конструкций.

Процесс роста степени двухконтурности ТРДД отечественной транспортной авиации в прошлые годы имел некоторые отличия от общемировых тенденций, главной из которых стало создание двигателей с умеренной двухконтурностью (типа Д-30КУ), пришедших на смену ТРДД малой двухконтурности. В авиации США и Западной Европы, хотя и несколько позже, был совершен переход сразу на ТРДД большой двухконтурности. Указанными обстоятельствами объясняется различие проблем шумности в нашей и зарубежной авиации. Так, наш более ранний "рывок" по степени двухконтурности — с 1 до 2,3 — позволил самолетам Ил-62М и Ту-154М удовлетворить современным нормам по шуму, избежав при этом дорогостоящего процесса модернизации устаревших силовых установок, в который

втянулась американская авиапромышленность. Однако недостаточность этого "рывка" сказывается ныне, не позволяя нашим наиболее массовым самолетам при степени двухконтурности маршевого двигателя 2,3 претендовать на удовлетворение новым — разрабатываем в настоящее время — нормам по шуму.

Номенклатура же ТРДД большой двухконтурности в нашей транспортной авиации ограничена в настоящее время тремя двигателями: Д-36, Д-18 и ПС-90. Ближайшие десять лет именно эти двигатели могут позволить нашим самолетам без ограничений эксплуатироваться на международных авиалиниях.

Вернемся вновь к вопросу об особенностях нормирования шума самолетов. Как уже отмечалось выше, аэродинамика самолета во взлетно-посадочном цикле сильно влияет на его шумность. Поэтому установка одного и того же двигателя на разных самолетах может привести к совершенно различным результатам. Ярким примером подобного рода являются самолеты Ил-62М и Ил-76ТД, снабженные акустически идентичными двигателями Д-30КУ и Д-30КП. Итоговый шум этих самолетов связан с различием решаемых ими транспортных задач: грузовой Ил-76ТД прилетает более тяжелым, нежели пассажирский Ил-62М. Требуемый более высокий посадочный режим работы двигателя не позволяет Ил-76ТД удовлетворить современным нормам даже при установке ЗПК. Поэтому развитие этого самолета возможно лишь путем перехода на двигатель ПС-90А.

Дальнейшее снижение шума транспортных самолетов связано с его источником в ТРДД. Поскольку в ТРДД большой двухконтурности основной шум пропорционален пятой степени окружной скорости вентилятора, то необходим поиск путей ее снижения. Плата за новый рывок в снижении шумности авиации будет весьма высокой, а именно: на смену безредукторным ТРДД должны придти конструктивно более сложные ТРДД с редукторами. Возможное в таких двигателях уменьшение окружной скорости вентилятора позволит реализовать качественный прорыв в снижении шума этого узла и самолета в целом.

У редукторных ТРДД применяются два типа вентиляторов: классические (рабочее колесо (РК) — спрямляющий аппарат) и биротативные (противоположное вращение рабочих колес). Каждый из этих типов имеет свои достоинства и недостатки. Будущее покажет, которому из них будет отдано предпочтение.

Здесь следует отметить, что наша промышленность уже имеет редукторный ТРДД с биротативным вентилятором. Речь идет о двигателе НК-93, разрабатываемом ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова". Распределение необходимого аэродинамического напора между двумя РК позволяет дополнитель-

DIGEST

MAKING NOISE AROUND NOISE

The main ecological problems of civil aviation are closely associated with cruise engines because they are the principle sources of noise and emission. Not only emitted noise but features of noise propagation are taken into account in noise regulations. Tremendous progress achieved by the transport aviation in noise suppression is the result of a progress made in the development of a leading type cruise engine - high bypass ratio turbofans. The main source of noise in these engines is the fan. That's why, the search is under way to decrease tip speed of the fan which noise is proportional to tip speed raised to the 5th power. Much more complex geared engines should replace direct drive or gearless engines. Possible decrease in the fan tip speed will make possible to make breakthrough in the noise suppression as in the fan as in the aircraft as a whole. High bypass ratio turbofans in Russian transport aviation are restricted to application of 3 engines: D-36, D-18 and PS-90. These engines will flight clear operation of our aircrafts on international air routs.



ПИЛОТ ОСТАЕТСЯ НА ЗЕМЛЕ

Геннадий Фридман,
профессор Академии военных наук

На протяжении последних 20...30 лет беспилотные летательные аппараты (БЛА) все активнее применяются в военных конфликтах. Доказательства тому — боевые действия во Вьетнаме, в Ираке, на Ближнем Востоке и Балканах. Их высокая эффективность подвигла специалистов многих государств, в том числе и таких небольших как Тунис, к разработкам БЛА самых различных схем, которые, в свою очередь требуют создания соответствующих двигателей.

Двигатели, предназначенные для БЛА, отличаются большим разнообразием типов. За рубежом широкое распространение получили поршневые (ПД), турбореактивные (ТРД) и турбовальные газотурбинные (ТВГТД) двигатели.

ПД обычно устанавливаются на БЛА самолетных схем со скоростью полета до 300 км/ч и потолком до 7000 м. БЛА с потолком до 20 тыс. м оборудуются высотными ПД, имеющими турбоагрегаты и жидкостное охлаждение. Мощность ПД обычно составляет 13...80 л.с., удельная масса — 0,4...0,5 кг/л.с., расход топлива — 0,3...0,4 кг/л.с.ч, ресурс — 50...100 ч. Работы по совершенствованию ПД для БЛА ориентированы на улучшение массогабаритных характеристик, снижение уровней шума и теплового излучения, повышение экономичности и ресурса.



В настоящее время ряд фирм ведет разработку роторно-поршневых двигателей (РПД), имеющих преимущества перед традиционными ПД: они могут эффективно работать на тяжелых топливах, имеют лучшие массогабаритные характеристики, более экономичны и безопасны в эксплуатации. Как и ПД, эти двигатели могут оснащаться турбоагрегатами для применения на больших высотах. Основная проблема, которую предстоит решить при разработке РПД, заключается в уменьшении износа зубчатых передач и элементов ротора, обеспечивающих герметичность камер сгорания.

В области РПД наиболее успешно ведут разработки фирмы RPI (США) и "Элвис" (Великобритания). Первая из них разработала двигатель Mk.40 для замены бензинового ПД GR-18, применяемого на БЛА малой дальности "Хантер". По сравнению с GR-18 двигатель Mk.40 при мощности 75 л.с. (у GR-18 — 68 л.с.) имеет на 25 кг меньшую массу. Кроме того, фирма RPI разрабатывает семейство РПД для высотных БЛА большой продолжительности полета. В частности, проходят демонстрационные испытания РПД Mk.70 мощностью 340 л.с. и двухроторный РПД Mk.170 мощностью 400...500 л.с., имеющий удельную массу 0,18...0,22 кг/л.с. Двигатель Mk.170 предполагалось снабдить турбоагрегатом. Изучается также возможность создания на базе РПД Mk.170 трех- и четырехроторных двигателей. Фирма "Элвис" разработала семейство РПД мощностью 38 л.с., применяемых на ряде экспериментальных БЛА (в частности, "Хит", "Хантэйр", "Виксен" и др.).

Малоразмерные ТРД используются на скоростных БЛА, выполненных, как правило, по ракетной схеме. К ним относятся БЛА



CL-89, CL-289, "Мирах" 150, "Эпервье", состоящие на вооружении стран НАТО. Максимальная тяга ТРД для БЛА не превышает 4,5 кН. Основным требованием при разработке ТРД является обеспечение высокой надежности и экономичности, а также приемлемых массогабаритных характеристик.

На разработке и производстве ТРД для БЛА специализируется, в частности, фирма NPT (Великобритания), которая разработала целое семейство двигателей с тягой в диапазоне 0,44...1,08 кН. Так, ТРД NPT 171 имеет характеристики: тяга — 0,73 кН, удельный расход топлива — 1,1 кг/ч.Н, частота вращения ротора — 53 000 об/мин, расход воздуха — 1,24 кг/с, температура газов перед турбиной — 1200 К, степень повышения давления в компрессоре — 4,65, масса двигателя — 27 кг, его длина — 760 мм, максимальный диаметр — 274 мм. Двигатель имеет одноступенчатый центробежный компрессор, кольцевую камеру сгорания и одноступенчатую осевую турбину. На валу двигателя смонтирован генератор постоянного тока мощностью 1,7 кВт, вырабатывающий напряжение 28 В.

Кроме того, фирма NPT разработала экспериментальный ТРДД NPT 1204, который выполнен по одновальной схеме с 5-ступенчатым компрессором, имеющим вентиляторную ступень, кольцевой камерой сгорания, неохлаждаемой одноступенчатой осевой турбиной и электронной системой регулирования расхода воздуха. Особенности двигателя являются смазка топливом, применение подшипников с керамическими роликами и безредукторный привод генератора постоянного тока мощностью 5 кВт. ТРДД NPT 1204 имеет данные: тяга — 5,34 кН, удельный расход топлива — 0,75 кг/ч.Н, степень двухконтурности — 0,5, масса двигателя — 70 кг, его длина — 762 мм, максимальный диаметр — 343 мм.

ТВГТД применяются в основном на экспериментальных беспилотных вертолетах (БВ), в частности "Симос" и CL-327. По сравнению с ПД и РПД эти двигатели имеют меньшую массу, более высокую надежность и требуют меньших затрат на техобслуживание. Недостаток ТВГТД — сравнительно большой удель-



ный расход топлива. Для его устранения изучается возможность оснащения ТВГТД теплообменником. Такие попытки предпринимались и раньше, но приводили к существенному увеличению массы и габаритов двигателя. Предполагается, что новые технологии позволят разрешить данную проблему, в результате чего продолжительность полета БВ с ТВГТД увеличится на 30...50 %. В рамках этого направления фирма "Уильямс Интернэшнл" (США) разработала для БВ CL-327 ТВГТД WTS-117 с теплообменником, предназначенный для замены устаревшего ТВГТД WTS-34, применявшегося на исходном БВ CL-227.



БЛА "Аутрейдер-2"

В перспективе ТВГТД могут найти применение не только на БВ, но и в виде родственных им турбовинтовых (ТВД) на БЛА самолетных схем. Так, фирма M-DOT (США) разрабатывает демонстрационный ТВД для БЛА малой дальности. К двигателю, создаваемому на базе газогенератора малоразмерного ТРД, предъявляются требования: мощность — 95 л.с., масса — 34 кг, удельный расход топлива — 0,32 кг/л.с.ч, ресурс — 1000 ч, стоимость — \$50 тыс. Демонстрационный ТВД имеет модульную конструкцию, его выходное сопло может быть легко переставлено, что позволяет использовать двигатель в вариантах как с тянущим, так и с толкающим воздушным винтом. В ходе стендовых испытаний удельный расход топлива составил 0,43 кг/л.с.ч. Считается возможным уменьшить его до 0,23...0,27 кг/л.с.ч. Для снижения стоимости ТВД стремятся сократить число деталей и разъемов и максимально унифицировать его с другими изделиями. Так, в цифровой системе управления двигателем будет использоваться автомобильный микропроцессор. Турбина, изготавливаемая методом литья зацело, выполняется из недорогих сплавов типа инконель-713,-792 или Mar-M-247. В ряде случаев вместо болтовых соединений будут использоваться прихваточные сварные швы.

Основные исследования в области ТРД/ТРДД и ТВД/ТВГТД ведутся по программе INPTET, заданной МО США. Кроме того, по государственной программе поддержки малого бизнеса SBIR Минобороны заказало проведение исследований и осуществление разработок по следующим проблемам: долговечные и легкие системы зажигания для двигателей на тяжелом топливе; новые концепции двигателей БЛА вертикального взлета и посадки; легкие и простые топливные фильтры для двигателей на тяжелом топливе с малым объемом цилиндров; методы снижения уровня шума двигателей; концепция малоразмерного двигателя в виде единого модуля; пассивное управление нагрузкой на воздушный винт; аккумуляторная батарея с высокой плотностью и большим ресурсом электролита; унифицированная камера сгорания двигателей; легкий старт двигателя; устройство для быстрого впрыска тяжелого топлива; система для непосредственного измерения расхода воздуха в двигателях внутреннего сгорания.

| Основные данные ТВГТД | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| Характеристика | WTS-34 | WTS-34 |
| Мощность, л.с. | 51,5 | 51,5 |
| Удельный расход топлива, кг/л.с.ч | 0,45 | 0,45 |
| Масса двигателя, кг | 27,4 | 27,4 |
| Удельная масса | 0,53 | 0,53 |
| Топливо | JP-8, JP-4, JP-5, DFA, DF2, UUF-800 | |

Применение электродвигателей для привода воздушных винтов на высотных БЛА БПП считается весьма перспективным на-

правлением. Основным достоинством электродвигателей по сравнению с двигателями других типов является то, что они обеспечивают сверхбольшую (несколько недель или месяцев) продолжительность полета на высотах более 20 км, в то время как БЛА с высотными ПД могут выполнять полет только в течение 1...2 суток. В настоящее время ведутся исследования и экспериментальные разработки электродвигателей, работающих на энергии солнечных батарей и на СВЧ-энергии, получаемой от наземных установок.

Первая концепция отработывалась на БЛА "Пасфайндер", построенном по аэродинамической схеме "летающее крыло" с размахом 30 м и имеющем взлетную массу 245 кг. Он оборудован восемью электродвигателями и энергетической установкой в составе солнечных и регенеративных топливных батарей (РТБ). В светлое время суток солнечные батареи обеспечивают работу электродвигателей, а РТБ — получение газообразного кислорода и водорода путем электролиза воды, размещаемой в специальном баке на борту БЛА. В темное время кислород и водород, хранящиеся в сжатом виде в крыльевых баках, служат для выработки электроэнергии. При общей площади панелей солнечных батарей 57 м² их электрическая мощность составляет 11,4 кВт. По оценке зарубежных экспертов, для полета с практически неограниченной продолжительностью на высотах 18...20 км и скоростью около 85 км/ч БЛА должен иметь размах крыла 60 м. При этом его взлетная масса составит 465 кг, масса полезной нагрузки — 65 кг, а мощность солнечных батарей площадью 110 м² — 21,6 кВт.

Электродвигатели, работающие на СВЧ-энергии, предполагалось опробовать на высотном БЛА, разрабатываемом фирмой "Скайсет" (США). По проекту аппарат с размахом крыла 32 м будет иметь центроплан круглой формы в плане с размещенным на нем блоком антенны-выпрямителей диаметром 10 м. Антенны предназначены для приема СВЧ-энергии с наземного передатчика и преобразования ее в постоянный ток, необходимый для работы электродвигателей. БЛА сможет выполнять длительные полеты на высоте более 21 км в зоне, радиусом 550 км. По оценкам фирмы "Скайсет", для получения на борту БЛА требуемой мощности 160 кВт наземный передатчик должен иметь выходную мощность 400 кВт, частоту излучения 35 ГГц и оснащаться параболической антенной диаметром 33,5 м, формирующей вертикально ориентированный конусообразный луч с углом раскрытия 20°.



Двигатель "Аллисон" AE 3007

Стоит отметить, что концепция БЛА с СВЧ-электропитанием не нова: ранее проводились полеты небольших БЛА на малых высотах. На современном этапе главные технические проблемы связаны с передачей требуемого количества энергии на большую высоту, вредным воздействием мощного СВЧ-облучения на окружающую среду вблизи наземного передатчика, а также на другие ЛА, которые могут попасть в зону его действия, и на бортовое радиооборудование самого БЛА.

Таким образом, наряду с совершенствованием традиционных двигателей (ПД, ТРД и ТВГТД) для БЛА, за рубежом ведутся НИОКР по созданию новых малоразмерных силовых установок на базе РГД, ТВД, ТРДД и электродвигателей. Расширение типажа двигателей приведет к появлению БЛА с новыми аэродинамическими схемами, существенному улучшению ТХ БЛА и повышению их экономичности.

Значительное место в продукции "Перкинс" занимают дизели серии "Кондор", представленные модификациями CV 8 и CV 12. Отличительной особенностью этих двигателей является своеобразная "военно-гражданская" концепция, обеспечившая уникальное сочетание высокой удельной мощности и малых габаритов, необходимых для силовых установок военного назначения, с надежностью, долговечностью и относительно небольшими затратами на изготовление, эксплуатацию и ремонт, считающимися важнейшими характеристиками в гражданском моторостроении.

Первоначально двигатели серии "Кондор" разрабатывались для применения в гражданской сфере. На первый взгляд, из описания их конструкции складывается представление о вполне заурядных (для конца XX века) "движках". Эти четырехтактные дизели оборудованы системой непосредственного впрыска топлива, имеют жидкостное охлаждение и турбонаддув с последующим охлаждением воздуха. Блок цилиндров изготовлен из чугуна со вставными сухими гильзами. Головки цилиндров четырехклапанные. То, что составляет "изюминку" дизелей серии "Кондор", скрыто глубже этого поверхностного описания.

"Военизированный" 12-цилиндровый вариант (CV 12) мощностью 1200 л.с. впервые был применен в составе силовой установки английского основного боевого танка "Челленджер-2", в 1994 г. пришедшего в армии Великобритании на смену "Чифтену". Работы по адаптации 8-цилиндрового варианта CV 8 для использования в военной сфере (в частности, на боевой машине пехоты "Уорриор") проводились фирмой-изготовителем еще в восьмидесятые годы. Модификации CV 8 устанавливаются на французском основном боевом танке AMX 30 и английской самоходной гаубице AS 90. В девяностые годы сокращения объемов военных заказов заставило руководство "Перкинс" обратиться к идее повторной "демилитаризации" дизелей, а точнее — придания им качеств, позволяющих одинаково успешно применять как для военных, так и для гражданских целей. Сегодня военное предназначение имеет лишь каждый четвертый изготовленный дизель серии "Кондор".

Среди крупнейших моторостроительных фирм мира видное место занимает английская фирма "Перкинс". Начав заниматься дизельной тематикой в 1932 г., в настоящее время она довела объемы выпуска до 500 000 единиц в год. Сегодня около полутора миллионов дизелей этой фирмы, а также вошедших в ее состав в 1984 г. заводов компании "Ролс-Ройс" в Шрусбери, эксплуатируются во многих странах, а в 17 из них производятся по лицензии.

В МОТОРНОМ ОТСЕКЕ... "КОНДОР"

Виктор Подгаецкий, начальник отдела НИИД, к.т.н., с.н.с.



Одним из основных требований к танковому дизелю в начале 80-х гг. стала возможность его форсирования по литровой мощности до уровня 150 л.с./л, т. е. в 3,5...4 раза выше достигнутого к тому времени уровня. Кроме того, военные сформулировали требование к уменьшению объема, занимаемого силовым блоком двигателя. В настоящее время считается допустимым объем моторно-трансмиссионного отделения (МТО) танка порядка 4 м³, к 2025 г. значение этого параметра должно уменьшиться до 3 м³ и менее. Достижение указанного уровня позволит получить наименьший возможный силуэт боевой машины. В отличие от габаритных размеров двигателя его масса оказывает сравнительно малое влияние на массу основного боевого танка: например, уменьшение массы силового блока на 10 % ведет к сокращению массы танка всего на 0,75 %. Поэтому силовой блок, масса которого не превышает 8 % от общей массы танка, считается в настоящее время приемлемым по этому показателю.

Требуемый для военной техники высокий уровень форсирования гражданского прототипа двигателя поставил перед фирмой "Перкинс" задачу проведения дополнительных глубоких и всесторонних исследований в области топливоподачи, смесеобразования и совершенствования турбонаддува с тем, чтобы к 2000 г. обеспечить обоим вариантам "Кондора" габаритную мощность $N_r = 1500$ л.с./м³ и удельную массу менее 0,95 кг/л.с.

Учитывая способность исходной конструкции гражданских дизелей "Кондор" воспринимать высокие тепловые и механические

Гражданские модификации "Кондор" унифицированы с военными аналогами на 87 % и отличаются главным образом степенью форсирования и компоновкой вспомогательных агрегатов. Они находят широкое применение в промышленности и строительной технике (в составе электрогенераторных установок, компрессорных агрегатов, на строительном-дорожном транспорте (магистральные автопоезда массой 35...40 т, внедорожные большегрузные автомобили, тягачи и пр.) и в кораблестроении (на каботажных и прогулочных судах, яхтах).

Одним из основных требо-

ваний к танковому дизелю в на-

чале 80-х гг. стала возможность

его форсирования по литровой

мощности до уровня 150 л.с./л,

т. е. в 3,5...4 раза выше достигну-

того к тому времени уровня.

Кроме того, военные сформу-

лировали требование к умень-

шению объема, занимаемого

силовым блоком двигателя. В

настоящее время считается до-

пустимым объем моторно-

трансмиссионного отделения (МТО)

танка порядка 4 м³, к 2025 г.

значение этого параметра должно

уменьшиться до 3 м³ и менее.

Достижение указанного уровня

позволит получить наименьший

возможный силуэт боевой маши-

ны. В отличие от габаритных раз-

меров двигателя его масса оказыв-

ает сравнительно малое влия-

ние на массу основного боевого

танка: например, уменьшение

массы силового блока на 10 %

ведет к сокращению массы танка

всего на 0,75 %. Поэтому силовой

блок, масса которого не пре-

вышает 8 % от общей массы тан-

ка, считается в настоящее время

приемлемым по этому показателю.

Требуемый для военной техни-

ки высокий уровень форсирова-

ния гражданского прототипа дви-

гателя поставил перед фирмой

"Перкинс" задачу проведения до-

полнительных глубоких и все-

сторонних исследований в обла-

сти топливоподачи, смесеобра-

зования и совершенствования

турбонаддува с тем, чтобы к

2000 г. обеспечить обоим вариан-

там "Кондора" габаритную мощ-

ность $N_r = 1500$ л.с./м³ и удель-

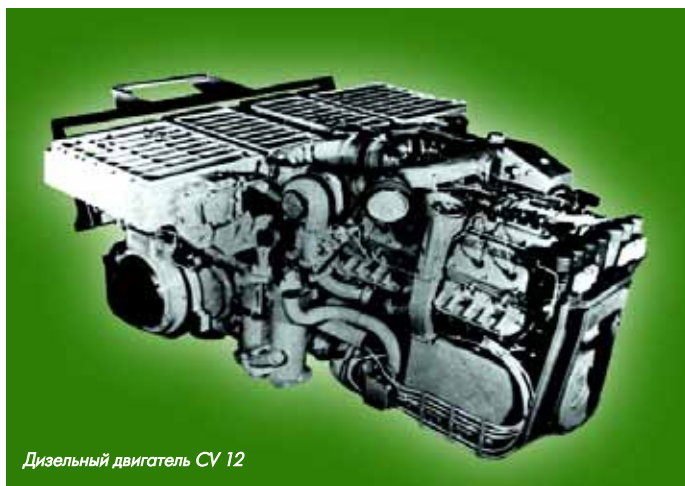
ную массу менее 0,95 кг/л.с.

Учитывая способность исходной

конструкции гражданских ди-

зелей "Кондор" воспринимать

высокие тепловые и механические



Дизельный двигатель CV 12



Основной боевой танк "Челленджер-2"

нагрузки, в процессе "военизации" они были форсированы за счет увеличения подачи топлива и повышения давления наддува. На этапе исследований были изучены несколько вариантов турбокомпрессоров, включая многоступенчатые, и выявлена перспективность работ в данном направлении для совершенствования транспортных дизелей. Особенно плодотворным оказалось применение турбокомпрессора с переменной геометрией проточной части как средства, позволяющего эффективно оптимизировать эксплуатационные характеристики двигателя при его работе в широком диапазоне оборотов и нагрузок.

Форсирование двигателя путем увеличения наддува и цикловой подачи топлива потребовало разработки и изучения новых способов регулирования рабочего процесса для сохранения на допустимом уровне тепловых и механических нагрузок. Результаты исследований разработчиков фирмы "Перкинс" оказались полезными не только для "Кондоров", но и для менее мощных дизелей различного назначения. Так, их применение в конструкции высокооборотного автомобильного дизеля с рабочим объемом 2 л позволило создать первый в мире легковой автомобиль, расходующий менее 3 л топлива на 100 км при средней скорости более 160 км/ч. В 1990 г. эта работа была отмечена престижным "Призом Королевы".



Дизельный двигатель CV 8

С начала девяностых годов усилия фирмы были сосредоточены на глубоком изучении особенностей протекания рабочего процесса в дизелях серии "Кондор". Применение передовых экспериментальных методов (сверхскоростная киносъемка, лазерное сканирование, шлиринг-метод, эффект Доплера и пр.) в сочетании с математическим моделированием позволили достаточно подробно изучить основные термо- и газодинамические процессы, протекающие в двигателе, и выявить степень влияния на них разнообразных конструктивных решений. Проведенная на следующем этапе оптимизация систем газораспределения и топливоподачи, а также отработка размеров и формы камеры сгорания обеспечили существенное повышение эффективности сгорания топлива, положительно повлияли на чистоту выхлопа.

В отличие от модной в то время идеи создания так называемого "адиабатного" (теплоизолированного) двигателя специалисты "Перкинс" пошли по пути создания "гибкой" системы охлаждения, в которой теплоотвод осуществляется локально-дифференцированно в зависимости от расположения охлаждаемой детали (агрегата) и уровня местной тепловой нагруженности. В ходе экспериментов был собран уникальный банк данных, содержащий исчерпывающую информацию о том, что, где и насколько требуется охладить.

В интересах согласования характеристик двигателя с параметрами других систем в рамках интегрированного силового блока специалисты "Перкинс" разработали электронную систему автоматического регулирования (ЭСАР). Идея ЭСАР была впервые реализована фирмой на транспортных дизелях гражданского назначения. Двигатель "Кондор" CV 12, установленный на "Челленджере", стал первым в мире танковым дизелем, оборудованным ЭСАР. Бортовая ЭВМ не только обеспечивает оптимальный выбор режима работы силовой установки в зависимости от скорости движения, дорожных условий и сорта топлива, но и позволяет



Боевая машина пехоты "Уорриор"

непрерывно диагностировать техническое состояние агрегатов двигателя. Так был сделан крупный шаг к созданию так называемого "адаптивного" дизеля, который в перспективе будет обладать чрезвычайно высокой топливной экономичностью.

Регулирование двигателя с помощью ЭСАР позволяет осуществить его надежную работу на одном или двух цилиндрах в режиме холостого хода и поэтому не требует применения на танке вспомогательной силовой установки.

При разработке конструкции дизелей серии "Кондор" фирмой уделялось большое внимание обеспечению возможности их изготовления в широком диапазоне мощностей, а также удовлетворению требований международных стандартов, и в первую очередь стандартов НАТО. Благодаря этому "Кондоры" потенциально могут применяться не только на английской, но на американской, французской или немецкой бронетехнике. Двигатели CV 8 и CV 12 успешно прошли 400-часовые испытания по стандарту Великобритании UK MoD 400. Большое внимание этим весьма перспективным дизелям уделило автобронетанковое управление МО США (ТАСОМ), осуществившее их испытания при мощности 1200 и 1500 л.с. Кроме того, натовскими специалистами дизели были протестированы с положительными результатами по программам AEPS (400-часовые испытания) и AQAP1 (токсичность выхлопа, уровень вибраций, шумность и др.).

| ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДИЗЕЛЕЙ СЕРИИ "КОНДОР" | | |
|---|---------------|---------------|
| Характеристики | CV 8 | CV 12 |
| Диаметр цилиндра, мм | 135 | 135 |
| Ход поршня, мм | 152 | 152 |
| Частота вращения коленвала, об./мин | 2300 | 2300 |
| Компоновочная схема | 8V - 90° | 12V - 60° |
| Рабочий объем, л | 17,41 | 26,11 |
| Масса, кг | 1292 | 1880 |
| Габариты, м: (длина, ширина, высота) | 1,13x1,02x1,1 | 1,46x1,27x1,2 |
| Агрегатная мощность, л.с.: достигнутая (1997г.) / перспективная | 1000 / 2600 | 1500/3900 |
| Объем МТО для размещения силового блока, м ³ | — | 3,68 |
| Удельная масса, кг/л.с.: достигнутая / перспективная | 1,3 / 0,5 | 1,25 / 0,5 |
| Габаритная мощность, л.с./м ³ : достигнутая / перспективная | — / — | 1500 / 1800 |
| Удельный расход топлива, г/л.с.·ч: достигнутый / перспективный | 165 / 135 | 165 / 135 |

В итоге, военные модификации двигателей серии "Кондор" сегодня "на равных" конкурируют с германскими дизелями фирмы MTU (MB 873 и MT 883) за возможность применения на новых образцах бронетанковой техники в странах Латинской Америки и Восточной Европы. На внешнем рынке "Кондоры" соперничают с продукцией американской фирмы "Детройт Дизель", превосходя последнюю по техническому уровню.

БОЛЬШОЕ ВИДИТСЯ НА РАССТОЯНИИ

Станислав Петренко,

главный конструктор Волжского КБ РКК "Энергия" им. С.П. Королева, д.т.н.

Александр Иванов,

ведущий конструктор ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова"

(Продолжение, начало в №№ 1, 2)

Постановление о прекращении всех работ по РКК Н1-Л3 принято Советом Обороны СССР 17 мая 1974 г. В одном из его пунктов записано: "признать целесообразным Генеральному конструктору Н.Д. Кузнецову сосредоточиться на разработках новых образцов авиационных ГТД". По сути, этим постановлением, принятым государственным органом и имевшим силу закона, запрещалось Н.Д. Кузнецову заниматься разработкой ЖРД. Хотя именно в это время коллектив кузнецовского ОКБ и завода создал уникальный научно-технический задел по ЖРД, в том числе и по кислородо-водородным двигателям, имел кадры специалистов высшего класса, накопил солидный опыт и достиг выдающихся результатов.

Тайна принятия решения о прекращении работ по советскому пилотируемому лунному комплексу до сих пор остается нераскрытой. Не вскрыт подлинный политический механизм подготовки этого решения, как и его мотивы, авторы документов и многое другое. Из высших управленцев советской космической индустрии той поры живы С.А. Афанасьев — министр общего машиностроения и Л.В. Смирнов — председатель Военно-промышленной комиссии (ВПК) при президиуме Совета министров СССР. Эти оба



Председатель Совета Министров СССР А. Косыгин и Н. Кузнецов рассматривают рабочее колесо газовой турбины ТНА НК-33



Огневые испытания двигателя НК-33 на стенде фирмы Aerojet

заслуженных человека, отдавших свои жизненные силы и знания делу развития ракетно-космической техники, не коснулись этой страницы отечественной истории аэрокосмической техники и, таким образом, умолчание истории проекта Н1-Л3 продолжается.

Преемник С.П. Королева — главный конструктор В.П. Мишин в своих публикациях доказывает несостоятельность запрета работ по теме Н1-Л3, но также обходит стороной все вопросы, связанные с интригами, происходившими перед принятием упомянутого решения Совета Обороны. Однако сейчас практически все, кто связан с историей ракетно-космической техники, знают, что инициаторами "прогрессивного" решения по теме Н1 были член Политбюро ЦК КПСС Д.Ф. Устинов и член ЦК КПСС главный конструктор КБ "Энергомаш" (г. Химки) В.П. Глушко. Последний и занял место В.П. Мишина в королёвском ОКБ-1.

В оценке того далекого события, круто повлиявшего на темп отставания отечественной космонавтики от американской в части создания сверхтяжелых РН и многогоразовых космических систем (МКС) (для сравнения: первый полет американского РН "Сатурн-V" состоялся 9 ноября 1967 г., а советского РН Н1 — 21 февраля 1969 г., т.е. раньше всего на 15 месяцев, в то время как первый полет МКС "Спейс-Шаттл" состоялся 12 апреля 1981 г., т.е. раньше первого полета РН "Энергия" (15.05.87) почти на шесть лет. Это был существенный отрыв США в негласном соревновании двух мировых космических держав), многие специалисты и историки как-то упрощенно, не системно и не научно настаивают на одной причине неудачи проекта Н1-Л3, а именно: двигатели НК-15, составившие силовую установку первой ступени РН Н1, были ненадежными, а их размерность неоптимальной. Вот оценка бывшего директора ЦНИИМАШ Ю.А. Можжорина: "Принятая размерность двигателей для 1-й ступени ракеты Н1 была крайне неудачной (150 тс в одном двигателе). Это потребовало включить в состав двигательной установки тридцать (30) НК-15, что существенно снижало ее надежность и требовало достижения высочайшей надежности одного двигателя и тщательной огневой отработки всего блока 1-й ступени на наземном стенде" ("Военно-космические силы" (кн. 1), С.-Петербург, 1997 г.).

Размерность кислородо-керосинового ЖРД для силовой установки первой ступени РН Н1 выбиралась С.П. Королевым вариативно: рассматривались размерности тяг 150, 300 и 600 тс.

Фото А. Шерстеникова

Комплексный системный и функционально-стоимостной анализ показал уже к 1961 г., что в нашей стране в относительно короткое время возможно создание двигателя "замкнутой" схемы тягой не более 150...200 тс. В этом случае РН Н1 компоновалась с новейшей системой управления с возможностью осуществления резервирования в многодвигательной силовой установке. Из-за отсутствия финансовых возможностей для создания наземного стенда для отработки работоспособности и надежности ДУ первой ступени С.П. Королев сознательно пошел на ее комплексную доводку при ЛКИ. С этим предложением в то время согласились все: и в ЦК, и в АН СССР, и в основных НИИ ракетно-космической отрасли, в частности в ЦНИИМАШ (Ю.А. Мозжорин) и НИИТП (В.Я. Лихущин). Что касается надежности ЖРД НК-15, а затем и НК-33, то в то время они прошли комплекс таких сложных огневых наземных испытаний, что равных им до этого не было в СССР, а затем в США и в Западной Европе. Кроме того, следует указать, что восемь ЖРД НК-15В первой ступени РН Н1 успешно прошли блочные испытания по полетному циклу на наземном стенде в НИИХИММАШ (г. Загорск), и это было не просто выдающееся техническое достижение, но и косвенное подтверждение высокой надежности силовой установки первой ступени.

О высокой надежности двигателя НК-33 говорят также следующие данные:

- общая наработка к 1974 г составила более 180 000 с;
- технический ресурс достиг 1200 с, что соответствует десяти полетным циклам РН Н1;
- получен гарантированный ресурс 600 с при пяти пусках;
- подтверждена вероятность безотказной работы равная 0,996;
- по программе отработки форсированного варианта двигателя (индекс "СА") было проведено более 40 стендовых испытаний с суммарной наработкой около 8000 с, в которых двигатель работал с тягой 185...190 тс в течение почти 150 с.

Таких показателей к 1974 г. не имел ни один кислородо-керосиновый ЖРД в мире, да и сейчас они соответствуют современному уровню развития ракетного двигателестроения.

Анализ результатов ЛКИ РКК Н1-Л3 (всех четырех пусков) по-

казывает, что отработывалась с нарастающей тенденцией к успеху вся первая ступень в целом, а не кузнецовские ЖРД. Неудачи были связаны не с самими двигателями, а со всей системой "ракета — ДУ".

Пятый пуск РКК Н1-Л3 с многоразовыми ЖРД НК-33, НК-43, НК-39 и НК-31 для всех четырех ступеней, несомненно, подтвердил бы это.

Обыватели и непрофессионалы, интересующиеся историей проекта Н1-Л3, ссылаясь то на В.П. Глушко, то на Ю.А. Мозжорина, способствуют распространению мифа о принципиальной ненадежности ДУ первой ступени РН Н1, состоявшей из 30 ЖРД НК-33 (НК-15). На самом же деле принцип резервирования, т.е. возможность отключения ненормально (нештатно) работающих двигателей, позволял существенно повысить надежность системы "ракета — ДУ". Для этого нужно было довести до высокого совершенства диагностические системы, контролирующие параметры двигателей, которые вскоре были созданы и в США, и в СССР, но в это время уже не было самой ракеты Н1: приказом нового главного конструктора ОКБ-1 вся материальная часть летного комплекта № 8Л, находившаяся на космодроме Байконур, и задел были геростратовски уничтожены. Новому поколению создателей ракетно-космической техники уже не удастся увидеть русское чудо — лунный комплекс Н1-Л3.

Однако инициаторам "прогрессивного" решения не удалось уничтожить двигатели НК-33, НК-43, НК-39 и НК-31. Их сохранили на испытательной базе близ Самары. В новые времена ими заинтересовались американские космические круги, в результате чего сейчас подходит к завершению коммерческий проект, предусматривающий эксплуатацию двухступенчатого многоразового РН "Кистлер-1" (К-1), на первой ступени которого используются три ЖРД НК-33, а во второй — один ЖРД НК-43 (центральный ЖРД НК-33 на первой ступени американского РН К-1 приобретает новое качество — полетную многоразовость: согласно циклограмме полета, отработав 120 с, двигатель через 20 с будет вновь запущен для отработки маневра, обеспечивающего возвращение ступени на землю).

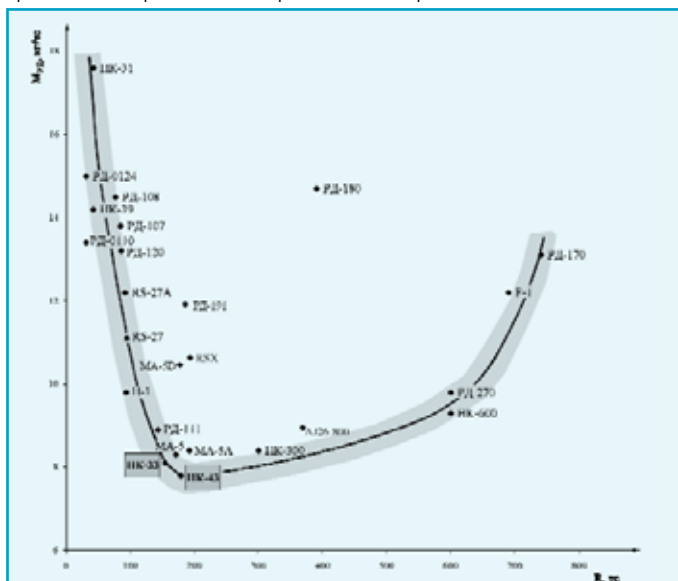
После закрытия проекта "Н1-Л3" во многих отечественных ракетных КБ неоднократно пытались применить кузнецовские ЖРД НК-33 (НК-43) на перспективных РН различного класса и назначения.



ПАРАМЕТРЫ РОССИЙСКИХ И АМЕРИКАНСКИХ КИСЛОРОДО-КЕРОСИНОВЫХ ЖРД

| Двигатель | Разработчик | Предприятие-изготовитель | Тяга R_3/R_{II} , тс | Удельный импульс $I_{уд.з}/I_{уд.п.с}$ | Давление в камере, кгс/см ² | Масса (сухая), кг | Удельная масса, кг/тс | Применение |
|-----------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--|--|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| РД-107 | НПО Энергомаш | ОАО Моторостроитель | 83,7/102,0 | 256/313 | 59,7 | 1155 | 13,8 | 1 ст. РН "Союз" |
| РД-108 | НПО Энергомаш | ОАО Моторостроитель | 76,0/96,0 | 248/315 | 52,0 | 1250 | 14,5 | 2 ст. РН "Союз" |
| РД-111 | НПО Энергомаш | ОАО Моторостроитель | 143/166 | 270/311 | 80,0 | 1480 | 8,9 | 1 ст. МБР Р-9 |
| РД-120 | НПО Энергомаш | Южмаш (Украина) | —/85,0 | —/350 | 166,0 | 1125 | 13,2 | 2 ст. РН "Зенит" |
| РД-170 | НПО Энергомаш | НПО Энергомаш | 740/815 | 309/337 | 250,0 | 10700 | 13,1 | 1 ст. РН "Энергия", "Зенит" |
| РД-180 | НПО Энергомаш | НПО Энергомаш | 390/424 | 309/337 | 250,0 | 5756 | 14,7 | 1 ст. РН "Atlas-2AR" |
| РД-191 | НПО Энергомаш | — | 185/202 | 309/337 | 250,0 | 2200 | 11,9 | 1 ст. РН "Ангара" |
| РД-0110 | КБХА | ВМЗ | —/30,4 | —/326 | 69,5 | 408 | 13,4 | 3 ст. РН "Союз" |
| РД-0124 | КБХА | ВМЗ | —/30,0 | —/359 | 200,0 | 450 | 15,0 | 3 ст. РН "Союз-2", "Ямал" |
| НК-33 | ОАО СНТК им. Н.Д.Кузнецова | ОАО Моторостроитель | 154/167 | 297/331 | 148,3 | 1247 | 8,1 | 1 ст. РН Н1, К-1, "Ямал" |
| НК-43 | ОАО СНТК им. Н.Д.Кузнецова | ОАО Моторостроитель | —/179,2 | —/346 | 148,3 | 1396 | 7,8 | 2 ст. РН Н1, К-1 |
| НК-39 | ОАО СНТК им. Н.Д.Кузнецова | ОАО Моторостроитель | —/41,5 | —/352 | 93,8 | 584 | 14,2 | 3 ст. РН Н1 |
| НК-31 | ОАО СНТК им. Н.Д.Кузнецова | ОАО Моторостроитель | —/41,5 | —/353 | 93,8 | 722 | 17,6 | 4 ст. РН Н1 |
| AJ26-800 | Aerojet | — | 370,0/408,0 | 308/339 | 167,0 | 3311 | 8,9 | Liquid Booster Space Shuttle |
| H-1 | Rocketdyne | Rocketdyne | 93,1/104,0 | 263,4/296 | 45,8 | 912 | 9,8 | 1 ст. РН "Saturn-1B" |
| RS-27 | Rocketdyne | Rocketdyne | 94,0/104,8 | 263/295 | 49,0 | 1038 | 11,05 | 1 ст. РН "Delta" |
| RS-27A | Rocketdyne | Rocketdyne | 91,0/107,5 | 255/302 | 49,0 | 1109 | 12,18 | 1 ст. РН "Delta-2" |
| MA-5 | Rocketdyne | Rocketdyne | 171,2/— | 259/— | 44,7 | 1424 | 8,31 | 1 ст. РН "Atlas" |
| MA-5A | Rocketdyne | Rocketdyne | 192,0/— | 264/— | 50,5 | 1603 | 8,35 | 1 ст. РН "Atlas-2A" |
| MA-5D | Rocketdyne | — | 175,0/195,0 | 308/337 | 175,0 | 1830 | 10,4 | 1 ст. РН "Atlas-2AR" |
| RSX | Rocketdyne | — | 192,0/218,0 | 264/299 | 54,2 | 2041 | 10,63 | 1 ст. РН "Atlas-2A" |
| F-1 | Rocketdyne | Rocketdyne | 690/783 | 265/304,1 | 68,7 | 8444 | 12,22 | 1 ст. РН "Saturn-V" |

В период 1971-1975 гг. двигатели НК-33 рассматривались в качестве основных маршевых ЖРД для МКС "Подъем" (проект ЦСКБ) — предтечи американского проекта многоразового РН К-1.



Зависимость удельной массы кислородо-керосиновых ЖРД от тяги (НК-300, НК-600 — варианты проработок ЖРД для РН Н1 тягой 300 и 600 тс, соответственно; РД-270 — азотно-кислотный ЖРД тягой 600 тс НПО "Энергомаш" для РН УР-700)

В 1975-1976 гг. в КБ генерального конструктора академика В.Н. Челомея проводились серьезные проработки по глубокой модернизации РН "Протон" с целью перехода на экологически чистую топливную пару "кислород — керосин". На первой ступени в этом РН отлично компоновались пять форсированных ЖРД НК-33 с возможностью их качания в кардановом подвесе.

В 1975-1977 гг. просматривалась возможность установки связки из пяти форсированных ЖРД НК-33 на вновь разрабатываемом РН "Зенит" (КБ "Южное").

В 1979-1982 гг. в КБ генерального конструктора Г.Е. Лозинко-Лозинского проводились НИОКР по созданию аппарата "Мини-Шаттл", ускорители которого, запускаемые на высотах 8...11 км, использовали ЖРД НК-33.

В 1981-1982 гг. в недрах самого МОМ, а именно в КБХМ (главный конструктор В.Н. Богомолов), проводили проработки по использованию задела готовых ЖРД НК-33 для маршевых ускорителей РН "Энергия".

В 1990 г. в КБ им. В.П. Макеева прорабатывался ускоритель

для перспективного японского РН с двигателем НК-33, а в 1993-1995 гг. конструкторы КБ проработали удачную компоновку второй ступени тяжелого РН "Ангара" с двигателем НК-43.

Однако все перечисленные инициативы главных советских ракетных КБ заканчивались "бумагой" и уходили в "песок", т.к., с одной стороны, действовало пресловутое Постановление Совета Обороны от 17.05.74 г., а с другой — в МОМ и ВПК существовало весьма сильное антикузнецовское лобби.

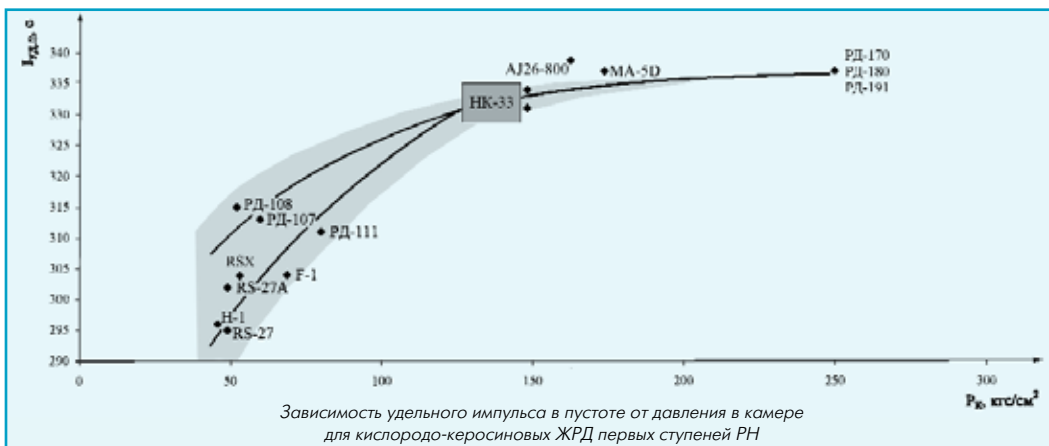
В настоящее время надежная перспектива использования ЖРД НК-33 заложена в национальной программе модернизации РН Р-7А. При головной роли РКК "Энергия" проектируется РН среднего класса "Ямал" со значительно повышенной грузоподъемностью (12 т вместо 7,2 т). В центральном блоке этого РН будет использован ЖРД НК-33 из партии готовых товарных двигателей, что значительно снизит суммарные финансовые затраты на производство.



На выставке "Двигатель-98": академик В. Мишин, ведущий конструктор ОАО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова" А. Иванов, начальник отдела ЦНИИМАШ В. Петров

По словам президента и генерального конструктора РКК "Энергия" Ю.П. Семенова РН "Ямал" будет конкурентоспособен на мировом рынке коммерческих услуг и, возможно, заменит РН "Зенит" и "Союз".

Вот так драматично к концу XX века сложилась судьба кузнецовского двигателя НК-33 — замечательного достижения отечественной авиакосмической науки и техники.



Зависимость удельного импульса в пустоте от давления в камере для кислородо-керосиновых ЖРД первых ступеней РН

Следует отметить, что многоразовый кислородо-керосиновый ЖРД НК-33, прошедший комплекс сертификационных испытаний для пилотируемых РН, уже в настоящее время впервые в мире готов к эксплуатации по техническому состоянию, т.е. с использованием принципов обеспечения ресурса и контролируемой надежности, применяемых в авиации.

(Окончание следует)

DIGEST

The secret of the project cancellation regarding the Moon manned complex has not been disclosed yet. Neither true political background nor motivation of this decision, authors of documents and many other things are unknown. V.P. Mishin, the general designer and the successor of S.P. Korolev, has great confidence that the N1-L3 project shelving was a mistake. The feasibility study and state-of-art as of 1961 showed that our country was in full force to develop the 150-200-ton power engine within a short time period. Recently, the recoverable lox/kerosene engine (dubbed as NK-33) has passed certification tests for powering a piloted rocket and is ready for application as concerns its technical state because all aviation requirements on service life and reliability are met.

HUGE IS SEEN AT DISTANCE



\$40

**50 часов доступа
в любое время суток
за 40 долларов.**

**Неизрасходованные
часы переходят
на следующий месяц.**

РЕГИСТРАЦИЯ \$0

**Ночной доступ
с 2,00 до 12,00**

\$25

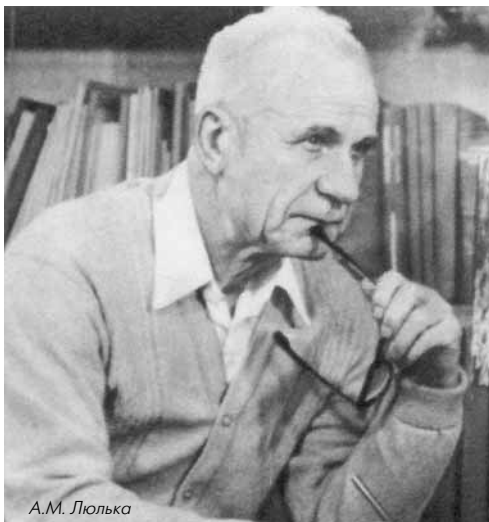
с 9.00 до 2.00 \$1 за 1 час

с 2.00 до 9.00 \$ 0.5 за 1 час

**Ежемесячная абонентская плата
\$10 в месяц плюс 7 часов бесплатно.**

**Бизнес-сервер:
15Mb, 3Emails
PHP3, CGI, FTP
Регистрация \$10
В месяц \$20**

- Марксистская 34, корпус 8,
- тел.: 792-5-792
- внут. тел.: 55-05
- email: info@ilm.net
- <http://www.ilm.net>
- Все расценки указаны в долларах США с учетом НДС



А.М. Льюлька

ЛЕГКО ЛИ ИДТИ ВПЕРЕДИ?

Лев Берне
Владимир Перов

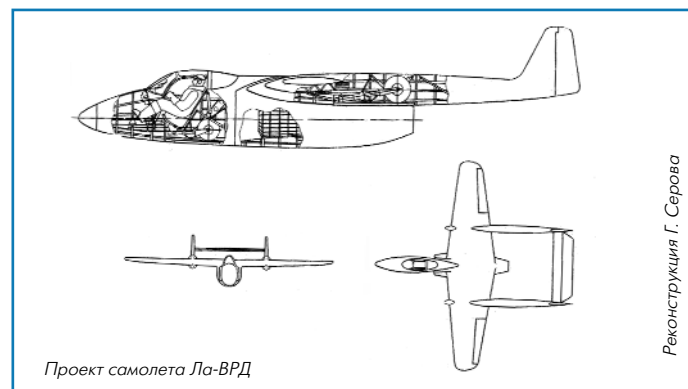
(окончание, начало в №№ 1, 2)

В 1944 г. произошло событие, оказавшее значительное влияние на темпы работ по созданию ТКВРД в нашей стране. 1 января 1944 г. в районе

п. Старобовылье на шоссе Витебск-Орша был захвачен в плен немецкий ефрейтор Франц Варнбрунн — водитель штабной автомашины. Оказалось, что после окончания инженерной школы с декабря 1941 г. по апрель 1942 г. он работал в группе доктора Охайна на фирме "Хейнкель", проектировавшей ВРД с центробежным компрессором. Пленный сообщил, что двигатель тягой 600 кг прошел испытания в воздухе. В ходе допроса он нарисовал схему двигателя, а также изобразил истребитель He 280 с двумя ТКВРД. Варнбрунн сообщил нашим контрразведчикам, что работа по созданию аналогичного истребителя велась и фирмой "Мессершмитт". Материалы допроса были направлены для ознакомления в НИИ-1. 24 января 1944 г. на допросе Варнбрунна присутствовали генерал-майоры авиации Левин и Болховитинов, а позднее — Стечкин и Льюлька.

В конце февраля 1944 г. в очередной сводке военпреда отдела главного конструктора (ОГК) завода № 21 инженер-капитана В.Р. Ефремова отмечалось, что в ОГК осуществляется разработка проекта истребителя Ла-ВРД с газотурбинным ВРД конструкции А.М. Льюлька со статической тягой 1250 кгс. Разработкой самолета руководил, по-видимому, С.М. Алексеев. Он выбрал двухбалочную схему с цельнометаллическим крылом ламинарного профиля ЦАГИ. Двигатель Ла-ВРД устанавливался под крылом в фюзеляже-гондole позади герметичной кабины летчика. Шасси спроектировали трехпорным, причем передняя стойка убиралась назад за бронеспинку летчика, а основные — также поворотом назад в сочленения балок с крылом. Вооружение располагалось в балках и включало две пушки НС-23 с общим запасом 120 снарядов. Взлетная масса машины по проекту составляла 3300 кг, а полезная нагрузка — 910 кг. Крыло с относительно небольшой площадью 15,5 м² имело удлинение 5,85. Схема самолета была утверждена С.М. Лавочкиным и согласована с ЦАГИ. Расчетные летные данные самолета были следующими: максимальная скорость полета у земли — 890 км/ч, на высоте 5000 м — 850 км/ч, время набора высоты 5000 м — 2,5 мин, а практический потолок — 15 000 м. Посадочная скорость ожидалась на уровне 140 км/ч. Отметим, что так же, как у Гу-ВРД, расчетные летные данные в основном были вполне реальными. Однако в металле и этот проект реализован не был.

В начале 1945 г. на этом заводе был изготовлен первый экземпляр разработанного льюльковцами экспериментального газотурбинного ВРД С-18 с восьмиступенчатым компрессором, а затем — еще четыре таких двигателя. На двух первых проводились огневые



Проект самолета Ла-ВРД

Реконструкция Г. Серова

испытания, на третьем двигателе — отработка агрегатов, на четвертом и пятом двигателях велась отработка конструкции двигателя в целом и снятие характеристик. В ходе доводки компрессор переделали в семиступенчатый. В 1946 г. Льюлька провел сравнительные испытания С-18 и трофейного двигателя Jumo 004. С-18 показал лучшую экономичность при большей тяге и меньшей массе. В результате открылись реальные возможности для проектирования, изготовления, испытания и доводки опытных турбореактивных двигателей. А.М. Льюлька был назначен главным конструктором и ответственным руководителем завода № 165.

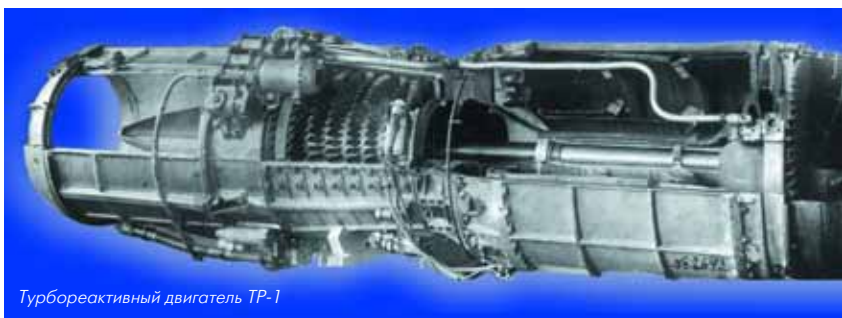
В 1946-1947 гг. создание новых ВРД осуществлялось при тесном содружестве опытного завода № 165 и серийного завода № 45. Льюлька было поручено создание летного экземпляра двигателя ТР-1 на базе экспериментальных работ по С-18. Проектиро-

п. Старобовылье на шоссе Витебск-Орша был захвачен в плен немецкий ефрейтор Франц Варнбрунн — водитель штабной автомашины. Оказалось, что после окончания инженерной школы с декабря 1941 г. по апрель 1942 г. он работал в группе доктора Охайна на фирме "Хейнкель", проектировавшей ВРД с центробежным компрессором. Пленный сообщил, что двигатель тягой 600 кг прошел испытания в воздухе. В ходе допроса он нарисовал схему двигателя, а также изобразил истребитель He 280 с двумя ТКВРД. Варнбрунн сообщил нашим контрразведчикам, что работа по созданию аналогичного истребителя велась и фирмой "Мессершмитт". Материалы допроса были направлены для ознакомления в НИИ-1. 24 января 1944 г. на допросе Варнбрунна присутствовали генерал-майоры авиации Левин и Болховитинов, а позднее — Стечкин и Льюлька.

В конце февраля 1944 г. в очередной сводке военпреда отдела главного конструктора (ОГК) завода № 21 инженер-капитана В.Р. Ефремова отмечалось, что в ОГК осуществляется разработка проекта истребителя Ла-ВРД с газотурбинным ВРД конструкции А.М. Льюлька со статической тягой 1250 кгс. Разработкой самолета руководил, по-видимому, С.М. Алексеев. Он выбрал двухбалочную схему с цельнометаллическим крылом ламинарного профиля ЦАГИ. Двигатель Ла-ВРД устанавливался под крылом в фюзеляже-гондole позади герметичной кабины летчика. Шасси спроектировали трехпорным, причем передняя стойка убиралась назад за бронеспинку летчика, а основные — также поворотом назад в сочленения балок с крылом. Вооружение располагалось в балках и включало две пушки НС-23 с общим запасом 120 снарядов. Взлетная масса машины по проекту составляла 3300 кг, а полезная нагрузка — 910 кг. Крыло с относительно небольшой площадью 15,5 м² имело удлинение 5,85. Схема самолета была утверждена С.М. Лавочкиным и согласована с ЦАГИ. Расчетные летные данные самолета были следующими: максимальная скорость полета у земли — 890 км/ч, на высоте 5000 м — 850 км/ч, время набора высоты 5000 м — 2,5 мин, а практический потолок — 15 000 м. Посадочная скорость ожидалась на уровне 140 км/ч. Отметим, что так же, как у Гу-ВРД, расчетные летные данные в основном были вполне реальными. Однако в металле и этот проект реализован не был.

Закономерной реакцией на полученную информацию о работах немцев над созданием реактивных самолетов преимущественно с ТКВРД стали вышедшие 22 мая 1944 г. постановления ГОКО № 5945 "О создании авиационных реактивных двигателей" и № 5946 "О создании самолетов с реактивными двигателями". Значение этих постановлений, хотя и несколько запоздавших, трудно переоценить.

В соответствии с пунктом 4 постановления № 5945 начальнику НИИ-1 П.И. Федорову и конструктору НИИ-1 А.М. Льюлька поручалась постройка и предъявление к 1 марта 1945 г. на заводские испытания экспериментального газотурбинного ВРД со статической тягой 1250 кг. Постановлением № 5946 на главного конструктора завода № 21 С.М. Лавочкина возлага-



Турбореактивный двигатель ТР-1

вание возлагалось на коллектив ОКБ, а постройка, доводка и испытание — на завод № 45. В процессе доводки двигателей активное участие принял завод № 165. Провести сдаточные испытания в 1946 г. не удалось, но к концу года завод № 45 изготовил 36 экземпляров двигателя. В феврале 1947 г. главный конструктор Люлька и директор завода № 165 Мизеров, а также директор завода № 45 Комаров и главный инженер Куинджи докладывали председателю Совета Министров Союза ССР И.В. Сталину о том, что постановление Совмина "О создании отечественного турбореактивного двигателя ТР-1 конструкции Главного Конструктора опытного завода № 165 тов. Люлька А.М." выполнено. Двигатель ТР-1, построенный и доведенный коллективами заводов №№ 45 и 165, прошел 3 ноября 1947 г. официальные заводские длительные испытания с оценкой "удовлетворительно". Госиспытания проводились в соответствии с постановлением СМ СССР № 255-114 от 10 февраля 1947 г., подписанным Сталиным. 27 ноября 1947 г. двигатель ТР-1 закончил государственные стендовые испытания, показав следующие данные:

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ТР-1

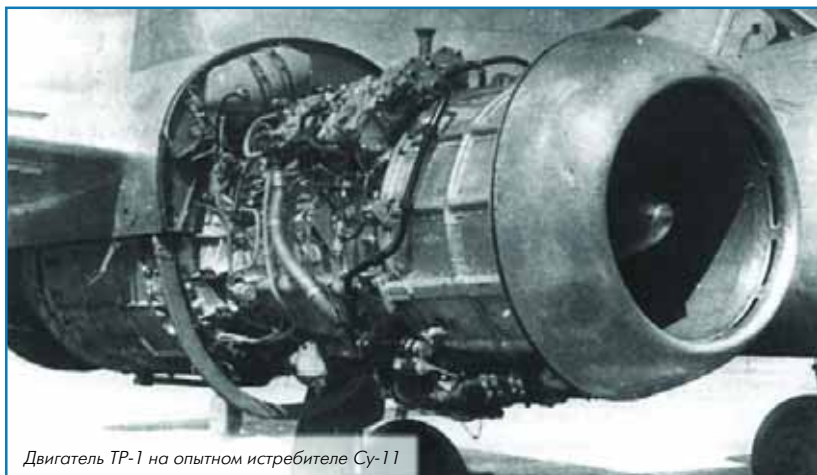
| Характеристика | Заявлено | Получено |
|---|----------|----------|
| Статическая тяга, кгс | 1250 | 1300 |
| Удельный расход топлива, кг топлива/(кг тяги·ч) | 1,4 | 1,27 |
| Масса двигателя, кг | 900 | 840 |

По результатам госиспытаний Люлька был награжден орденом Ленина и получил Сталинскую премию. В 1947 г. ТР-1 прошел летные испытания на самолете В-25, приспособленном под летающую лабораторию. Однако в большую серию ТР-1 не запускался, так как к этому времени требовались более мощные ГТД.

Ещё в 1946 г. в ОКБ Люлька разрабатывались двигатели ТР-1А, ТР-2 и ТР-3. Первый из них должен был иметь статическую тягу 1500 кгс. Планировалось устанавливать его на самолет-истребитель Сухого или бомбардировщик Ил-30. 17 июля 1947 г. Люлька и Ильюшин направили министру авиационной промышленности М.В. Хруничеву письмо, в котором сообщали, что в ходе испытаний одного из построенных двигателей ТР-1 удалось получить тягу 1600 кгс. "Очевидная необходимость установки этих двигателей на самолетах авиаконструкторов Ильюшина С.В. и Сухого П.О. вынуждает нас просить Вас дать указание заводу № 45 о срочном изготовлении 12 двигателей ТР-1 с тягой 1600 кгс..." Другой важнейшей задачей коллективов заводов №№ 45 и 165 считалось увеличение ресурса двигателя до 50 ч.

В 1947 г. был спроектирован и построен в трех экземплярах на заводе № 165 двигатель ТР-2 тягой 2000 кгс. Проектирование двигателя ТР-3 тягой 4000 кгс также было закончено в начале 1947 г. Первый экземпляр ТР-3 поставили на испытательный стенд в день 800-летия Москвы — 7 сентября 1947 г. До конца года был изготовлен ещё один экземпляр ТР-3, однако в процессе доводки ОКБ приняло решение о необходимости его коренной модернизации и изготовлении нового варианта двигателя.

В 1948 г. по указанию 8-го ГУ МАП работы по двигателям ТР-1А и ТР-2 были прекращены, а все усилия сосредоточены на доводке ТР-3, который в ноябре 1948 г. удовлетворительно прошел государственные 50-часовые стендовые испытания. В акте по испытаниям отмечалось, что ТР-3 являлся "сверхмощным отечественным двигателем с повышенной степенью сжатия и температурой газа перед турбиной". Статическая тяга ТР-3 составляла 4600 кгс при удельном расходе топлива 1,1 кг/кг тяги·ч и сухой массе 1700 кг. Двигатель был построен полностью из отечественных материалов, имел осевую семиступенчатый компрессор, многокаскадную ка-



Двигатель ТР-1 на опытном истребителе Су-11

меру сгорания с 24 горелками и двухступенчатыми форсунками центробежного типа, осевую одноступенчатую газовую турбину и нерегулируемое реактивное сопло. Запуск производился с помощью воздушного стартера СВ-3, питаемого от аэродромных баллонов со сжатым воздухом.

В сентябре 1950 г. на госиспытания поступил ТР-3 со 100-часовым ресурсом. Прочностной доводке подверглись практически все узлы двигателя. Статическая тяга его не изменилась, удельный расход уменьшился до 1,08 кг/кг тяги·ч, а сухая масса увеличилась до 1900 кг. Конструктору удалось улучшить процесс сгорания и устранить срыв пламени в камере сгорания, возникавший при резкой уборке сектора газа. Впервые был осуществлен автономный запуск с помощью турбостартера, разработанного в феврале-апреле 1949 г. Впоследствии Люлька все свои двигатели оснащал турбостартерами.

Используя задел по ТР-3, в 1950 г. ОКБ Люлька разработало двигатель ТР-3А тягой 5000 кгс. Вскоре его наименование было изменено на АЛ-5 (в его названии впервые появились буквы АЛ). Этот ГТД по праву считался одним из самых мощных в мире. Вскоре он успешно прошел 100-часовые государственные испытания. В 1951 г. коллективу люльковцев за АЛ-5 была присуждена Сталинская премия первой степени. В 1952 г. на этом двигателе впервые был достигнут 200-часовой ресурс и тяга 5200 кгс. Летные испытания АЛ-5 сначала проходил на опытном истребителе Микояна И-350. В первом же полете, после набора высоты 2000 м при уменьшении оборотов двигатель остановился. Летчик Г.А. Седов, проявив незаурядное летное мастерство, сумел спасти машину, выполнив безмоторную посадку. Двигатель сняли с самолета и установили на стенд. Выяснилось, что кольцевая камера сгорания имела недостаточный запас устойчивости горения на бедных смесях. После доработки камеры сгорания АЛ-5 устанавливались на самолет Ил-46. Заслуженный летчик-испытатель В.К. Коккинаки дал им высокую оценку. В отчете по заводским испытаниям самолета Ил-46 он указал: "На всех режимах двигатели работали надежно. Рекомендовать двигатели АЛ-5 на государственные испытания". Однако неудача с И-350 предрешила судьбу АЛ-5.

На следующем этапе коллектив КБ и завода разработал семейство ТРД на основе двигателя АЛ-7. Его модификации устанавлива-

Опытный истребитель И-350 оснащался двигателем АЛ-5



лись на бомбардировщике Ил-54, на пассажирском самолете Ту-110 (АЛ-7П), на гидросамолете М-10 конструкции Г.М. Бериева (АЛ-7ПБ). Форсированный АЛ-7Ф с высоконапорным девятиступенчатым компрессором, двухступенчатой газовой турбиной и форсажной камерой устанавливался на истребителе-перехватчике Ла-250. Следующий вариант АЛ-7Ф-1 со статической тягой 9200 кгс успешно применялся на истребителе-бомбардировщике Су-7Б, истребителе-перехватчике Су-11 и дальнем перехватчике Ту-128. На самолетах П.О. Сухого и на гидросамолете М-10 с двигателями АЛ-7Ф было установлено несколько мировых рекордов высоты, скорости полета и грузоподъемности. Двигатели АЛ-7Ф получили самое широкое распространение, выпускались на нескольких заводах в тысячах экземпляров. За этот двигатель Лялька был удостоен звания Героя Социалистического Труда. В 1958 г. решением ВАС А.М. Лялька присвоена ученая степень доктора технических наук, в 1960 г. АН СССР избрала его членом-корреспондентом, а позднее — действительным

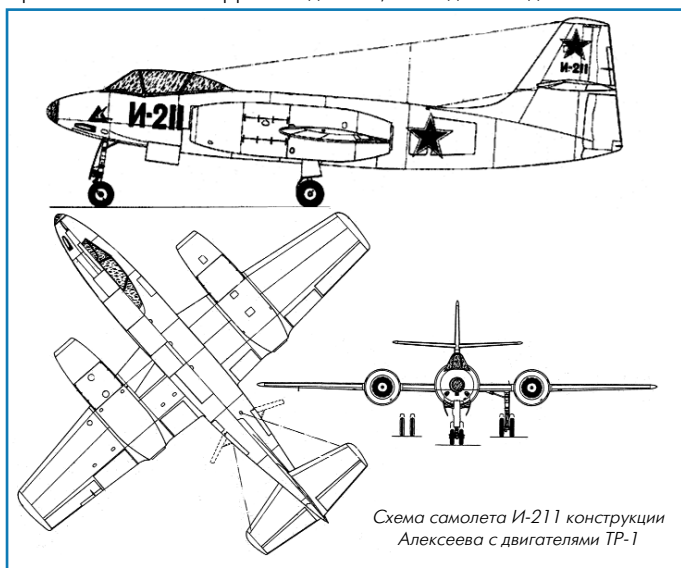


Схема самолета И-211 конструкции Алексеева с двигателями ТР-1

членом АН СССР, где он до конца своей жизни возглавлял секцию по газовым турбинам.

В 1965-1970 гг. в ОКБ Лялька разрабатывался мощный ТРД третьего поколения АЛ-21Ф, а в начале 70-х гг. был создан его вариант АЛ-21Ф-3 тягой 11 000 кгс с высокой степенью механизации компрессора, высокотемпературной трехступенчатой турбиной с охлаждаемыми лопатками и всережимным регулированием тяги. В 1974 г. АЛ-21Ф-1 прошел государственные испытания, был передан в серийное производство и устанавливался на истребителях-бомбардировщиках Су-17М, МиГ-23Б, фронтовых бомбардировщиках Су-24. АЛ-21Ф и сегодня, спустя четверть века после выпуска первых образцов, успешно эксплуатируется в различных регионах земли.

Широкие технические возможности коллектива ОКБ Лялька позволили ему параллельно с работой над ПТД создать кислородно-водородный ЖРД Д-57 замкнутой схемы тягой 40 т для "лунного" комплекса Н1. В 1972 г. десять таких

Опытный бомбардировщик "150" конструкции Бааде с двигателями АЛ-5



двигателей успешно прошли испытания. Вместе с Лялькой работы по Д-57 вел главный конструктор М.А. Кузьмин.

Во второй половине 70-х гг. Архип Михайлович обратился к реализации своей давней мечты — созданию двухконтурного ТРД. С двигателем АЛ-31Ф, развивающим тягу 12 500 кгс, самолет Су-27 установил более 40 мировых рекордов. До настоящего времени АЛ-31Ф является одним из лучших в мире двигателей для высокоманевренных самолетов. Он представляет собой вершину творческой деятельности А.М. Лялька.

В конце 70-х — середине 80-х гг. двигатель АЛ-31Ф был модифицирован для установки на аналоге орбитального космического корабля "Буран". Четыре АЛ-31Ф обеспечили отработку системы автоматической посадки "Бурана" и дали возможность экипажам отечественного многоэтажного комплекса пройти необходимый цикл тренировок.

В 1982 г. по инициативе А.М. Лялька было организовано научно-производственное объединение "Сатурн". К одноименному машиностроительному заводу, головному предприятию объединения, присоединились организации, обладающие большим научно-техническим потенциалом и опытом создания ТРД. Это позволило сконцентрировать усилия нескольких коллективов, сократить сроки производственных и доводочных работ.

На протяжении всей своей жизни Архип Михайлович Лялька являлся первопроходцем, одним из тех, на долю которых выпадают самые сложные задачи. Идти впереди всегда непросто, но что может быть интереснее такой судьбы?

В заключение авторы выражают благодарность ведущему конструктору ОКБ "Сатурн-Лялька" В.В. Плотникову за предоставление материалов, использованных в статье.

Истребитель-бомбардировщик Су-7Б с двигателем АЛ-7Ф



DIGEST

IS IT EASY TO GO AHEAD?

In 1944 A. Lyulka launched a program of TP-1 engine with 1250-kg static thrust specially destined for La-VRD fighter. In 3 years he was awarded by Order of Lenin and won Stalin Prize, but the first really successful engine in Lyulka's Design Bureau became the AL-7 which was developed ten years later. In 65-70s A. Lyulka designed AL-21F turbojet of the 3rd generation intended for Su-17M, MiG-23B and Su-24 aircrafts. At the same time he developed D-57 lox/liquid hydrogen engine for N1 space complex. The AL-31F was the top in his life. The Su-27 powered by the AL-31F has registered more than 30 world records. All his life Arkhip M. Lyulka was a pioneer solving the most difficult problems but what can be more interesting than such a fate?

СЪЕЗД АВИАПРОМЫШЛЕННИКОВ РОССИИ

Лев Берне

30 июня 1999 г. состоялся съезд авиапромышленников России, на котором присутствовали: генеральный директор Российского авиационно-космического агентства Юрий Коптев, председатель МАК Татьяна Анодина, представители администрации президента, правительства РФ, Главком ВВС генерал-полковник Анатолий Корнуков, начальник вооружения МО РФ генерал-лейтенант Анатолий Ситнов, руко-

авиационной техники сократилось в 15 раз. Разработанная и одобренная в 1992 г. Программой развития гражданской авиационной техники России до 2000 года, которой в январе 1996 г. присвоен статус Президентской, финансировалась в 1993-1999 гг. на уровне 10...20 % от запланированных объемов. Аналогичная ситуация сложилась и по военным программам.

разцов техники, созданы и сертифицированы конкурентоспособные самолеты Ил-96-300, Ил-114, Ил-96Т, Ил-103, Ту-204, Ту-214, Ан-124-100, Ан-38, вертолет Ми-172. На самолеты Ил-96Т, Ил-103, вертолеты Ка-32А, Ми-26ТС получены экспортные сертификаты. В настоящее время проходят испытания: Бе-200, Ил-114-100, Ил-76МФ, Ми-34, Ка-126 и Ка-226.

Однако отсутствие государственного протекционизма, а также недостаток средств у российских компаний привели к появлению в их авиапарке зарубежных самолетов, взятых в лизинг или в аренду. В настоящее время ими эксплуатируются 54 самолета зарубежной постройки, в том числе 41 магистральный, что нанесло ущерб федеральному бюджету в размере \$ 1,2 млрд из-за предоставления льгот по таможенным платежам и более \$ 200 млн ежегодно из-за лизинговых перечислений за границу. При этом отечественные авиапредприятия, задавленные налогами, едва сводят концы с концами.

Вместе с тем, имеются и положительные сдвиги. Так, накоплен научно-технический задел для конструирования новых об-



Юрий Коптев

водителем Федеральной службы воздушного транспорта Владимир Андреев, генеральные конструкторы, руководители предприятий авиапромышленности, а также представители других министерств и ведомств.

С основным докладом на съезде выступил председатель совета директоров АО "Авиапром" Юрий Бардин, с докладом — председатель авиапрофсоюза Анатолий Бреусов.

Участники съезда отметили, что сегодня отечественная авиационная промышленность находится в состоянии глубокого системного кризиса. По сравнению с 1991 г. производство военных самолетов уменьшилось в 17 раз, военных вертолетов — в 5 раз, авиационных ракет различного назначения — в 23 раза; производство гражданской



Анатолий Бреусов



Юрий Бардин

Как известно, в Правительстве введена должность вице-преьера по военно-промышленному комплексу, а Президентом РФ подписано решение о слиянии органов управления авиационной промышленностью с космическим агентством в единое Российское авиационно-космическое агентство. Эти мероприятия, безусловно, необходимы для жизни нашей авиационной промышленности. Но естественно возникает вопрос, зачем надо было ломать структуру, существовавшую многие годы, чтобы снова вернуться к ней? Зачем надо было координировать работ по авиапрому проводить через департамент авиационно-космической и судостроительной промышленности Минэкономики?

Съезд авиапромышленников России в целом поддержал мероприятия Правительства РФ по организации отраслевой системы государственного регулирования деятельности оборонных отраслей промышленности. Развернутую резолюцию съезда, фактически — программу восстановления и развития авиапромышленности, участники съезда направили Президенту и Правительству РФ, в Совет Федерации и Государственную Думу РФ.

СЕРДЦЕ ИСТРЕБИТЕЛЯ

Александр Николаев

Прочитанный выше разговор состоялся, как следует из слов известного советского авиаконструктора, в середине лета 1939 г. Обстановка в мире складывалась тогда довольно скверно: в Испании франкисты с помощью немецких и итальянских союзников разгромили республику, которой СССР оказывал разнобразную, в том числе и военную, помощь; в районе реки Халхин-Гол шли напряженные бои против наследников самураев; на западных границах страны с каждым днем нарастала угроза со стороны фашистской Германии.

Руководство СССР прилагало огромные усилия для ускоренного технического перевооружения РККА, и в первую очередь - авиации, ведь на последнем этапе боев в Испании определенно выявилось отставание наших "ястребков" от лучших германских истребителей "Мессершмитт" Bf109, особенно модификаций D и E. Японские пилоты также сумели доставить "сталинским соколам" немало неприятностей, поскольку их машины оказались примерно равноценными нашим "ишакам" и "чайкам". Необходим был резкий технический рывок, способный обеспечить качественное превосходство отечественных истребителей над самолетами "вероятного противника". Но такой рывок мог быть осуществлен только на основе внедрения авиационных двигателей нового поколения.

ОДНОРЯДНЫЕ "ЗВЕЗДЫ" УСТУПАЮТ ДОРОГУ

Оба советских истребителя — И-15 и И-16, производившихся во второй половине 30-х годов серийно, оснащались однорядными звездообразными девятицилиндровыми моторами воздушного охлаждения, представлявшими собой последовательные модификации американского двигателя Райт "Циклон" R-1820F-3. "Циклон", мощность которого составляла 625 л.с., был закуплен комиссией, возглавлявшейся начальником ЦИАМ И.И. Побережским и известным конструктором А.Д. Швецовым в ходе командировки в США в 1932-1933 гг. Первые отечественные моторы являлись точными копиями заморских образцов и имели обозначение М-25. В дальнейшем, после доработок и неоднократного форсирования Швецову удалось существенно улучшить характеристики двигателя, и в вариантах М-62 и М-63 довести его взлетную мощность до 1000 и 1100 л.с., соответственно. Кроме того, мотор получил двухскоростной приводной центробежный нагнетатель (ПЦН), что существенно увеличило его высотность. Сохранив относительно небольшую массу (около 520 кг), двигатель обеспечивал истребителям И-153 и И-16 неплохую энерговооруженность — 0,48...0,58 л.с. на килограмм полетной массы. Для набора высоты 5000 м "чайкам" и "ишакам" последних вариантов требовалось всего 5,2...5,7 мин.

Однако из-за огромного "лба" (диаметр М-62 составлял 1,375 м) доля мощности, расходуемая на преодоление аэродинамического сопротивления, получалась слишком большой и не поз-



Истребитель И-16

"Сталин спросил меня:

— Ну, как, надумали делать истребитель с двигателем Климова?

— Да, я связался с Климовым и получил все данные...

— Как вы его вооружите? Пушка на нем будет стоять?

— А как же! На нашем истребителе будет стоять пушка калибра 20 мм и два скорострельных пулемета.

— Это хорошо... — ответил Сталин, в раздумье похаживая по кабинету..."

А.С. Яковлев. Цель жизни.

воляла разогнать кургузый "ишак", не говоря уж о "чайке" с ее бипланной коробкой крыльев, до скорости хотя бы 500 км/ч. Значительное лобовое сопротивление двигателя негативно сказывалось, разумеется, и на разгонных характеристиках самолета. Между тем, именно высокая максимальная скорость полета в сочетании со скороподъемностью все рельефнее выделялась военными экспертами в качестве важнейшей характеристики истребителя.

Молодой немецкий летчик Вернер Мельдерс, одержавший в Испании 14 побед над республиканскими самолетами, по возвращении на родину был признан ведущим авторитетом в области способов боевого применения истребителей. Именно он настойчиво внедрял в люфтваффе принципы боя на вертикальном маневре. По мнению Мельдерса, атаку следовало выполнять сзади сверху, преимущественно при небольших ракурсах, на повышенной скорости, огонь вести длинными очередями с малой дистанции, после завершения атаки за счет кинетической энергии разгона снова уходить наверх, откуда готовить новое нападение. Этот "рецепт" фактически идентичен знаменитой покрышкинской формуле "высота — скорость — маневр — огонь", появившейся, впрочем, позднее. Важно, что в германских ВВС к моменту нападения на СССР подобная манера ведения боя не просто получила одобрение, а стала фактически эталоном, штампом. Доказав свою эффективность в Испании, она была проверена в боях с польскими, французскими и английскими противниками.

Основной немецкий одномоторный истребитель Bf 109 (в отечественной литературе его традиционно называют Me-109, что некорректно) к моменту нападения Германии на Советский Союз прошел почти пятилетний путь развития. Летом 1941 г. в истребительных эскадрах люфтваффе, предназначенных для ведения войны на Востоке, имелось свыше тысячи "сто девярых", большей частью модификации E (его неофициальное наименование "Эмиль" было связано именно с буквой, определяющей модификацию). Этот вариант машины оснащался двенадцатицилиндровым рядным двигателем жидкостного охлаждения Даймлер-Бенц DB 601A, развивавшим взлетную мощность 1175 л.с. По удельной нагрузке на мощность Bf 109E уступал "ишаку" (0,45 л.с./кг), но благодаря лучшей аэродинамике обладал превосходством в максимальной скорости и разгонных характеристиках. Особенности его мотора являлись размещение приводного нагнетателя сбоку, а также наличие так называемой "турбомуфты" в ПЦН, обеспечивавшей плавное увеличение оборотов турбины нагнетателя с высотой. Такое техническое решение позволило немецким конструкторам избежать провала мощности, характерного для двигателей с двухскоростными ПЦН.

Летом 1941 г. в распоряжении немцев, помимо хорошо изученного в СССР "Эмиля", имелся тайный "козырный туз" — новый вариант мессершмиттовского истребителя Bf 109F-2, оснащенный форсированным двигателем DB 601N мощностью 1285 л.с. на одноминутном чрезвычайном режиме. "Фридрих", как его называли в люфтваффе, оказался исключительно удачной машиной, у которой оптимальным образом сочеталась высокая скорость (около 600 км/ч на высоте 6000 м) с великолепной маневренностью. Надо признать, что летом 1941 г. "Фридрих" заметно превосходил все советские серийные истребители (исключая МиГ-3 на больших высотах, где бои практически никогда не велись). Имелась у него, впрочем, и ахиллесова пята: сравнительно слабое вооружение, состоявшее из 15-мм пушки и двух 7,92-мм пулеметов. Кроме того, надежность чрезмерно форсированного двигателя оставляла желать лучшего.

В силу указанных выше особенностей "ишаки" и "чайки", даже имея в кабинах опытных воздушных бойцов, мало что могли противопоставить асам люфтваффе. Последние попросту избегали схваток на горизонталях, где советские истребители имели некоторое преимущество во времени виража. В случае неудачной атаки немецкий пилот всегда стремился оторваться "горкой". Только мгновенная реакция и отличные навыки в стрельбе позволяли отдельным нашим летчикам удачно "проводить" очередью уходящий вверх германский истребитель.

ВИНОВНИКИ НАШИХ ПОБЕД

В конце 30-х годов исчерпавшие свои возможности однорядные "звезды" на истребителях всего мира уступали место V-образным моторам жидкостного охлаждения. В Советском Союзе таких "движков" было два (имеются в виду только серийные моторы): М-105 и АМ-35А. Первый, разработанный в ОКБ В.Я. Климova, представлял собой серьезно модернизированный французский мотор "Испано-Сюиза" HS 12Ybrs, лицензия на производство которого была закуплена еще в 1932 г. Важной особенностью варианта М-105П явля-



Истребитель И-26-2 (прототип Як-1)

лась возможность размещения пушки в развале цилиндров и ведения огня из нее через полый вал редуктора. К середине 1940 г. Климову удалось довести взлетную мощность мотора до 1100 л.с. (на 32% больше, чем у французского прототипа). Кроме того, отечественные конструкторы создали двухскоростной приводной центробежный нагнетатель, позволявший сохранять номинальную мощность 1050 л.с. до высоты 4000 м. К лету 1941 г. наиболее существенные дефекты, характерные для конструкции М-105, сумели устранить. Серийный двигатель надежно вырабатывал положенные ему 100 часов, после чего отправлялся на переборку.

В 1940-1941 гг. ОКБ Климова пыталось развить успех и на базе М-105 создавало два новых мотора, одинаковых по литражу и размерам цилиндров с прототипом. Увеличения мощности двигателя М-106 планировалось добиться за счет повышения наддува приблизительно на 200 мм.рт.ст., а М-107 форсировался по частоте вращения до 3200 об/мин. Следует подчеркнуть, что в том и другом случае без существенного увеличения массы и с сохранением габаритов М-105 Климов и его сотрудники намеревались получить взлетную мощность порядка 1350...1400 л.с., что давало бы самолету любого назначения заметные преимущества перед машиной, оснащенной "сто пятью". Вот почему и Як-1 (И-26), и ЛаГГ-3 (И-301) проектировались первоначально в расчете на М-106, однако затянувшаяся доводка климовских новинок заставила А.С. Яковлева и триумвират "В.П. Горбунов —

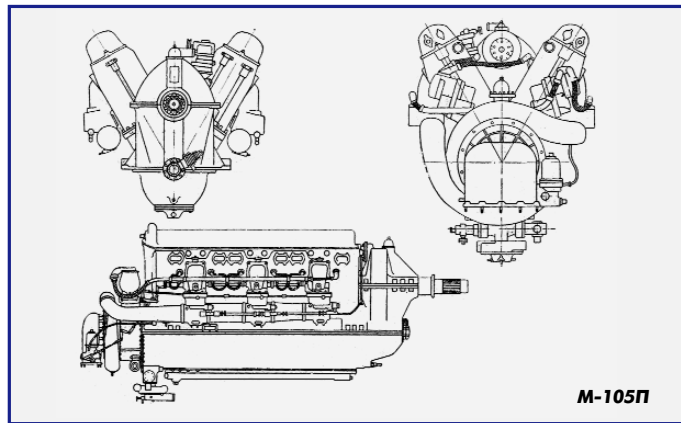


Истребитель ЛаГГ-3

С.А. Лавочкин — М.И. Гудков" довольствоваться М-105П.

При создании своего первого истребителя Яковлев использовал весь опыт, накопленный за предшествовавший период, когда руководимый им небольшой конструкторский коллектив создал несколько образцов легкомоторных спортивных самолетов. Применение сварной фермы фюзеляжа в сочетании с цельнодеревянным неразъемным крылом, стремление минимизировать массу машины и при этом максимально облагородить ее обводы с целью уменьшения лобового сопротивления — таковы были важнейшие идеи, настойчиво проводившиеся в жизнь молодым авиаконструктором. Что касается использования мощного двигателя жидкостного охлаждения, то здесь у ОКБ опыт был очень скромным. Впервые яковлевцы познакомились с М-105 еще в конце 1939 г. при создании ближнего бомбардировщика ББ-22бис и, надо сказать, знакомство оказалось малоприятным. Мотор в то время еще не был серийным, не отличался надежностью, а система охлаждения не обеспечивала необходимых температурных режимов.

13 января 1940 г. в воздух поднялся первый опытный экземпляр истребителя И-26-1, на котором смонтировали двигатель М-105П опытной серии. Из-за недостаточной производительности откачивающей маслопомпы масло перегревалось, и его выбрасывало через суфлерное отверстие. Другим источником масляных выбросов являлись ненадежные уплотнения. В результате лобовое стекло фонаря покрывалось непрозрачными разводами, а замаслившиеся соты радиаторов ухудшали и без того напряженный тепловой режим. Часто выходила из строя система зажигания и свечи, которые приходилось менять чуть ли не перед каж-



М-105П

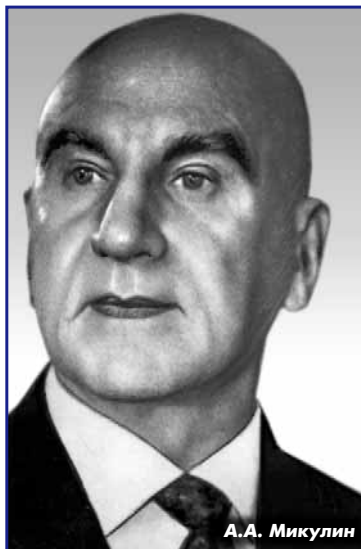
дым полетом. Отмечались и другие дефекты.

Из-за выбивания масла через суфлер и раскрутки винта двигатель М-105П часто выходил из строя, в его картере обнаруживали стружку. По этой причине за время заводских испытаний на первом И-26 было заменено пять двигателей. Но, несмотря на все трудности, 1 июня 1940 г. в НИИ ВВС поступил на госиспытания второй летный экземпляр И-26-2. И хотя двигатель по-прежнему перегревался и "плевался" маслом, результаты испытаний сочли успешными: ведь будущий Як-1 показал максимальную скорость 585,5 км/ч, т.е. более высокую, чем имел Вф 109Е. Интересно отметить, что его двигатель М-105П постановлением СНК был запущен в серию только 23 мая 1940 г., всего за неделю до начала госиспытаний И-26-2!

Прототип другого отечественного истребителя И-301, оборудованного мотором М-105П, поступил на госиспытания 15 июня 1940 г. В отличие от Яка, конструкция этой машины была цельнодеревянной. Впрочем, применялась не простая древесина, а ско-



В.Я. Климов



А.А. Микулин

рее - композиционный материал, как назвали бы его теперь, поскольку элементы крыла, фюзеляжа и оперения прессовались из шпона, пропитанного клеем ВИАМ-Б-3. Ведущий инженер НИИ ВВС Рабкин вспоминал: "Ажурные формы деревянных частей конструкции И-301 выглядели добротными и в то же время изящными. Они радовали глаз целесообразностью и гармоничным сочетанием элементов и, может быть, в силу этого не казались тяжеловесными, какими были в действительности". Опыт применения "композитов" в начале сороковых оказался негативным: серийный ЛаГГ-3 весил примерно на 300...350 кг больше, чем Як-1.

Очевидно, что при одинаковой силовой установке по летным данным ЛаГГ неизбежно должен был уступать яковлевской машине. Так и случилось: если серийный Як-1, выпущенный осенью 1941 г., имел максимальную скорость порядка 570 км/ч, то современный ему ЛаГГ-3 — не более 550 км/ч. Заметно отставал он и по скороподъемности, набирая высоту 5000 м за 8,5 мин. И все же, поскольку делать ставку только на Як руководство НКАП в то время не решилось (опытный И-301 благодаря тщательной отделке показал очень высокую максимальную скорость — свыше 600 км/ч, но в серии обеспечить такое качество поверхности оказалось невозможно; вероятно, в НКАП считали снижение ТТХ ЛаГГа временным явлением).

Созданный под руководством А.А. Микулина двигатель АМ-35А являлся чисто отечественным продуктом и вел свою историю от М-34 — первого серийного микулинского мотора, в 1936-1937 гг. являвшегося самым мощным в мире. В погоне за еще более высокой мощностью при сохранении относительно простой технологии изготовления АМ-35А получился очень тяжелым (830 кг) и крупногабаритным (удельный лоб 0,0698 дм²/л.с.). Впрочем, и другие его относительные показатели не блистали: по удельной массе и расходу топлива мотор прочно закрепился в последних рядах мирового рейтинга. Однако одно неоспоримое достоинство АМ-35А перевесило все его минусы, когда Н.Н. Поликарпов решил оснастить им свой новый истребитель, впоследствии превратившийся в И-200, а затем — в МиГ-3. Этим достоинством была уникальная высотная характеристика двигателя, сохранявшего мощность 1350 л.с. вплоть до высоты 6000 м. Благодаря использованию в односкоростном нагнетателе поворотных "лопаток Поликовского" обеспечивалось плавное регулиро-

вание давления воздуха на выходе из ПЦН с высотой. Такое техническое решение давало неоспоримые преимущества.

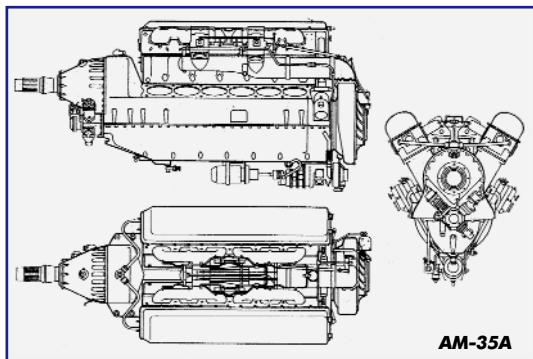
Опытный истребитель И-200, оснащенный двигателем Микулина, с первых дней испытаний был весьма высоко оценен руководством НКАП и ВВС РККА. Еще бы: на большой высоте он был способен летать почти вдвое быстрее "ишака" и легко обгонял "мессера". В соответствии с бытовавшими в то время среди авиационных специалистов взглядами роль большой высоты для истребителя значительно преувеличивалась, поэтому машина, созданная под руководством А.И. Микояна и М.В. Гуревича, сразу оказалась в центре всеобщего внимания. Выйдя на госиспытания последним в "тройке призеров", И-200 (в декабре 1940 г. ему было присвоено наименование МиГ-3) быстро опередил "конкурентов" по массовости и степени освоенности в войсках. На момент нападения Германии на СССР отечественная авиапромышленность успела построить тысячу триста МиГов, почти полтысячи ЛаГГов и чуть менее четырехсот Яков.

Двигатель АМ-35А был запущен в производство еще в 1940 г., но только весной 1941 г. на нем выявился серьезный дефект: отказ электромеханического управления лопатками Поликовского. В строевых частях произошел ряд катастроф, в том числе и по вине мотора. Около месяца вся армада новеньких МиГ-3 простояла без движения на земле, пока не нашли метод "лечения" капризных лопаток: управление ими заменили на чисто механическое. С апреля в частях возобновилось переучивание, которое, впрочем, не удалось завершить к началу войны.

Многие авиационные полки утром 22 июня 1941 г. располагали сразу двумя комплектами техники: старенькими "ишаками" и МиГами, на которых, как говорится, "муха не сидела" (и летчики тоже).

В апреле 1941 г. один из немецких дальних разведчиков Ju 88, входивший в состав известной "команды Ровеля", из-за технической неисправности вынужден был прекратить выполнение тайной миссии и приземлиться в районе Винницы. Экипаж немедленно арестовали, но вскоре отпустили. Более того, спустя несколько дней германское министерство авиации получило приглашение посетить с визитом Советский Союз. В мае 1941 г. возглавляемая военно-воздушным атташе в Москве полковником Ашенбреннером делегация приехала на считавшийся лучшим в стране завод № 1, серийно производивший МиГ-3. Потом немецким специалистам показали два аэродрома, где, выстроившись в линейку, стояли новенькие длинноносые истребители. Самолет произвел на немцев сильное впечатление. Они хорошо знали, что дававший им пояснения главный конструктор машины А.И. Микоян был братом члена Политбюро ВКП(б) Анастаса Микояна, поэтому одну фразу авиаконструктора Ашенбреннер привел в своем отчете Генеральному штабу люфтваффе дословно: "Мы показали вам, что мы имеем и чем занимаемся. И тот, кто попробует напасть на нас, будет уничтожен!" Реакцией Гитлера на отчет была следующая резолюция: "Хорошо, вы посмотрели, как далеко они продвинулись. Мы должны начинать немедленно!"

(Продолжение в следующем номере.)



АМ-35А



Истребитель И-200 (прототип МиГ-3)

DIGEST

In the late 30s the governmental bodies in USSR paid much attention to technical re-arming of Armed Forces and military aviation was in the first place. The last stage of fighter combats in Spain clearly revealed shortcomings of our I-15 and I-16 fighters as compared with "Messerschmitt" Bf109E. Fully exhausted single-row engines gave way to liquid-cooled V-engines. Two engines were developed in USSR — the M-105 designed by V.Klimov and the AM-35A designed by A.Mikulin. These engines powered Soviet fighters of a new generation (Yak-1, LaGG-3 and MiG-3) which a short time later joined the battle with German fighters.

HEART OF FIGHTER

ЧАСОВЫЕ ИСТОРИИ ИЗ САМАРЫ

Владимир Зрелов, директор Центра истории авиационных двигателей СГАУ

Продукция предприятий Самарского аэрокосмического комплекса, в частности авиационные и ракетные двигатели, а также наземные газотурбинные энергетические установки различного назначения, известна не только в России, но и далеко за её пределами. Большинство инженерных и научных кадров предприятий и организаций двигателестроения Самары и других

и ремонтных заводов, авиационно-технических баз и аэропортов. Экспонаты этой коллекции - национальное достояние России. Реализованная в металле передовая инженерная мысль сконцентрирована здесь свидетельством выдающихся достижений в одной из самых сложных наукоемких областей человеческой деятельности — аэрокосмическом двигателестроении. В

мощью всего 15 простых условных элементов представить схему конструкции ГТД любого типа. Это дает возможность на начальном этапе проектирования на уровне схемы осуществить анализ конструкции, выявить основные силовые потоки и выбрать элементы двигателя, обеспечивающие реализацию конструктивных и силовых связей двигателя. В ЦИАД создан видеофонд записей интервью с ветеранами авиапромышленности, учеными, преподавателями вузов, летчиками, испытателями и другими людьми, чьи воспоминания представляют интерес для исторической науки и для воспитания молодежи.

Еще одно интересное направление деятельности ЦИАД — стендовое моделирование. Здесь разрабатывают и производят масштабные модели-копии двигателей. Модели пропорционально подобны натуре и имеют вращающиеся элементы роторов. Эта деятельность способствует организации культурного досуга молодежи,

мясь с опытом других фирм-разработчиков. Эти семинары полезны и ЦИАД, фонды которого обогащаются опытом и воспоминаниями этих специалистов. За время своего существования ЦИАД активно участвовал в работе всех московских международных специализированных выставок "Двигатели" и установил творческие контакты не только со всеми отечественными двигательными организациями и предприятиями, но и со многими зарубежными фирмами. Такие отношения налажены, в частности, с фирмой Rolls-Royce. С ней осуществлен обмен раритетными экземплярами авиационных двигателей, который предполагается поставить на регулярную основу.

Деятельность ЦИАД находит одобрение и поддержку администрации Самарской области, а также представителей различных министерств, ведомств и общественных организаций, о чем свидетельствуют многочисленные отзывы, написанные посети-



регионов готовятся на факультете двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ).

Институт был создан в 1942 г., когда в Куйбышеве (с начала 90-х вновь Самара) в эвакуации находилось значительное количество крупных специалистов по авиационным двигателям. Они и были первыми преподавателями молодого вуза.

В 1991 г. на базе моторного класса кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов был создан Центр истории авиационных двигателей (ЦИАД), занимающий в институте особое место. В нем собрана крупнейшая в мире коллекция отечественных авиационных газотурбинных двигателей, включающая как исторические (РД-45, АМ-3, ТВ-2), так и современные (ПС-90А, АЛ-31Ф, НК-93). В формировании фонда ЦИАД принимали участие руководители конструкторских организаций, серийных

ЦИАД представлены ГТД всех конструкторских бюро СССР, а помимо них здесь есть и ракетные (в том числе и лучший в мире ЖРД НК-33), и поршневые двигатели. Большинство двигателей препарировано и снабжено плакатами с чертежами и основными техническими данными.

Основными целями ЦИАД являются исследование истории разработки и производства отечественных и зарубежных авиационных двигателей, анализ деятельности фирм-разработчиков этих двигателей, их опытного производства и испытаний в историческом аспекте и изучение истории развития авиамоторного серийного производства в России и за рубежом.

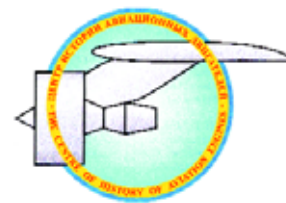
В ЦИАД широко используются современные компьютерные технологии, включающие банки данных по параметрам, конструктивным схемам, элементам конструкции двигателей. Для этого в Центре разработана специальная графическая система, позволяющая с по-



жи, повышает ее интерес к двигателестроению и способствует профориентации.

Широкий спектр деятельности ЦИАД привлекает не только студентов, но и специалистов, для которых (по предложениям ОКБ) организуются специализированные занятия-семинары, где они могут повысить свою квалификацию, знако-

телями и участниками семинаров ЦИАД. Центр задействован в процессе профессиональной подготовки и повышения квалификации специалистов как близлежащих КБ и заводов, так и других регионов. Это дает надежду на перспективу уже не только ЦИАД, но и всей отрасли авиационного и космического двигателестроения.



Центр истории авиационных двигателей.

АККРЕДИТАЦИЯ — УТРОМ, ДЕНЬГИ — ВЕЧЕРОМ

Екатерина Колготина,
ведущий инженер ГОСНИЦ ЦАГИ

В официальных документах часто употребляется слово аккредитация, но в словарях оно не встречается. Существует слово "аккредитовать" (от фр. accrediter - 1. уполномочить на представительство при иностранной державе; 2. уполномочить кого-либо на получение денег или на производство торговых операций. Словарь иностранных слов). Несмотря на некую "нелегальность" термина, аккредитация научных организаций имеет важное значение.

В настоящее время в мире существуют только три центра — Россия, США и объединенная Европа, имеющие научно-исследовательскую и экспериментальную базу, НИИ и КБ, которые обеспечивают разработку и производство авиационной техники в широком спектре потребностей мирового рынка. Характеристики современных отечественных самолетов и двигателей и их зарубежных аналогов находятся практически на одном техническом уровне.

Сравнение стоимости эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов показывает, что эксплуатационные расходы при использовании отечественных самолетов могут быть на 20...25 % ниже, чем при использовании западных самолетов.

Однако в авиационной промышленности кризис продолжается. Одна из причин заключается в том, что средства, централизованно выделяемые научным организациям для создания новой продукции, предоставляются далеко не в требуемых размерах. Неудовлетворительно обстоят дела с бюджетным финансированием программ по перепрофилированию производства под гражданские нужды. Так, в 1997 г. на проведение конверсии реально было выделено 15,5 %, на закупки вооружений и военной техники — 19 %, на НИОКР — 14 % запланированного объема при общем исполнении бюджета по статье "национальная оборона" на 66,9 %.

Для решения проблем авиационной промышленности России необходима разработка мероприятий, направленных на стабилизацию финансирования, а также обеспечение производства конкурентоспособной продукции. Переход нашей страны к рыночным отношениям характеризуется появлением промышленной политики как инструмента воздействия на экономику, под которой понимается вмешательство государства в экономику. Цель — помочь функционированию предприятий и организаций, отраслей и регионов. Одним из направлений промышленной политики России стала аккредитация научных организаций, введенная в октябре 1997 г. в соответствии с Законом РФ "О науке и государственной научно-технической политике".

Под государственной аккредитацией производителей наукоемкой продукции в данном случае понимается выделение из огромного числа научных организаций только тех, у которых научная и научно-техническая деятельность является основной и направлена на производство конкурентоспособной продукции, имеющей стратегический характер для страны.

Целями государственной аккредитации научных организаций являются:

1. Упорядочение деятельности научных организаций.
2. Обеспечение повышения уровня фундаментальных и прикладных научных исследований.

3. Рациональное использование бюджетных средств.

Порядок государственной аккредитации научных предприятий и организаций был утвержден Постановлением Правительства РФ от 11.10.97 г. № 1291 "О государственной аккредитации научных организаций". Во исполнение данного Постановления были разработаны "Методические рекомендации по проведению государственной аккредитации научных организаций", утвержденные приказом Министерства науки и технологии Российской Федерации от 11.11.97 г. № 118, которые определяют порядок подготовки и содержания документов, представляемых научными организациями для проведения их государственной аккредитации.

В результате проведения государственной аккредитации научных организаций предполагается обеспечить:

1. Сокращение объема ассигнований на нужды научных организаций со стороны государства путем прекращения выделения денежных средств организациям, не прошедшим государственную аккредитацию.
2. Повышение эффективности использования бюджетных средств на предприятиях, которые в настоящее время действительно производят конкурентоспособную наукоемкую научно-техническую продукцию.
3. Стимулирование предприятий к производству наукоемкой научно-технической продукции, отвечающей мировым стандартам качества.
4. Повышение инвестиционной активности иностранных государств и отечественных компаний на российском рынке авиастроения.

Государственная аккредитация открывает огромные перспективы для дальнейшего развития научно-технического потенциала России в современных условиях. Она позволяет из огромного числа научных организаций отобрать только те, которые действительно способны производить конкурентоспособную наукоемкую научно-техническую продукцию, отвечающую общему мировому стандарту. Именно такие предприятия и организации заслуживают дальнейшего финансирования своей деятельности со стороны государства. Программа поддержки научных предприятий и организаций, прошедших государственную аккредитацию, по мнению автора, должна включать несколько важных направлений:

1. Обеспечение финансирования государственного заказа только организаций, ставших победителями конкурсов на право выполнения оборонного заказа. Ожидается, что при этом число участников государственного оборонного заказа сократится вдвое.

2. Введение системы льготного налогообложения.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ

| Самолет | Ил-96-300 | А340-300 | Ту-204 | В-757-200 | Ту-334 | Фо-100 |
|-------------------------|-----------|-----------|--------|-----------|---------|---------|
| Двигатели | ПС-90А | CF6-56-5С | ПС-90А | PW2037 | Д-436Т1 | Тay-650 |
| Взлетная тяга, т | 4x16 | 4x15,4 | 2x16 | 2x17,3 | 2x7,65 | 2x6,9 |
| Макс. взлетный вес, т | 230 | 271 | 103 | 108,8 | 46,1 | 45,2 |
| Дальность полета, км | 9250 | 13300 | 4500 | 5980 | 2000 | 2880 |
| Число пассажиров | 300 | 295 | 214 | 216 | 102 | 107 |
| Расход топлива, г/пкм | 25 | 25,1 | 19,3 | 20,7 | 23,4 | 24,5 |
| Цена самолета, млн долл | 50-70 | 100-110 | 25-40 | 55-65 | 10-20 | 30-35 |

3. Введении системы мер в финансовой, валютной, кредитной, банковской и инвестиционной сферах.

4. Поощрение исследовательской деятельности через систему государственных фондов.

По состоянию на 10.06.99 г.:

— свидетельство о государственной аккредитации получили ГНЦ ВИАМ, ГосНИИАС, СибНИА, ГосМКБ "Вымпел", ОАО "АМНТК Союз", ЗАО "ИТЭП", ОАО "Раменское ПКБ", ОАО ВИЛС, ОАО "Электропривод", г. Киров;

— 42 организации сдали комплект документов в Министерство науки и технологий;

— документы 11 научных организаций находятся на рассмотрении в Сводном департаменте экономики оборонной промышленности Минэкономики России;

— 19 научных организаций работают с ГосНИЦ ЦАГИ - голо-

вным институтом по проведению государственной аккредитации научных организаций авиационной промышленности.

Ожидается, что поддержка научных организаций авиационной промышленности России, получивших свидетельство о государственной аккредитации, решит многие стратегические задачи, стоящие перед нашей страной — от укрепления оборонной мощи страны в целом до повышения конкурентоспособности отдельных отраслей. Будут достигнуты повышение эффективности использования бюджетных средств, нормализация денежных потоков и улучшение финансового состояния научных организаций оборонного комплекса. В конечном итоге государственная аккредитация создаст необходимые предпосылки будущего развертывания в России производства вполне конкурентоспособной наукоемкой научно-технической продукции.

ИНФОРМАЦИЯ

ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ ФЕСТИВАЛЬ ВОЗДУШНЫХ ЗМЕЕВ

Александр Ефимов, Елена Ефимова



скают воздушные змеи. А дважды в год, начиная с 1994 г., в небо одновременно поднимаются десятки разнообразных змеев собственного изготовления — это проходит самодеятельный фестиваль воздушных змеев.

Самый первый неофициальный фестиваль состоялся 10 сентября 1993 г. В нем приняли участие 8 школьников и двое взрослых со своими воздушными змеями, собравшими более 50 зрителей. Воздушные змеи были самые разнообразные, и у каждого было свое имя: Серебристый, Птеродактиль, Арбалет и др. Были они размером и с обеденный стол, а некоторые не превосходили ладони. Можно было и свое умение показать, и проявить ничем не ограниченную фантазию; можно посмотреть, что придумали другие. Но самое главное — небо всегда в вашем распоряжении, и если вам понравилась конструкция змея, то сделайте такой же,

приходите на поле и попробуйте, как он поведет себя в воздухе. Вот это разнообразие привлекало и участников и зрителей.

По воле случая оказалось, что наш первый фестиваль совпал с международной акцией американской общественной организации "Одно Небо — Один Мир". В тот день, 10 сентября, по всему миру запускают воздушные змеи. Более чем в 50 городах 22 стран (Аргентины, Австралии, Бельгии, Бразилии, Франции, Германии, Индии, Израиля, Италии, Японии и т.д.) в этот день поднимались в небо воздушные змеи.

Первый фестиваль оказался настолько удачным, что в 1994 г. оргкомитет принял решение провести уже два: весенний и осенний. Весенний фестиваль собрал 18 участников и более сотни зрителей. По решению оргкомитета семь авторов самых красивых воздушных змеев были награждены призами. Не знаем, что именно произошло, но в очередном неофициальном фестивале 1995 г. приняли участие не только жители Крылатского, но и гости из Украины, а также

студенты из США и Германии. Сейчас присоединились и китайские любители управляемого с земли полета, подарившие любителям змеев свои стихи, начало которых в вольном переводе звучит так:

Воздушный змей
— души частица —
мои мечты уносит в даль.
Бумажная ручная птица,
ты в небе — и ушла печаль.

В период празднования Дня независимости России, 12 и 13 июня этого года, мэр Москвы и управляющий делами Пекина вместе открыли первый "официальный" Московский фестиваль воздушных зме-



ев. В этом году вместе с нашими мастерами в небо запускали свои змеи китайцы, признанные специалисты в этих делах.

Жители Крылатского вот уже в течение семи лет, зимой и летом, прогуливаясь по Крылатским Холмам, наблюдают, как в любую погоду мальчишки запу-

Теперь у нас появилась еще и песня о воздушном змее со словами и музыкой, которые написали наши ребята. Мы твердо верим, что чем больше мальчишек и девочек будет с нами, чем шире станет круг "заболевших" мечтою о небе, тем меньше безобразий всякого рода будет твориться на Земле.

В этом году самодеятельный осенний фестиваль состоится 18-19 сентября в 12.00 на Крылатских Холмах. Приходите со своими воздушными змеями, а если не умеете их делать, то мы будем рады и зрителям.



Теперь у нас появилась еще и песня о воздушном змее со словами и музыкой, которые написали наши ребята. Мы твердо верим, что чем больше мальчишек и девочек будет с нами, чем шире станет круг "заболевших" мечтою о небе, тем меньше безобразий всякого рода будет твориться на Земле.

В этом году самодеятельный осенний фестиваль состоится 18-19 сентября в 12.00 на Крылатских Холмах. Приходите со своими воздушными змеями, а если не умеете их делать, то мы будем рады и зрителям.

Дмитрий Соколовский

ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ

Постоянно изменяясь, жизнь заставляет нас подходить к себе серьезно, если только мы хотим и дальше существовать в ней. Вопрос только — как это сделать с минимальными потерями.

между отдельными объектами и явлениями те, которые необходимы в процессе жизнедеятельности, начиная с уровня физиологии (что свойственно уже простейшим) и вплоть до проявлений высшей нервной деятельности. Первопричину этой способности следует, очевидно, искать в химизме живого. В результате, существо непрерывно моделирует для себя некую постоянно меняющуюся, как и мир вокруг, искусственную или, иначе говоря, воображаемую, абстрактную среду, с большей или меньшей достоверностью отражающую всё многообразие мира. Все живые существа находятся одновременно в двух разных мирах: в одном, реальном, они существуют, а в другом (который является информационной копией реального и у каждого свой) они оценивают происходящее и планируют дальнейшие действия. Именно потому, что мы на самом деле строим свои прогнозы для такого абстрактного мира, применимость его в конкретном, реальном мире вероятна. Степень приближенности этой абстрактной картины к реальной жизни в каждый момент времени характеризует способность данного существа адекватно реагировать на разнообразные изменения окружающей среды, правильно ориентироваться в ней, применять определённые прогностические качества. Связи, не абстрагированные в эту область из реальной жизни, для нас, живых существ, как бы не существуют: мы их либо не знаем, либо игнорируем, хотя ощущаем последствия их наличия — бабочка пытается пролететь сквозь стекло, лосось хватается блесну, стрела, точно пущенная в Луну, почему-то упрямо падает обратно на Землю.

Чем более наполнены природные связи объекта и чем большее их число способно существенно влиять на его поведение, тем меньше вероятность достоверного прогноза дальнейшего развития событий при использовании для этого прогноза той части его связей, которая нам известна и которой мы оперируем. И это неизбежно, ибо работая с реальными объектами и явлениями, мы принимаем во внимание только наиболее существенные (из доступных) с позиции нашего знания факты, абстрагируя от всех прочих.

Такова, в частности, картина развития техники — необходимой составляющей способа существования человека с его абстрагированными понятиями об окружающем многосвязном конкретном мире. Строго говоря, наверно пора перестать разделять науку, технику, искусство, социальные отношения, культуру и т.п., ибо природа всех этих явлений одна и та же — информационная. Структурирована, конечно, информация в каждой области по-своему, но это уже вопрос не синтеза, а анализа информации, то есть комбинации фактов, а не их основы. Какую бы область человеческой деятельности мы ни взяли, все это будет сфера этой "большой" культуры, причем, чем более сильно развиты информационные связи в данном обществе, тем более широким общественным кругам будет принадлежать данное явление. Посему, воздействие объектов технической сферы жизни на личность может быть не меньшим, чем воздействие того, что мы привыкли называть культурой.

Создание любого технического объекта (как собственно и вообще любого артефакта — в том числе и художественного, и словесного) не что иное, как попытка воздействия на природные явления, исходя из своего опыта, интуиции (т.е. неосознанного опыта) и возможностей, появляющихся в результате. Это — попытка влияния на реальный мир, исходя из анализа его информационной копии. От того, насколько пра-

Бесконечно политизированная отечественная общественная мысль традиционно считала основой всех социальных движений экономикой, принятой как концепция. Однако, если принять это за аксиому, движущие силы многих социальных явлений остаются непонятны. В частности, все, связанное с этикой, моралью, искусством экономикой, не объяснить (иначе не помирили бы в нищете знаменитые — посмертно — художники и поэты: занялись бы делом поприбыльнее). И неубедительно объяснение этого эфемерным "стремлением к славе": гонор, получается, пуще самой жизни. Логично полагать, что источники "движенья солнца и светил" находятся существенно глубже бумажника и, с другой стороны, не настолько завязаны на идее самоутверждения. Поскольку всё содеянное человеком: искусство, наука, техника, социальная среда, — результат взаимодействия его мозга с окружающим миром, резонно будет предположить, что основное последствие этого — информация, — вполне способна быть этой искомой первопричиной радостей и бед всех живущих.

Стоит сразу же оговориться: то, что привыкли понимать под этим термином ("информация", как некая сумма данных), есть на самом деле лишь небольшая часть явления. Объединенная причинно-следственной зависимостью более или менее длинная цепочка символов и т.д., которую можно записать, передать, прочесть, перехватить по дороге или напротив, защитить от кражи либо порчи — есть лишь один из способов существования информации или ее передачи. Этим, однако, не исчерпывается заложенный в нее смысл: помимо самой информации любое информационное сообщение предполагает еще и наличие воспринимающего субъекта, способ восприятия переданного и дальнейшего анализа. Последнее уже привлекает к работе с данной информацией практически чуть ли не весь накопленный жизненный опыт этого принимающего, его понимание жизни вообще и данной ситуации в частности.

Все объекты мира и природные явления связаны друг с другом бесконечным числом разнообразных по сути и форме связей, действующих одновременно и зачастую независимо друг от друга. Эту картину можно считать информационным полем. Само по себе это поле существовало до и будет существовать после нас, пока существует мир, ибо оно и есть этот мир. Способность к целенаправленному вычленению в этом поле отдельных причинно-следственных информационных связей из их бесконечного разнообразия (иначе — к выделению и обработке информации) является наиболее принципиальным отличием живого от всего остального мира. Иначе говоря, до появления в мире живого, дистиллированной, выделенной информации как таковой не существовало в бесконечном числе равноправных и неравноправных связей явлений и процессов мира. Показать негелословность этого предположения несложно: только живое может целенаправленно отделять из разнообразных связей

вильно выбраны для воздействия наиболее значимые для данного случая связи природного явления, зависит и то, насколько верно созданный искусственный природный объект выполняет функции, возложенные на него создателем: самолёты летают или падают, костер горит или гаснет, нож режет или ломается. Следовательно, любой из объектов "второй природы", т.е. созданных человеком творений, воплощает в себе в качестве телеологического содержания некую сумму взглядов своих создателей на возможности исполнения данной конкретной задачи. При этом, поскольку эти взгляды могут быть и неосознанными самим творцом, т.е. присутствовать на интуитивном уровне, также интуитивными могут быть и цели и средства их достижения. На значимости результата, впрочем, не сказывается уровень понимания путей достижения целей и сути его самим же автором.

И чем сложнее и совершеннее творение человека, чем большее количество информационных связей — осознанно и неосознанно — вложено в него, чем больше универсальность выполняемых функций, тем более эмоционально воспринимается оно людьми, даже не знакомыми с принципами, которые были использованы при его создании. Во многих областях знаний также бытуют утверждения о "красивых" теориях, формулах, конструкциях и пр. Известно, например, высказывание Туполева, что "красивые самолёты хорошо летают". Здесь: целесообразность, соразмерность целям и задачам конструкции, или, например, структура формулы, воспринимаются, в том числе на интуитивном уровне, как красота. Это всегда имеет реальный смысл: целесообразность, т.е. правильность использования основных информационных связей хорошо воспринимается в том числе и на эмоциональном уровне. И безразлично, что именно "красиво" — здание, картина, космический аппарат, физическая формула или песня: если их создатель сумел вызвать адекватный отклик у зрителя или пользователя, это творение будет именно красиво, т.е. в максимальной степени соответствовать представлениям последнего о целесообразности данного объекта. По той же причине воспринимаются красивыми и природные объекты — как живые, так и не живые: они адекватны самим себе, т.е. как раз целесообразны. И лишь отсутствие у перцепиента связанного понятия об объекте и его свойствах не даёт почувствовать его красоту. Кстати, утверждаемое здесь не имеет обратной силы: красивое вовсе не обязательно целесообразно. Или мы можем просто не понимать, каким целям оно соответствует.

Именно в стремлении сохранить и передать будущим преобразователям мира (а живое существо не может существовать в мире, не взаимодействуя с ним) свой взгляд на него определяется суть исторической науки вообще и истории техники в частности. Сложность связей этих объектов не поддаётся доскональному описанию, целесообразность их максимальна, и если мы не хотим получить унылую череду изобретателей одного и того же колеса, эти объекты должны быть

сохранены и доступны обозрению всех желающих. И альтернативы нет, ибо на этом пути ошибки и тупики не менее ценны, чем удачи. Строго говоря, в технике ошибок не бывает: они могут иметь место (и обычно-таки имеют!) при неверном приложении имеющихся знаний к решению конкретной задачи. Здесь есть прямой резон говорить, что осознанная техническая ошибка — это информация, не нашедшая адекватного воплощения в данных конкретных условиях. При создании какого-либо объекта, использующего те же информационные связи (целиком, или частично), даже не слишком удачная для своих целей конструкция может послужить отправной точкой для новых и нетривиальных решений. Развитие технологии, смежных областей знаний, да и теории самого воспроизводимого процесса приводит к тому, что на каждом следующем витке развития как исходные могут восприниматься идеи, уже "отработанные" ранее и признанные тупиковыми (или — доведёнными до совершенства, что по сути одно и то же). И если так, то в основе развития науки лежат именно технические ошибки и попытки — удачные, нет ли — их преодоления. Наука — побочное дитя практики. Она вносит в своем развитии новый смысл в известные факты и явления: её исследования ведутся в направлениях, доступных в результате накопления практического опыта и раскрытия каких-либо определённых связей информационного поля. В результате этой работы становятся известными новые связи, которые, в свою очередь, можно использовать на практике, когда она будет к этому готова. По этой причине изучение истории техники воспринимается под несколько иным ракурсом, чем принято считать. Заложённое создателями понимание процессов, для которых была создана данная машина или аппарат, может быть воспринято их потомками и последователями, в том числе и на эмоциональном уровне, как утверждалось выше. Нет смысла рассуждать о первородстве телеги или колеса: этот цикл поддерживает сам себя и тем самым сохраняется целостность восприятия информационного поля, а это — самое ценное наследство, каковое вообще можно передать. В мире это все понимают (правда, в основном — на интуитивном уровне), как необходимый элемент самосохранения общества. И в том смысле всех картинных галерей и музеев разного рода.

Чем больше мы узнаём новой информации о целях нашей работы и средствах их достижения, тем с большей вероятностью можем предсказать итог нашего труда, но тем и дальше его окончание из-за необходимости удовлетворить всем связям. Техника — не победа над природой, а победа над своим незнанием природы, точнее той ее части, тех ее информационных связей, с которыми мы в данный момент пытаемся работать. И эта разница принципиальна. Невозможно "покорять природу", но доступно приближение своего понимания её, абстрактной картины, которой мы оперируем, к реальной, вечно изменяющейся и бесконечно конкретной действительности.



DIGEST

The stronger and the greater are natural bonds of an object which can affect its behavior, the less is probability of a reliable forecast of the events progress because only a minor part of the object relations are known to us. That is how matters stand in the engineering progress. Any engineering object is an attempt to exert influence on naturally occurring phenomena. This is just an attempt to act upon a real world on the basis of analysis its information copy. In this case, realized technical mistake is the information not found an adequate embodiment in those certain conditions. These technical mistakes and more or less successful attempts of overcoming is the basis for making progress in science. The understanding of this fact is a necessary element of our society self-sustaining. Engineering is not a victory over nature but a win over men's ignorance of nature.

WHY IT IS IMPORTANT TO KEEP IN MIND OUR MISTAKES

НАШИ ДВИГАТЕЛИ – ГОРДОСТЬ РОССИИ

Александр Семенов, начальник бюро маркетинга и рекламы ММПП "Салют"

Под Парижем, на аэродроме Ле Бурже с 12 по 20 июня 1999 г. проходил очередной 43-й авиасалон. Впервые за девятидесятилетнюю историю этих авиасалонов ММПП "Салют" представляло на нем свои основные достижения в области двигателестроения, лучшие образцы продукции и новые технологии мирового уровня, определяющие технический прогресс. Единый стенд "Салюта" объединил ряд предприятий: ОАО "А. Люлька-Сатурн", УМПО, ОАО "ЭГА", государственные научные центры: ЦИАМ, НИИД, ВИАМ. Это наилучшим образом способствовало наиболее полному и весомому представ-



лению наших достижений за рубежом. Непосредственное участие в работе авиасалона обеспечило успешное проведение переговоров и заключение контрактов, установление новых контактов с фирмами-участниками салона. В результате углубились и расширились эффективные производственные связи с зарубежными партнерами.

Предприятия-участники салона представили на объединенной экспозиции макеты двигателей АЛ-31ФП с управляемым вектором тяги, АЛ-55 для учебно-тренировочных и легких боевых самолетов, малоразмерную форсажную камеру для АЛ-55 и много-



численные образцы деталей двигателей, демонстрирующие высокий уровень технологии.

Участие в авиасалоне дало уникальную возможность ознакомиться с научными и техническими достижениями и перспективами мирового авиастроения. Достойное участие ММПП "Салют" на авиасалоне было обеспечено двумя обстоятельствами: демонстрацией уникальных образцов изделий, вызвавших огромный интерес у специалистов, и открытостью контактов. Уже в ближайшем будущем это поможет предприятию более интенсивно развиваться, расширить рынок и принять участие в выгодных проектах. Только успешная адаптация к новым условиям работы на международном рынке обеспечит предприятию достижение желаемой эффективности от интегрированной кооперации.

Авиационные двигателестроительные фирмы мира последовательно шли к обоюдному сотрудничеству с конца 80-х гг., как того и требовала работа в области новых технологий. Для этого прежде всего надо было достойно и в выгодном свете представиться как своим, так и потенциальным зарубежным партнерам. Для того, чтобы освоить подобный способ существования, обычный для западного мира, нам потребовались годы. Участие на международных авиасалонах как раз и есть один из элементов установления делового сотрудничества, тем более, что на авиасалоне демонстрировали свои достижения 1800 фирм из 40 стран. Общее количество специалистов, принимавших участие в работе авиасалона, составило более 130 тыс. человек.

Показ Россией своих достижений в области авиастроения наглядно свидетельствовал, что несмотря ни на что авиация в России по-прежнему на самом высоком уровне, интеллектуальный потенциал не только не потерян, но и динамично развивается, производ-



ство совершенствуется, оснащается самым современным оборудованием и использует наиболее совершенные технологии.

Исторический раздел выставки показал основательность и последовательность развития авиации в мире, вызвав огромный интерес как у специалистов, так и у простых посетителей авиасалона. В небе Ле Бурже встретились различные поколения самолетов: от "Фармана" с мотором "Гном" до Су-30МК с двигателем АЛ-31ФП. Любопытно еще и то, что история ММПП "Салют" началась с производства именно мотора "Гном".

Авиасалон в Ле Бурже позволил укрепить сотрудничество между двигателестроителями всех стран. Будущее покажет, насколько плодотворными окажутся завязавшиеся контакты, однако завершившийся авиасалон продемонстрировал перспективность выбранного нами расширенного участия в международном рынке высоких технологий.





МОСКОВСКОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют" положило начало серийному производству двигателей для летательных аппаратов в России.

19 октября 1912 г. в Москве создан первый в России серийный завод (в дальнейшем: "Икар № 2", завод № 24 им. Фрунзе, завод № 45, ММПП "Салют") по производству авиационных моторов "Гном" французской конструкции. Эти моторы устанавливались на самолеты "Москва", С-16, "Ньюпор-4", "Фарман-16", "Моран Ж".

10 декабря 1923 г. завод "Икар № 2" выпустил первый мощный советский мотор М-5, разработанный КБ завода. Двигатель устанавливался на истребители И-1 и И-2, разведчики Р-1 и Р-2, морской разведчик МР-1 и бомбардировщик ТБ-1.

8 апреля 1930 г. было освоено серийное производство двигателя АМ-34 конструкции А.А. Микулина. Этот мотор стал родоначальником большого семейства моторов АМ, (ГАМ-34, АМ-35, АМ-35А, АМ-37, АМ-38, АМ-38Ф). Двигатели устанавливались на самолеты ТБ-3 (АНТ-6), ДБ-А, АНТ-25, Р-7 и другие. На самолетах с этими моторами установлены мировые рекорды и совершены исторические перелеты. Двигатель ГАМ-34 ставился на торпедные катера и морские охотники за подводными лодками.

17 марта 1934 г. был построен самый большой в мире самолет "Максим Горький" (АНТ-20), на котором устанавливались 8 двигателей АМ-34. Летчики М. Громов и И. Жуков на самолете "Максим Горький" подняли рекордные грузы 10 т и 15 т на высоту 5000 м.

21 января 1943 г. завод освоил производство и серийно выпускал двигатель АМ-38Ф для бронированного штурмовика Ил-2. За годы войны было произведено более 36 тыс. штурмовиков Ил-2. На более чем 10 тыс. были поставлены моторы завода № 45.

27 февраля 1947 г. на заводе освоен в производстве и прошел государственные испытания первый отечественный турбореактивный двигатель конструкции А.М. Люлька. Он устанавливался на самолеты Су-11, И-211, Ил-22.

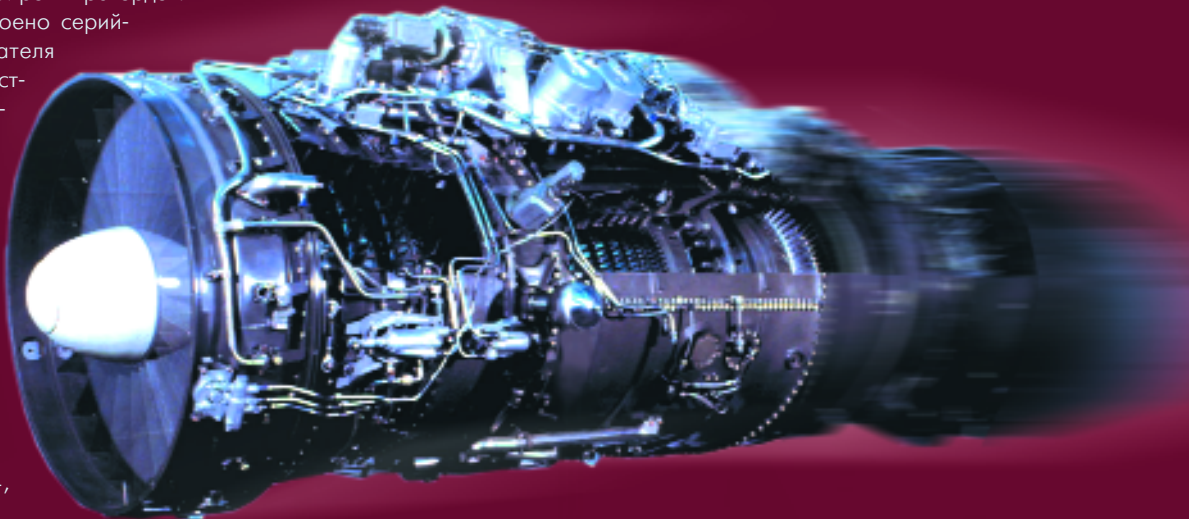
14 марта 1948 г. освоено серийное производство реактивного двигателя ВК-1 и его модификаций ВК-1А, ВК-1Ф, разработанные под руководством генерального конструктора В.Я. Климова. Они устанавливались на самолеты МиГ-15, МиГ-17, Ил-28, Ту-14.

21 сентября 1956 г. освоено серийное производство реактивного двигателя АЛ-7Ф-1 генерального конструктора А.М. Люлька. Двигатель устанавливался на самолеты Су-7, Су-9 и Су-7Б. Серийный истребитель-бомбардировщик Су-7Б развивал скорость 2140 км/ч.

17 декабря 1962 г. освоено серийное производство реактивного двигателя Р-15Б-300 генерального конструктора С.К. Туманского. Он устанавливался на самолеты МиГ-25. Рекордный вариант этой машины Е-266, оснащенный этим двигателем, достиг скорости 3000 км/ч и высоты 37 000 м. На МиГ-25 установлено 20 мировых рекордов.

23 ноября 1972 г. освоено серийное производство двигателя АЛ-21Ф генерального конструктора А.М. Люлька. Двигатель ставился на самолеты Су-17, Су-20, Су-22, Су-24.

В декабре 1988 г. совместно с заводами АО "Мотор Сич" (Запорожье) и АО УМПО (Уфа) освоено производство двигателей Д-436Т1 генерального конструктора Ф.М. Муравченко. Двигатель предназначен для самолетов Ту-344, Як-42М, Ан-74 и Бе-200.



В ноябре 1989 г. освоено серийное производство двигателя АЛ-31Ф третьей серии. В производство внедрен ряд принципиально новых технологических процессов. На самолетах Су-27 с двигателями АЛ-31Ф установлено около тридцати мировых рекордов.

Динамично развиваясь на протяжении своей истории, завод превратился в крупнейшее российское предприятие, владеющее самыми современными технологиями производства и располагающее высококвалифицированными кадрами. ММПП "Салют" сегодня — это специализированное предприятие по изготовлению и сервисному обслуживанию авиационных двигателей АЛ-31Ф, АЛ-31ФП, АЛ-55, Р-15Б-300, изготовлению отдельных узлов и деталей для авиационных двигателей Д-436ТП, Д-436Т1/Т2, Д-27 и энергетических установок ГТЭ-25У.

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, 105118
МОСКВА, ПР-Т БУДЕННОГО, 16,
ТЕЛ.: (095) 369-8001
ФАКС.: (095) 365-4006**



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"УФИМСКОЕ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ"

НАШИ ДВИГАТЕЛИ ВЕЗДЕ,

МИГ-21

Як-3

В ВОЗДУХЕ,

Су-27

Авиационный двигатель Д-436ТП
самолета-амфибии Бе-200

НА ВОДЕ,

Водный мотоцикл ВМ-650

Мотоблок "Агрос"

Авиационный турбореактивный
двухконтурный двигатель АЛ-31Ф

НА ЗЕМЛЕ!

Газоперекачивающий агрегат
ГПА-16РМ

Снегоход "Рысь"

Иж-2126 "Орбита"

ОНИ ДАЛИ РОССИИ 34 МИРОВЫХ РЕКОРДА



450039, г.Уфа, ул. Сельская Богородская, д.4
телефон: (3472) 383-366; факс: (3472) 383744
[http:// www.diaspro.com/umpo](http://www.diaspro.com/umpo)