


# Двигатель

Научно-технический журнал

№1 (19) 2002



**ОБЪЕДИНЯЯ МОЩНЫЙ  
КОНСТРУКТОРСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ  
С НОВЕЙШИМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ  
РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА  
ГАЗОТУРБИННОЙ ТЕХНИКИ,  
«НПО «САТУРН» СТАНОВИТСЯ  
ВЕДУЩИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ РОССИИ  
В ОБЛАСТИ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ**

**НПО  САТУРН**

**НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
ТРАДИЦИОННОЕ КАЧЕСТВО**

## Редакционный совет

**Абрамов Г.А.,**

научный консультант Российского Речного Регистра

**Анисин Д.Д.,**

зам. руководителя Департамента мореплавания Минтранспорта РФ

**Бондин Ю.Н.,**

ген. директор ГП НПК газотурбостроения "Заря"- "Машпроект", Николаев

**Гриценко Е.А.,**

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

**Губертов А.М.,**

зам. директора ФГУП "Исследовательский центр им. М.В. Келдыша"

**Данилов О.М.,**

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

**Долецкий В.А.,**

президент АО "Русские моторы", Ярославль

**Жарнов В.М.,**

ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

**Зазулов В.И.,**

гл. конструктор НПП "ЭГА", Москва

**Иноземцев А.А.,**

ген. директор - ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

**Каблов Е.Н.,**

директор ГНЦ ВИАМ

**Каторгин Б.И.,**

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

**Клименко В.Р.,**

гл. инженер ОАО "Аэрофлот - РМА"

**Коржов М.А.,**

гл. конструктор двигателей ОАО "АвтоВАЗ", Тольятти

**Крымов В.В.,**

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

**Кузнецов А.Н.,**

зам. ген. директора Российского авиационно-космического агентства

**Кутенев В.Ф.,**

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по внешнеэкономическим связям

**Леонтьев Н.И.,**

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

**Муравченко Ф.М.,**

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

**Новиков А.С.,**

ген. директор ММП им. В.В. Чернышова

**Русак А.Д.,**

начальник Департамента локомотивного хозяйства МПС РФ

**Скибин В.А.,**

директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

**Троицкий Н.И.,**

директор НИИ двигателей

**Фаворский О.Н.,**

академик, член президиума РАН

**Чепкин В.М.,**

председатель НТС НПО "Сатурн"

**Черваков В.В.,**

декан факультета авиадвигателей МАИ

**Чуйко В.М.,**

президент Ассоциации "Союз авиационного двигателестроения"

**Шапошников Е.И.,**

советник Президента РФ по авиации и космонавтике

## РЕДАКЦИЯ

**Главный редактор**

Александр Бажанов

**Заместитель главного редактора**

Дмитрий Боев

**Ответственный секретарь**

Александр Медведь

**Финансовый директор**

Дмитрий Чекин

**Редакторы:**

Андрей Касьян, Людмила Клименко, Игорь Никитин, Валентин Шерстянников

**Литературный редактор**

Лидия Рождественская

**Художественный редактор,****дизайн и верстка**

Галина Бобылева

**Техническая поддержка**

Александр Бобылев

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

Александра Бажанова, Дмитрия Боева, Льва Берне, Александра Медведя, Виктора Разумова, Артура Саркисяна

**Адрес редакции журнала "Двигатель":**

111250, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-39-25

Факс: (095) 362-39-25

E-mail: engine@zitel.ru,

engine@avias.com

Internet: www.engines.da.ru,

www.engines.avias.com

**Учредитель и издатель**

ООО "Редакция журнала "Двигатели"

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в публикуемых материалах.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов

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

Научно-технический журнал "Двигатель" ©

зарегистрирован

в Государственном Комитете РФ

по печати

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"

Москва

Тираж 5000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



# СОДЕРЖАНИЕ

- 2 На пути к интеграции газотурбостроения**  
**3 85 лет на передовых рубежах авиационного двигателестроения**  
Г. Шапиро  
**8 "...сформировать серьезную базу для технологического прорыва отрасли"**  
Интервью с Ю. Ласточкиным  
**10 "Сейчас в России есть все, чтобы делать самолет и двигатель пятого поколения"**  
Интервью с В. Чепкиным  
**13 Двигатели для БПЛА**  
**14 Гражданские двигатели НПО "Сатурн"**  
Е. Назарова  
**16 Сопровождение эксплуатации авиадвигателей предприятием-изготовителем**  
В. Зайдин  
**17 Кадровая политика НПО "Сатурн"**  
Ю. Паутов  
**18 ГТД-110 - основа перевооружения энергетики России**  
В. Межибовский  
**22 НПО "Сатурн" - международное сотрудничество**  
С. Покровский  
**24 В России компании нового типа готовятся к созданию перспективной гражданской авиатехники**  
А. Жаворонков  
**26 Основа развития - современное оборудование и новейшие технологии**  
В. Крылов  
**30 Электронно-лучевая сварка**  
Г. Лымарев  
**32 Информационные технологии в металлургии**  
А. Виноградов  
**34 Модернизация литейного производства**  
А. Виноградов  
**35 Новая технология регенерации формовочных материалов**  
В. Варенцов, Ю. Почкарев, В. Борисов, А. Жуков  
**36 Управление процессом направленной кристаллизации**  
Ю. Калюкин  
**37 Автоматизированная система контроля испытаний газоперекачивающего агрегата**  
Н. Севрюгин  
**38 Обеспечение соосности опор роторов ГТД при модульном ремонте**  
В. Алексеев, В. Буковский, В. Колосов, В. Панов  
**42 Как "раскрутить" турбину**  
В. Моисеев  
**46 Александр Микулин, человек-легенда**  
Л. Берне, В. Перов  
**50 Двигатели, опередившие время**  
В. Шерстянников



# НА ПУТИ К ИНТЕГРАЦИИ ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЯ

**Существующие сегодня в российском газотурбостроении проблемы делают необходимой интеграцию предприятий отрасли. Концентрация научных, производственных, финансовых ресурсов для разработки и производства как военной, так и гражданской продукции позволит проводить целенаправленную научно-техническую и инвестиционную политику и реализовывать перспективные государственные программы. Создание ОАО "НПО "Сатурн", объединившего научные, производственные и финансовые ресурсы одной из крупнейших в России широкопрофильных машиностроительных компаний – ОАО "Рыбинские моторы" и ведущего российского конструкторского бюро двигателестроения – ОАО "А. Люлька-Сатурн", стало первым этапом образования мощной корпорации, способной эффективно решать задачи укрепления обороноспособности страны и успешно конкурировать на мировом рынке.**

Создание НПО "Сатурн" - это, по сути дела, знаковое событие, значение которого для процесса реструктуризации отрасли трудно переоценить. Задачи, стоящие сегодня перед российской авиационной и оборонной промышленностью, требуют создания структур нового типа, обладающих качественно новым техническим и технологическим уровнем, большими возможностями для разработки и запуска в производство техники нового поколения. Как показывает мировой опыт, наиболее жизнеспособными оказываются именно те компании, которым удалось объединить научно-исследовательские, производственные, маркетинговые и сервисные подразделения в единую вертикально интегрированную структуру. При этом неременным условием устойчивости компании является диверсификация ее деятельности, например, путем расширенной экспансии как на рынках гражданской, так и военной техники.

Идеология создания НПО "Сатурн" в полной мере отвечает современным тенденциям построения высокотехнологичных промышленных корпораций. Создание интегрированной компании имело своей первоочередной целью концентрацию ресурсов - интеллектуальных, финансовых, производственных. Только с помощью такой концентрации, по твердому убеждению руководства НПО, можно обеспечить соответствие современному уровню требований в области газотурбинной техники, одного из наиболее определяющих направлений мирового технического прогресса.

В рамках единой структуры в НПО "Сатурн" объединены технологии разработки, производства и совершенствования газотурбинных двигателей авиационного и промышленного применения: Научно-технический центр им. А. Люльки, Производственный центр, включающий Завод газотурбинных двигателей, Завод промышленных газотурбинных установок, Опытный завод, Инструментальный завод, Лыткаринский машиностроительный завод, Маркетинговый и Финансовые центры, Управление эксплуатации и сервисного обслуживания.

Управление корпорацией осуществляется высокопрофессиональной командой менеджеров, обеспечивших не только выживание, но и успешное развитие своих предприятий в сложнейший для российской промышленности период, на практике доказавших свою способность эффективно руководить круп-

ными промышленными объединениями в новых для России экономических условиях. Государство владеет 37 % акций ОАО "НПО "Сатурн", что обеспечивает активное участие правительства страны в формировании технической и экономической политики стратегически важной, системообразующей корпорации.

Используя преимущества интегрированной компании, включающей в себя оснащенные современными системами автоматизированного проектирования и технологической подготовки CAD/CAM/CAE производственные центры и конструкторские бюро, НПО "Сатурн" имеет возможность быстро "стыковать" передовые методы проектирования и подготовки производства с опытными и серийными технологиями. Конструкторский дивизион компании призван стать самым крупным и дееспособным научным и проектным центром в области российского двигателестроения. А сама компания, объединив потенциал более 5 000 высокопрофессиональных конструкторов с двумя опытными производствами, - лидером в области НИОКР ВПК.

Программа диверсификации деятельности позволит корпорации приблизительно поровну распределить ее потенциал между обеспечением жизненного цикла двигателей для военной и гражданской авиации и созданием газотурбинного оборудования для энергетики и газовой промышленности на основе высоких авиационных технологий. В спектре продукции, выпускаемой сегодня НПО "Сатурн", двигатели для гражданских и военных самолетов, наземные силовые установки для РАО "ЕЭС России" и ОАО "Газпром", двигатели для беспилотных летающих аппаратов. Предприятие выпускает, обслуживает и модернизирует двигатели семейства Д-30КУ-154/КП для наиболее массовых самолетов российской гражданской авиации Ту-154М и Ил-76. В настоящее время в эксплуатации находится более тысячи самолетов этих типов. По решению правительства России ОАО "НПО "Сатурн" определен головной организацией в программе создания газотурбинного двигателя пятого поколения для перспективных российских боевых самолетов. Кроме того, новый двигатель в течение ближайших 25-30 лет послужит основой для создания отечественных силовых установок самого различного назначения.

В настоящее время в ОАО "НПО "Сатурн" трудятся более 22 000 высококвалифицированных работников различных специальностей.

А



# 85 лет на передовых рубежах авиационного двигателестроения

**Григорий Шапиро**, директор музея истории НПО "Сатурн"

*У истоков образования НПО "Сатурн" стояли два российских предприятия, каждое из которых вписало немало славных страниц в историю российского двигателестроения. В такой высокотехнологичной отрасли, как газотурбостроение, как нигде важны традиции и опыт поколений, сконцентрированные в рамках конструкторских и рабочих коллективов, разработавших и запустивших в эксплуатацию десятки, а то и сотни сложных технических систем. Именно таким опытом, славными традициями и выдающимися достижениями в области не только российского, но и мирового машиностроения обладают "Рыбинские моторы" и "А. Люлька - Сатурн", создавшие в 2001 г. ведущее российское газотурбостроительное научно-производственное объединение "Сатурн".*

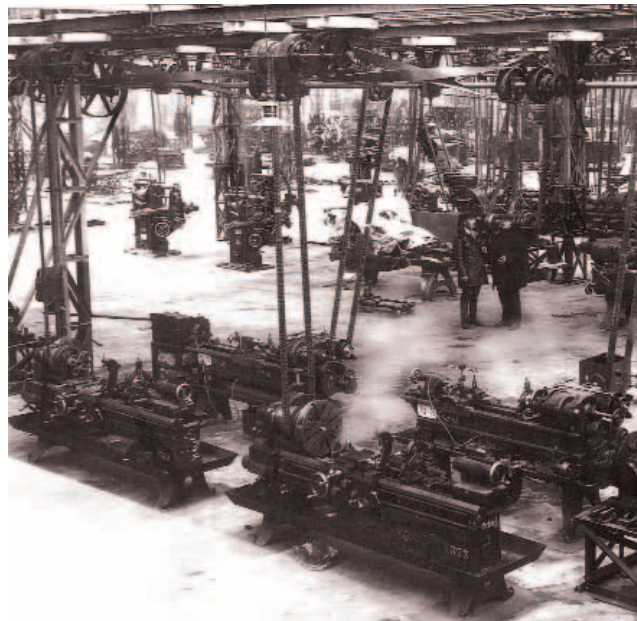
Вплоть до начала Первой мировой войны в России не было собственной автомобильной промышленности. В феврале 1916 г. император Николай II утвердил решение о создании пяти отечественных автомобильных предприятий, в том числе завода Акционерного общества "Русский Рено" в Рыбинске. Каждому из заводов был выдан заказ на 1500 автомобилей.

В 1920 г. предприятие было названо Государственный автозавод № 3.

В мае 1924 г. правительство СССР приняло решение - передать завод в систему предприятий возрождавшейся в ту пору авиационной промышленности. Предприятие получило новое наименование - Государственный авиационный завод № 6, а также необходимые субсидии для восстановления и развития производства. Началось строительство цехов, железнодорожных подъездных путей, устраивались телефонная и осветительная сеть, заказывалось оборудование. В 1925 г. директором завода был назначен Иван Семенович Михайлов, бывший заместитель правления Автотреста. По решению Совета труда и обороны от 17 июля 1925 г. началась реконструкция и техническое перевооружение завода, что должно было поставить его в один ряд с наиболее мощными предприятиями отрасли.

Напомним, что во второй половине двадцатых конструкторский коллектив, возглавлявшийся известным советским авиаконструктором А.Н. Туполевым, создал два выдающихся для своего времени самолета: разведчик Р-5 и тяжелый бомбардировщик ТБ-1. Обе машины оснащались импортными 12-цилиндровыми двигателями BMW-VI, представлявшими существенный шаг вперед по сравнению с авиационными моторами, серийно производившимися в Советском Союзе. В связи с успехом Р-5 и ТБ-1 правительство СССР приняло решение о закупке лицензии на производство BMW-VI, развернув его изготовление на строящемся рыбинском авиамоторном заводе. В 1927 г. большая группа специалистов отправилась в Германию на стажировку, а 14 октября того же года в Мюнхене был подписан договор об оказании технической помощи рыбинскому авиамоторному заводу со стороны Акционерного общества "Баварские моторные заводы". В 1928 г. номер рыбинского завода сменился на 26. Одновременно он получил еще одно задание - не прерывая подготовки к производству BMW-VI, капитально отремонтировать партию моторов "Лоррен-Дитрих".

Между тем темпы реконструкции все ускорялись. Оборудование приходило из США, Англии и Германии. Параллельно велась подготовка специалистов - в 1929 г. при заводе открылись ФЗУ и технологический техникум. Новым директором завода назначили Г.Н. Королева. В 1930 г. было издано положение, по которому выпускники ВУЗов направлялись на авиационные заводы, где они должны были отработать по три года. На завод № 26 приехали 300 молодых специалистов, в том числе будущий директор завода П.Д. Лаврентьев и будущий замнаркома В.П. Баландин. В том же 1930 г. завод выпустил первые моторы, изготовленные целиком на предприятии; в серийном производ-



Подавляющее большинство строителей завода в 1916 г. составляли женщины

В период Гражданской войны на заводе ремонтировали бронев автомобили разных марок

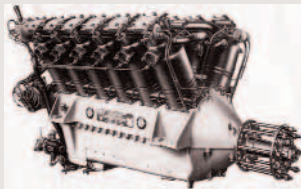




Группа руководящих работников предприятия в 1929 г.; четвертый справа в третьем ряду - директор завода И.С. Михайлов



Разведчик Р-5



Двигатель М-17



Тяжелый бомбардировщик ТБ-3



Конвейерная сборка двигателей (1937 г.)



ве BMW-VI получил наименование М-17. В процессе выпуска мотор непрерывно совершенствовался, его ресурс вырос со 100 до 400 часов. В 1932 г. появился форсированный вариант двигателя М-17Ф (мощность на взлетном режиме увеличена с 680 до 730 л.с.) с повышенной высотностью (расчетная высота 3000 м, в то время как у прототипа - 2400 м).

Удачный двигатель выпускался "большим тиражом", находя новые и новые области применения. Так, им стали оснащать танки (М-17Т) и катера (М-17Л), бомбардировщики ТБ-1, ТБ-3, разведчики Р-5, летающие лодки МБР-2 и многочисленные варианты пассажирских самолетов.

Выпуск М-17 продолжался до 1938 г., а отдельные экземпляры оставались в эксплуатации вплоть до 1943 г.

Знаменитый советский авиаконструктор А.А. Микулин при создании мотора М-34, ставшего родоначальником серии поршневых двигателей марки "АМ", выбрал размерность цилиндров и угол развала блоков одинаковыми с М-17. В результате габариты всего нового двигателя почти не отличались от "семнадцатого", а посадочные места вообще были сделаны одинаковыми, что впоследствии заметно упростило проблему модернизации некоторых типов самолетов (ТБ-3, МБР-2 и др.). Изготовление первых опытных двигателей М-34 производилось на заводе № 26, так как он располагал необходимым оборудованием для производства цилиндров и поршней диаметром 160 мм, а также коленчатых валов близкого типоразмера. В период с апреля по сентябрь 1931 г. Микулин с группой сотрудников работал в Рыбинске, поскольку многие детали требовали доводки, а сам двигатель - устранения выявленных дефектов. Осенью опытные моторы перевезли в ЦИАМ для проведения стендовых государственных испытаний, которые успешно завершились в ноябре 1931 г. В дальнейшем выпуск М-34 осуществлялся на московском заводе № 24 имени М.В. Фрунзе.

В те годы многие авиационные предприятия называли именами руководителей партии, правительства или отрасли промышленности. Рыбинский завод получил имя Владимира Николаевича Павлова, незаурядного инженера, председателя правления Авиатреста, который в 1924 г. принял важнейшее решение о расконсервации производства и передаче предприятия в авиапромышленность.

Следует отметить, что мотор М-34 в тридцатые годы оказался единственным удачным мощным двигателем отечественной конструкции. Более десятка других разработок закончились неудачей. Но, с другой стороны, довольно крупный и тяжелый М-34 мало подходил для установки на истребители. В связи с этим в 1932 г. правительство Советского Союза приняло решение о закупке лицензий на производство новейших авиамоторов за рубежом. Так, во Франции была приобретена лицензия на производство 12-цилиндрового мотора жидкостного охлаждения "Испано-Сюиза" 12Ybrs мощностью 890 л.с. Освоение производства мотора поручалось заводу № 26, а создание его улучшенных модификаций - конструктору Владимиру Яковлевичу Климову, которого назначили главным конструктором рыбинского завода.

В Советском Союзе двигатель "Испано-Сюиза" 12Ybrs получил обозначение М-100. Его освоение на заводе шло довольно быстро, хотя технология изготовления заметно отличалась от М-17. В частности, пришлось освоить производство отливок сложной конфигурации. Уже в 1935 г. были выпущены первые двигатели М-100, предназначенные, главным образом, для бомбардировщиков СБ. Вскоре климовское КБ разработало улучшенную модификацию М-100А, а затем и новый мотор М-103. Вслед за ним появился вариант этого двигателя М-103А, который по взлетной и номинальной мощности (1000 л.с.) вышел на уровень передовых зарубежных моторов. В конце тридцатых годов по удельной мощности М-103А превзошел современные ему варианты немецких двигателей Jumo 211 и DB 601, а также английские "Мерлины".

В декабре 1936 г. за внедрение в серию М-100 завод № 26 был награжден орденом Ленина. Такие же ордена получили главный конструктор В.Я. Климов, директор завода Г.Н. Королев, главный инженер М.В. Ходушин и начальник сборочного цеха В.П. Баландин. Наградой был отмечен целый ряд сотрудников завода.

Накануне Второй мировой войны авиатехника совершенствовалась быстрыми темпами, поэтому двигатель, еще вчера считавшийся передовым, через два-три года устаревал. Так случилось и с М-103А, на смену которому пришел более мощный мотор М-105. Именно этому двигателю, разработанному в КБ В.Я. Климова на рыбинском заводе № 26, было суждено стать наиболее массовым отечественным мощным поршневым мотором

(общий "тираж" его превысил 60 тысяч единиц). Мотором М-105 оснащались выпускавшиеся серийно истребители Як-1, Як-3, Як-7, Як-9 и ЛаГГ-3, бомбардировщики Ар-2, Як-4, Пе-2 и Ер-2, а также множество опытных и экспериментальных машин.

В предвоенный период и первые месяцы войны заводом № 26 руководил П.Д. Лаврентьев.

С началом войны рыбинские моторостроители напрягли все силы, стараясь дать фронту как можно больше продукции. Однако в связи с нарастанием угрозы вывода из строя предприятия в октябре 1941 г. правительство приняло решение об эвакуации завода № 26 в Уфу на территорию местного завода комбайновых двигателей. Туда же перебросили ленинградский авиамоторный завод "Красный Октябрь". Вскоре все три предприятия объединились, получив наименование "завод № 26". В Рыбинске производство авиамоторов временно прекратилось, но уже весной 1942 г. на производственных площадях завода были развернуты ремонтные мастерские; директором стал С.М. Сова.

В ноябре 1943 г. Государственный комитет обороны принял решение восстановить производство авиамоторов в Рыбинске. Предприятие, развернутое на прежней площадке, получило название "завод № 36". Первое время, пока полуразрушенные цеха восстанавливались и завозилось оборудование, он занимался сборкой двигателей АШ-62ИР из деталей, изготовленных в Перми. С осени 1944 г. производство АШ-62ИР, которыми оснащались самолеты Ли-2, было полностью налажено в Рыбинске. Вместе с частью рыбинцев, вернувшихся из Уфы, на завод № 36 прибыло моторостроительное КБ, которое возглавлял В.А. Добрынин. Под его руководством в 1946-1949 гг. были созданы мощнейшие поршневые двигатели ВД-3ТК и ВД-4К, выполненные по схеме "звезды" с водяным охлаждением. В серийное производство они не передавались в связи с появлением еще более мощных газотурбинных двигателей ТР-1 разработки КБ А.М. Люльки.

Конструкторское бюро было основано в марте 1946 г. генеральным конструктором, академиком Архипом Михайловичем Люлькой, возглавлявшим предприятие до 1984 г. После него генеральным конструктором КБ стал Виктор Михайлович Чепкин, который сейчас в НПО "Сатурн" руководит Научно-техническим центром. В сентябре 1999 г. Виктору Михайловичу было присвоено звание лауреата Международного общества по воздушно-реактивным двигателям (ISOABE), что стало своего рода признанием авторитета руководителя и той большой роли, которую играет российская авиационная техника в мире.

История конструкторского бюро началась с создания первого отечественного турбореактивного двигателя ТР-1, имевшего тягу 1350 кгс (1947 г.). Эти двигатели устанавливались на реактивных самолетах Павла Осиповича Сухого (истребитель Су-11), Сергея Владимировича Ильюшина (бомбардировщик Ил-22) и Семена Михайловича Алексеева (истребитель И-211).

В послевоенный период на авиазаводе в Казани была развернута постройка бомбардировщиков Ту-4. Рыбинский завод с 1949 г. начал серийное производство моторов АШ-73ТК для туполевской машины. Выполненные по схеме 18-цилиндровой двойной "звезды", эти двигатели мощностью 2400 л.с. оснащались двумя турбокомпрессорами ТК-19 и обеспечивали бомбардировщику потолок 11 км. Освоение турбокомпрессоров впоследствии позволило предприятию "поставить на поток" изготовление турбин ГТД. Ту-4 выпускался по тем меркам относительно долго, с 1948 по 1952 г., поэтому рыбинский завод дольше, чем другие авиамоторные предприятия сохранял "поршневою" тематику. Но уже с 1950 г. конструкторский коллектив Добрынина приступил к проектированию своего реактивного первенца ВД-5, предназначенного для тяжелых бомбардировщиков. В марте 1953 г., одновременно с выдачей технического задания воссозданному ОКБ В.М. Мясищева на проектирование стратегического бомбардировщика, Добрынин получил заказ на создание мощнейшего по тем временам бесфорсажного реактивного двигателя ВД-7 тягой 11 000 кгс. В 1956 г. ВД-7 был запущен в серийное производство на заводе № 36. Этими ГТД оснащались бомбардировщики ЗМ, в конце пятидесятых годов ставшие "становым хребтом" отечественной стратегической авиации.

В 1959 г. завод освоил выпуск двигателя ВД-7М тягой на форсаже 16 000 кгс, а в 1960 г. приступил к производству АЛ-7Ф-1 разработки КБ А.М. Люльки, одного из самых массовых ГТД второго поколения. ВД-7М предназначались для дальнего бомбардировщика Ту-22, а АЛ-7Ф оснащались истребители-бомбардировщиками Су-7Б, перехватчики Су-9 и Ту-128.



В.Я. Климов



Двигатель М - 105



Фронтальной бомбардировщик Пе - 2



Двигатель АШ - 62ИР



А.Д. Швецов



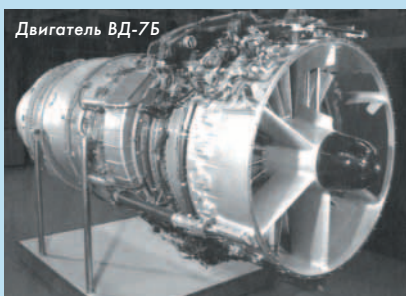
Военно-транспортный самолет Ли - 2

Выпуск моторов на заводе № 26 в 1930-1941 годах												
Тип	Год											
	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941
М-17	165	679	2120	4042	5662	3430	732	1024	686	238	-	-
М-17Т	-	-	-	-	-	-	2330	2009	2015	1597	-	-
М-17Л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	244	-	-
М-17Ф	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	525	5
М-87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-
М-100	-	-	-	-	-	100	1071	2489	2380	21	-	-
М-103	-	-	-	-	-	-	-	-	1544	5266	4828	43
М-104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	185	47	-
М-105	-	-	-	-	-	-	-	-	10	156	1227	-
М-105П	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	235	5277
М-105Р	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4343
М-107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29



Стратегический бомбардировщик ЗМ

В.А. Добрынин

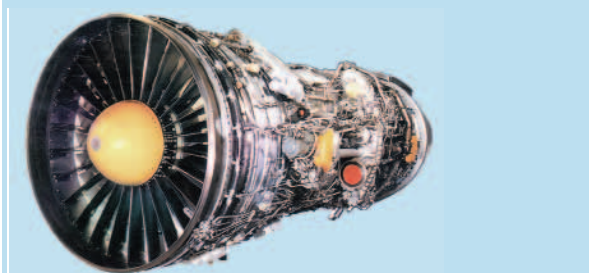


Двигатель ВД-7Б



Самолет Ил-76

П.А. Соловьев



Двигатель Д-30

В течение последующих десятилетий КБ А.М. Люльки было разработано еще четыре поколения турбореактивных двигателей, которые с успехом внедрялись в российский и зарубежном авиапроме. Кроме того, на базе авиационного газотурбинного двигателя четвертого поколения АЛ-31Ф специалистами АО "А. Люлька - Сатурн" по заданию РАО "Газпром" был создан высокоэффективный газотурбинный привод АЛ-31СТ, который успешно применяется на многих российских газовых станциях.

По итогам семилетки в 1966 г. рыбинский моторостроительный завод был награжден орденом Ленина.

В шестидесятые годы при активном участии директора П.Ф. Дерунова на заводе была внедрена комплексная система научной организации труда, впоследствии получившая широкое распространение на других предприятиях авиапромышленности. Эта система во многом походила на системы качества, используемые сейчас в мировой экономике, и позволяла выпускать продукцию, соответствующую мировому уровню. Дерунов возглавлял завод на протяжении 23 лет.

После ухода на пенсию Добрынина, КБ завода возглавил П.А. Колесов. Под его руководством были разработаны двигатели РД36-41 тягой на форсажном режиме 16 000 кгс для сверхзвукового бомбардировщика Т-4 и РД36-35ФВ, предназначенные для палубных истребителей вертикального взлета и посадки Як-38. Последние выпускались серийно, но масштабы производства были относительно небольшими. Впоследствии для модернизированной машины Як-38М на базе РД-36-35ФВ был спроектирован двигатель РД-38 максимальной тягой 3250 кгс, масса которого составляла всего 231 кг. Серийный выпуск РД-38 производился с 1985 по 1989 г. В 1982 г. для нового самолета вертикального взлета и посадки Як-141 на базе РД-38 был создан подъемный двигатель РД-41 максимальной тягой 4260 кгс. Этот ГТД оснащался соплом с отклоняемым на угол  $\pm 12,5^\circ$  вектором тяги. Впрочем, из-за свертывания программы Як-141 он так и не был запущен в серию.

Не стал массовым и двигатель РД36-51, созданный в 1972 г. для сверхзвукового пассажирского самолета Ту-144Д. Министерство авиационной промышленности приняло решение переориентировать завод на выпуск "гражданских" двигателей Д-30 конструкции П.А. Соловьева. Рыбинцы освоили производство двигателя Д-30КП всего за 10 месяцев. В 1972 г. первые военно-транспортные самолеты Ил-76 с этими двигателями были выпущены на ташкентском авиазаводе. Годом позднее в Рыбинске началось производство Д-30КУ, предназначенного для флагмана советской гражданской авиации - пассажирского самолета Ил-62М. Впоследствии двигателями этого же семейства стали оснащать и основной отечественный магистральный авиалайнер Ту-154М.

В семидесятые-восьмидесятые годы производство гражданской авиационной техники в стране быстро росло. В основных металлообрабатывающих цехах рыбинского завода свыше половины рабочих обслуживали станки-полуавтоматы, станки с числовым программным управлением, автоматические линии. Осваивались новые технологические процессы. Все шире в управление предприятием, решение задач учета и отчетности стали внедряться электронные вычислительные машины.

Успешно справившись с трудностями периода начала экономических реформ предприятие первым в авиадвигателестроительной отрасли предприняло шаги по созданию мощной научно-производственной корпорации. В 1997 г. было завершено объединение завода и КБ. ОАО "РКБМ" присоединилось к серийному предприятию-изготовителю "Рыбинские моторы". В 1998 г. был приобретен имущественный комплекс ОАО "ВМЗ", одного из ведущих заводов Минатома. Параллельно осуществлялась реорганизация системы управления акционерным обществом, повышена ее эффективность и нацеленность на решение стратегических задач. Был реализован комплекс мер, направленных на повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции, производительности труда, оптимизации численности персонала ОАО.

Выпуск моторов на заводе № 36 в 1944-1962 годах

Тип	Год																		
	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
АШ-62ИР*	337	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
АШ-62ИР	-	448	166	1147	1786	1523	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
АШ-73ТК	-	-	-	-	-	207	911	1301	1466	1055	857	1102	768	392	-	-	-	-	-
ВД-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	161	245	190	91	82	65
ВД-7М	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	67	109	101	
АЛ-7Ф-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	211	252	

\* - сборка из деталей.



ОАО "РКБМ" к этому периоду имело весьма перспективные заделы. В 1988 г. для небольших самолётов и вертолётов был спроектирован турбовинтовой двигатель РД-600 максимальной мощностью 1300 л.с. Он оснащен цифровой системой автоматического управления и контроля. На турбовальной модификации РД-600В предусмотрен чрезвычайный режим, при этом мощность двигателя повышается до 1550 л.с. В 1992 г. на базе РД-600 был создан ТВД-1500 взлетной мощностью 1500 л.с. Двигателями РД-600В будут оснащаться многоцелевые вертолеты Ка-60 и Ка-62, а ТВД-1500 - перспективные самолеты местных воздушных линий.

В конце девяностых годов ОАО "Рыбинские моторы" совместно с ОАО "А. Люлька-Сатурн" сформировало программу доводки и внедрения в серийное производство военного авиационного двигателя пятого поколения АЛ-41. На его базе в дальнейшем планируется создание гражданского двигателя и привода для энергетических и перекачивающих установок.

23 июня 2000 г. ОАО "А. Люлька - Сатурн" распоряжением Правительства РФ было назначено головным разработчиком авиадвигателей пятого поколения. Таким двигателем стал АЛ-41Ф, работа над которым в конструкторском бюро велась еще с середины 80-х годов. Двигатель нового поколения принципиально отличается от предыдущих отечественных разработок минимальными габаритами, увеличенной на 15 % удельной тягой, повышением температуры газа перед турбиной, существенным уменьшением количества ступеней компрессора, увеличением давления в компрессоре, новейшими аэродинамическими параметрами. Впервые в отечественном двигателестроении при изготовлении будут использованы композиционные материалы.

Производство нового газотурбинного двигателя потребует внедрения новейших технологий и применения уникальных материалов и сплавов в связи со значительным ужесточением требований ко всем характеристикам.

**НПО "Сатурн" - в новейшей истории российского двигателестроения**

С июля 2001 г. после объединения ОАО "Рыбинские моторы" и ведущего авиадвигателестроительного КБ страны ОАО "А. Люлька-Сатурн" образована единая компания - ОАО "НПО "Сатурн".

Создание "НПО "Сатурн" - первый этап формирования мощной интегрированной компании с высокой степенью концентрации научных, производственных и финансовых ресурсов. Вновь образованная структура способна решать широкомасштабные задачи по обеспечению национальной безопасности страны.

На сегодняшний день в экономически развитых странах, а только такие страны способны выпускать современные газотурбинные двигатели, основу всей движущейся военной техники, концентрация научно-исследовательских и производственных мощностей достигла своего логического предела. Так, в ведущих европейских странах осталось по одной - две мощных двигателестроительных компании и даже в США их число не превышает трех - четырех. Именно эти компании получают адресную государственную поддержку, обеспечивающую достойное место каждой из стран на технологической карте мира. Объединение двух предприятий преследует цель - усиление роли государства в управлении комплексом за счет увеличения госпакета акций с 1,95 % в ОАО "А. Люлька-Сатурн" до 37 % в ОАО "НПО "Сатурн". Создание единой интегрированной компании - это значительное продвижение на пути формирования мощного отечественного центра двигателестроения, способного не только разрабатывать и внедрять в производство технику нового поколения, но на равных конкурировать с ведущими мировыми производителями газотурбинной техники.

НПО "Сатурн" сегодня - это компания, способная комплексно решать технические задачи по созданию и обеспечению всего жизненного цикла современной газотурбинной техники (разработка, производство, эксплуатация, модернизация). Компания располагает мощнейшей в отрасли конструкторской базой, современными испытательными мощностями, серийным и опытным производством, оснащенным по самым высоким мировым стандартам. Под единым управлением сведены проектно-конструкторские, производственные, маркетинговые, сбытовые, сервисные мощности и инфраструктурные подразделения. За маркой НПО "Сатурн" стоит не только славная история рыбинских и московских двигателистов, но и блестящая репутация и высокий профессионализм разработчиков и производителей современной газотурбинной техники: от авиационных двигателей военного и гражданского назначения до наземных энергетических установок широкого спектра мощностей.



П.А. Колесов

Двигатель РД-38

Самолет вертикального взлета и посадки Як-38М



А.М. Люлька



Самолет Ил-22



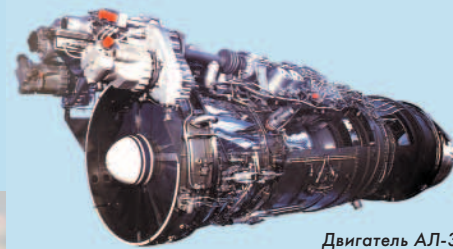
Двигатель ТР-1



Двигатель АЛ-7Ф



Истребитель Су-7



Двигатель АЛ-31



Истребитель Су-27



# "...сформировать серьезную базу для технологического прорыва отрасли"

Интервью генерального директора НПО "Сатурн" Юрия Ласточкина

## Сегодня ведутся горячие дискуссии по поводу реформирования ОПК. Каково Ваше видение этой проблемы?

Новая концепция в реформировании и развитии предприятий ОПК обозначилась с утверждением в октябре 2001 года Федеральной целевой программы "Реформирование и развитие ОПК на 2002-2006 годы", а также принятием обеспечивающего её пакета федеральных программ.

В тексте федеральной программы по реформированию ОПК прямо сообщается, что "...аккумуляция ресурсов государства на ключевых направлениях, а также использование других инструментов государственной промышленной политики позволяет сформировать качественно новый облик оборонно-промышленного комплекса".

Мы понимаем, что для качественно нового облика ОПК необходим больший уровень его бюджетного финансирования, а также более значительные внебюджетные средства. Выполненный нами анализ, к сожалению, показал, что планируемый уровень бюджетного финансирования всего пакета программ по реформированию и развитию ОПК и обеспечивающих его программ, принятый 4 месяца назад, позволяет реализовать поставленные задачи всего на 3 %.

Остальные средства, согласно программе, должны внести акционерные компании ОПК, причем отдать 51 % своих акций в федеральное управление. Таким образом, возникла проблема непропорционального разделения прав управления и финансовых затрат между государством и предприятиями ОПК.

## Где же выход?

Государство должно сотрудничать с акционированными предприятиями, поскольку оно не располагает достаточными финансовыми средствами для реального обеспечения федеральных целевых программ развития отечественной промышленности.

Понимая, что государство не может сегодня внести решающего финансового вклада в федеральных целевых программах, следует признать, что основную (более 90 %) финансовую нагрузку по реформированию и развитию ОПК должны взять на себя акционированные предприятия и другие внебюджетные источники.

Мы считаем целесообразным для ускорения темпов развития экономики, активизации финансовых возможностей на решение задач, сформулированных в федеральных целевых программах, предложить следующий, состоящий из четырех пунктов, механизм реализации программы реформирования и развития ОПК, без передачи государству 51 % акций предприятий:

1. Выбрать в каждой отрасли ОПК несколько базовых акционированных предприятий и передать им, или специализированным инвестиционным компаниям, государственные пакеты акций для эффективного управления.

2. Передать на отобранные базовые предприятия право пользования интеллектуальной собственностью государства, на основании заключения договоров бесплатно или с выплатой государству соответствующего вознаграждения.

3. На базовых предприятиях сконцентрировать гособоронзаказ, обеспечив этим предприятиям эффективную загрузку.

4. Учитывая недостаток государственных финансовых средств, сконцентрировать на выбранных базовых предприятиях финансовые ресурсы федеральных программ.

В предлагаемом механизме реформирования сохраняется существующая система целей и задач, принятых в федеральных целевых программах.

## Что же будет происходить с теми предприятиями, которые не получат статуса базовых?

Предприятия, не принятые базовыми, будут иметь возможность сливаться, разделяться на виды бизнеса, менять отраслевую принадлежность и реализовывать другие возможные варианты реформирования в условиях рынка.

## Юрий Васильевич, прошло полгода с момента образования ОАО "НПО "Сатурн". Какие цели ставились при создании новой компании? Что Вы вкладываете в понятие "вертикально интегрированная структура"?

В ходе создания любой сложной технической системы конструкторские бюро и серийные заводы связаны в единый проектный, производственный и эксплуатационный цикл. Поэтому интегрирование разработчиков и производителей конечной продукции по вертикали - процесс естественный. Прежде чем появилась корпорация НПО "Сатурн", "Рыбинскими моторами" было успешно проведено объединение с рыбинским КБ моторостроения, приобретены производственные мощности одного из крупных машиностроительных предприятий Минатома. Это позволило значительно усилить наш научный и промышленный потенциал, расширить спектр выпускаемой продукции. Но все же этого было недостаточно для решения стратегических задач отрасли, самая главная из которых - создание истребителя пятого поколения. Логичным шагом стало слияние серийного завода ОАО "Рыбинские моторы" с ведущим разработчиком газотурбинной техники военного и гражданского назначения ОАО "А. Лялька-Сатурн".

Так появилось ОАО "НПО "Сатурн", способное комплексно решать технические задачи по созданию и обеспечению жизненного цикла современной газотурбинной техники. Собраниями акционеров "Лялька-Сатурн" и "Рыбинских моторов" утверждены договор слияния и передаточный акт. Избран Совет директоров НПО, утвержден и зарегистрирован Устав, ФКЦБ зарегистрировала проспект эмиссии акций ОАО "НПО "Сатурн".

Стратегии развития НПО "Сатурн" строятся, исходя из того, что конструкторский дивизион компании является самым крупным и дееспособным центром в области российского двигателестроения. А сама компания, объединив потенциал более 5000 специалистов в области НИОКР двигателестроения с двумя опытными производствами, - лидером по НИОКР ОПК.

Таким образом, НПО "Сатурн" полностью обеспечивает жизненный цикл создаваемых изделий, включая разработку, технологическую подготовку производства, опытное и серийное производство, сертификацию, техническое сопровождение в эксплуатации и модернизацию всех образцов техники, носящих торговую марку "Сатурн".

**Для завоевания ведущих позиций на рынке необходимо иметь современное оборудование и технологию. Каких успехов добились объединение в этих направлениях за последнее время?**

В целом, НПО "Сатурн" сегодня лидер в отрасли. Компания имеет самый высокий в машиностроительной отрасли темп обновления основных фондов - 10%. Сегодня мы вторые в стране после иркутского АПО по использованию информационных технологий в области конструкторского проектирования. И производственно-технологическая, и опытно-конструкторская база предприятия оснащены современным оборудованием, позволяющим выпускать продукцию на качественно новом уровне.

Промышленный потенциал НПО "Сатурн" соответствует требованиям, которые предъявляются к производству газотурбинной техники пятого поколения. Лучшее литейное производство в стране сосредоточено в НПО "Сатурн" на московской площадке. Самая совершенная база по проведению испытаний военных двигателей находится в Подмоскovie, в Тураеве, на площадке "Сатурна", где проводятся испытания двигателей с управляемым вектором тяги с имитацией эксплуатационных условий. Подготовка производства - основной параметр, по которому определяется оперативность и качество изготовления любого двигателя. И для нас это направление стало одним из самых важных. Проведена комплексная компьютеризация и продолжает реализовываться программа информационных технологий, охватывающая все предприятие. Освоены "сквозные" технологии проектирования и изготовления. Завершена реконструкция научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы.

Безусловно, проблемы у нас есть, как и на любом другом заводе. Но их не больше, чем где-либо, а скорость их решения в НПО "Сатурн" гораздо выше.

**Каким Вы видите место НПО "Сатурн" в международной кооперации и разделении труда?**

Мы давно и конструктивно работаем с компанией SNECMA и рядом других. Но с этого года международная кооперация осуществляется на совершенно другом уровне. Речь идет о программе SM146, то есть о создании совершенно нового двигателя на базе газогенератора нового поколения. В программе мы участвуем на паритетной основе - 50 на 50. Предстоит разработать, довести и испытать двигатель, получить все параметры, позволяющие двигателю эксплуатироваться на западном рынке. И этот двигатель должен быть установлен на региональные самолеты. Например, на машину, которую "Сухой" собирается делать вместе с Boeing, на модернизированные Ту-334. Чтобы было понятно, о каком двигателе идет речь, поясню - при замене Д-436 (которым в настоящее время оснащаются Ту-234) на новый двигатель, дальность этой машины возрастает в два раза. То есть гражданских двигателей такого уровня у России еще не было.



Вообще надо признать, что если военные двигатели Россия еще в состоянии делать, то гражданские в одиночку, наверное, уже не стоит и пытаться. Исходя из нашей истории гражданского двигателестроения, учитывая нарастающее отставание от мирового уровня и низкое качество управления этим процессом со стороны государства - жизненно важно идти на международную кооперацию. Участие в международном сотрудничестве не только обеспечивает предприятию реальные деньги, но позволяет изучать современные технологии и готовить персонал.

**Каков объем инвестиционной программы НПО "Сатурн" в последние годы?**

За 4 года мы вложили более 100 млн долларов и в перспективе темп должен увеличиваться. Инвестиции в основной капитал, естественно в его активную часть, составляют 25-30 млн долларов в год. Я думаю, что этот темп сохранится.

Мнение о том, что фундаментальные исследования должны финансироваться только государством, сегодня неверно. Если уж мы сделали выбор в пользу развития наукоемкого высокотехнологического производства, то издержки и риски научно-технического прогресса ОАО "НПО "Сатурн" способно частично принять на себя.

Я твердо убежден в том, что благодаря объединению в единую компанию лучших научно-технических и производственных ресурсов в области создания газотурбинной техники, за счет грамотной инвестиционной политики и современной системы управления мы не только в состоянии обеспечить реализацию перспективных программ, но и сможем сформировать серьезную базу для будущего технологического прорыва отрасли.

**А**





## "СЕЙЧАС В РОССИИ ЕСТЬ ВСЕ, ЧТОБЫ ДЕЛАТЬ САМОЛЕТ И ДВИГАТЕЛЬ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ"

Интервью с председателем Научно-технического совета НПО "Сатурн" Виктором Чепкиным

**Виктор Михайлович, не могли бы Вы рассказать, что сегодня представляет собой Научно-технический центр имени А.М. Люльки в составе НПО "Сатурн"?**

На сегодня наш технический центр - это 2400 сотрудников, две площадки: московская, на которой сосредоточены КБ и все инженерные службы и управления, и площадка в Тураево, где у нас производится сборка, испытания и используются элементы технологии, которые требуют значительных электро мощностей. Дело в том, что, как вы знаете, в Москве имеются ограничения на электро мощности, поэтому все технологии, которые требуют использования больших мощностей - это, прежде всего, электронно-лучевые, плазменные системы - вынесены за пределы Москвы.

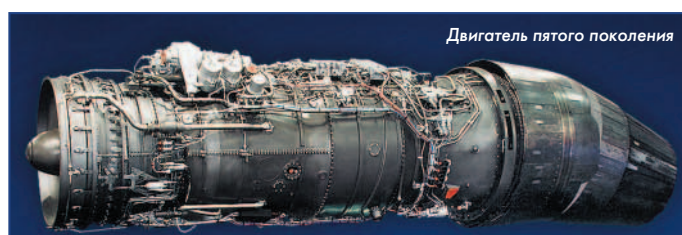
История нашего КБ началась с 1946 года, сразу после войны, то есть тогда, когда истребительная реактивная авиация получила достаточно мощный толчок, и Архип Михайлович Люлька создал это КБ.

Исторически мы всегда работали с фирмой Сухого, с самого начала - с двигателя ТР-1, который был установлен на самолет Су-11. В 1946 году он впервые был показан на параде. Сейчас спорят о том, где был разработан этот мотор - на нашей фирме или нет. У нас на этот счет есть уникальный документ - это поздравительная телеграмма от Сталина, где написано: "Поздравляю с успешным завершением государственных испытаний первого в Советском Союзе турбореактивного двигателя".

К наиболее авторитетным достижениям фирмы мы относим три двигателя. Первый двигатель АЛ-7Ф эксплуатировался на самолетах Су-7/Су-7Б, Су-17. Эти истребители-бомбардировщики широко применялись в боевой авиации СССР, много самолетов этого семейства было продано за рубеж, в некоторых странах они до сих пор находятся в эксплуатации. Второй двигатель - двигатель третьего поколения АЛ-21. Он установлен на самолет Су-24 (фронтовой бомбардировщик-штурмовик "ближней руки"), который до сих пор находится на вооружении российских ВВС и кое-где за рубежом. Двигатели АЛ-21 устанавливали и на последние модификации Су-17 - Су-17М. И, наконец, двигатель АЛ-31Ф; как говорят в мире, это двигатель - "супер". Его разработка была начата в 1976-1977 годах, а до-

водка закончилась практически к моменту кончины Архипа Михайловича (А.М. Люлька умер в 1984 году). Государственные испытания пришлось проводить уже мне как генеральному конструктору. Мотор получился современный, полноценный двигатель четвертого поколения. Он широко эксплуатируется и продается. Мы сделали за это время две серьезных модификации этого двигателя. Первая - это двигатель с поворотным вектором тяги, мы его назвали ФП. Индия купила лицензию на производство самолетов Су-30МКИ и двигателя ФП (согласно распоряжению правительства мы сейчас занимаемся передачей технической документации). Вторая модификация двигателя - двигатель с нижним расположением коробки приводов АЛ-31ФН для специальных целей; так удобнее разработчикам самолета. Из двигателя АЛ-31 мы сделали вариант для стационарного применения, который получил наименование АЛ-31СТ - он сейчас успешно эксплуатируется в системе Газпрома. На сегодняшний день выпущено семь таких моторов, и их суммарная наработка составляет около 70 тыс. часов. Еще у нас имеется вариант, который отличается силовой турбиной. Это двигатель АЛ-31СТЭ, представляющий собой энергетическую установку-генератор с частотой вращения ротора 3000 оборотов в минуту.

С середины восьмидесятых годов мы начали активно зани-



Двигатель пятого поколения

маться двигателем пятого поколения, который получил наименование АЛ-41Ф. К началу перестройки в стране мы довели этот двигатель, добились соответствия его полностью всем параметрам, заданным нам постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР, провели летные испытания, прошли все необходимые технико-бюрократические процедуры и установили два двигателя на самолет, который называется Т.44 (разработ-

Серийное воплощение перспективных идей

НПО А САТУРН

ки КБ им. А.И. Микояна). Вскоре наступила перестройка, и самолет с годными двигателями просто стоял в ангаре пять лет. После этого мы с РСК "МиГ" все-таки сделали два демонстрационных полета на этом самолете. Сейчас самолет с пригодными для эксплуатации двигателями стоит 7 лет (с 1995 года).

**А как сегодня обстоят дела с программой пятого поколения? Как дальше будет развиваться этот перспективный проект?**

Как вы знаете, был объявлен конкурс на головного разработчика истребителя пятого поколения и, соответственно, на двигатель. Мы в этом конкурсе выступаем совместно с АВПК "Сухой". Проект такого мотора у нас есть, более того, мы такой мотор запустили в производство, не дожидаясь всех распорядительных документов, и в середине мая планируем собрать первый такой двигатель. Он называется АЛ-41Ф1-А (буква "А" означает, что это первая стадия работы). Это двигатель в размерности АЛ-31, то есть несколько меньшей размерности, чем АЛ-41Ф, но в него внедрены все технологии, использованные на АЛ-41Ф. Там есть все, что мы наработали за 15 лет: новинки в области применяемых материалов, расчетов, конструкции, высокотемпературного цикла. Хотел подчеркнуть, что мы считаем этот двигатель не просто двигателем, но программой, которая рассчитана примерно на 15 лет. То есть у нас есть программа совершенствования узлов, разработанная как самостоятельно, так и совместно с ЦИАМ, и которая будет постепенно, в три этапа, внедряться. Таким образом, мы намерены примерно через пять лет, то есть к 2007-2008 году получить двигатель поколения, как мы его называем, "пять плюс". И все это будет взаимозаменяемо на самолете. Так, мы сможем модернизировать ранее выпущенные самолеты, сможем на новом самолете совершенствовать двигатель по тяге, по экономичности, по снижению веса. Такая программа у нас есть, мы ее отработывали в течение трех лет, и сейчас действуем в соответствии с ней.

**Одной из важнейших причин образования НПО "Сатурн" была названа необходимость интеграции для создания именно двигателя пятого поколения. В июле прошлого года ОАО "А. Лялька - Сатурн" и ОАО "Рыбинские моторы" объединились в единую компанию. Исходя из чего складывалось это партнерство?**

Такая масштабная программа, как создание перспективного базового двигателя нового поколения и последующий

запуск его в производство требует серьезнейшей ресурсной и материальной базы. Ради этого и было принято решение объединить два предприятия. Почему именно "Рыбинские моторы"? Потому что там лучшая в России и одна из лучших в мире служб подготовки производства, за последние три года рыбинские моторостроители очень сильно выросли в этом плане во всех сферах: в идеологической, технологической, во внедрении безбумажной технологии и т. д. После объединения мы в НПО "Сатурн" создали такой серьезный орган, как Научно-технический совет (я являюсь его председателем), который управляет всеми процессами науки, инженерных кадров, разработок, технологий. В Совете созданы три подкомиссии: Подкомиссия науки и интеллектуальной собственности, Подкомиссия конструкции и технологии и Подкомиссия экономики, маркетинга и производства.

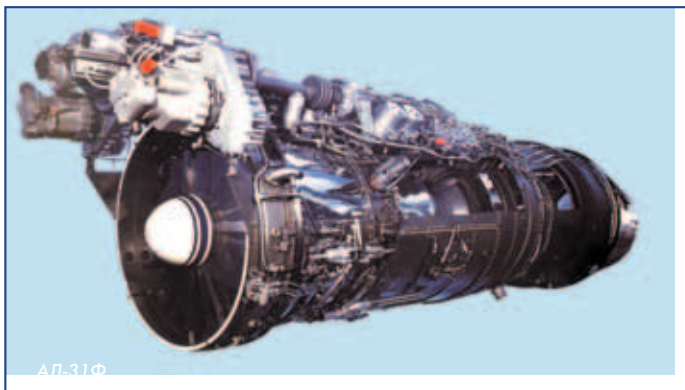
Мы создаем такую систему, которая управляется единым советом директоров, единым правлением, имеет единую инженерную линию и кооперацию. С разрушением директивной системы кооперация заводов нарушилась (опыт неудачной кооперации - уфимское объединение "УМПО" и московский "Салют"). Сблизить их не получается, а когда это будет одно предприятие, единый совет директоров, единое управление, можно будет кооперацию реализовать, сделать продукцию дешевле и разработки двигать активно. Короче говоря, такое предприятие в своей зоне должно быть конкурентоспособно. А центральная задача - это двигатель нового поколения, базовый двигатель. Сегодня мы уже работаем в кооперации, когда создаем двигатель АЛ-41Ф1-А. Примерно треть была его создана в Рыбинске, треть в Уфе, а треть в Москве. Теперь эти процессы надо формализовать.

Если резюмировать наш с вами разговор вкратце, то первая и важнейшая мысль заключается в том, что настало критическое время, когда мы как страна, способная создать двигатель пятого поколения, еще можем вступить в конкуренцию на мировом рынке. Это важнейший момент, и если мы через 3-5 лет не начнем полномасштабную разработку такого двигателя, то позднее ее можно и не начинать - рынки будут полностью заняты. Второе - для того, чтобы делать такой двигатель, нужен самолет пятого поколения, и сегодня этот вопрос решается. И, наконец, третье - у нас сейчас в России есть все, чтобы делать самолет и двигатель пятого поколения, включая кадры, финансовые, технологические возможности и научный задел.



Новейшие технологии, традиционное качество

НПО  САТУРН



Характеристики двигателя АЛ-31ФП и АЛ-31Ф	
Тяга на полном форсированном режиме, кгс	12 500
Минимальный удельный расход топлива, кг/кгс·ч	0,67
Масса двигателя, кг	1570
Длина, м	4,99
Диаметр входа, м	0,91
Максимальный наружный диаметр, м	1,28

Двигатель обладает высокой газодинамической устойчивостью и прочностью, что позволяет ему надежно работать в экстремальных условиях по уровню неравномерности и пульсации давления воздуха на входе.

АЛ-31ФП изготавливается в обычном и тропическом исполнении.

**“Сатурн АЛ-31Ф”** - двухконтурный газотурбинный высокоэкономичный двигатель модульной конструкции со смешением потоков за турбиной. Он устанавливается на самолеты Су-27 и его модификации, палубные истребители Су-33, многоцелевые истребители Су-35, эксплуатируется в широком диапазоне высот и скоростей полета, устойчиво работает на режимах глубокого помпажа воздухозаборника при числе  $M_n$  до 2, в условиях прямого и перевернутого штопора.

В НПО “Сатурн” проводится модернизация двигателя АЛ-31Ф в параметрах поколения “4+” и “4++”.

На первом этапе двигатель будет оснащаться вентилятором, обеспечивающим увеличенный расход воздуха, и цифровой системой управления. Тяга двигателя будет увеличена до 14 500 кгс.

**“Сатурн АЛ-55”** - газотурбинный авиационный двигатель, созданный на базе моделирования элементов проточной части ТРДД АЛ-31Ф. Он имеет модульную конструкцию и обладает высокой технологичностью и контролепригодностью.

На двигателе применена современная система автоматического управления. Для учебно-боевых самолетов пятого поколения создается вариант двигателя АЛ-55 с форсажной камерой и управляемым вектором тяги.

**“Сатурн АЛ-31ФП”** - высокоэкономичный, высокотемпературный двухконтурный двигатель с поворотным реактивным соплом, модульной конструкции. Устанавливается на самолеты Су-37, Су-30МК и другие модификации Су-27. Двигатель АЛ-31ФП эксплуатируется в широком диапазоне высот и скоростей полета, устойчиво работает на режимах глубокого помпажа воздухозаборника при числе  $M_n$  до 2, а также в условиях плоского, прямого и перевернутого штопора, обеспечивает уникальные маневренные характеристики самолета, в том числе при выполнении фигур высшего пилотажа в динамическом режиме работы на минусовых скоростях до 200 км/ч.

**Характеристики двигателя АЛ-55**

Тяга, кгс	2200
Удельный расход топлива, кг/кгс·ч	0,71
Расход воздуха, кг/с	29,5
Масса, кг	355
Длина, м	1,21
Максимальный наружный диаметр, м	0,59



**Серийное воплощение перспективных идей**



# ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ БПЛА

13 февраля 2002 г. на торжественном заседании, проведенном на ОАО "НПО "Сатурн", Главнокомандующий ВВС Владимир Михайлов вручил Генеральному директору предприятия Ю. Ласточкину Акт государственной комиссии о прохождении государственных стендовых испытаний (ГСИ) отечественного малогабаритного двигателя - изделия 36МТ, разработанного в Рыбинске. Двигатель предназначен для установки на различные типы беспилотных летательных аппаратов. Успех испытаний имеет большое значение для укрепления национальной обороноспособности и развития российского ВПК.

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом весьма динамично развиваются управляемые средства поражения (УСП) с различными типами базирования по носителям.

Применение на них малогабаритных газотурбинных двигателей (МГТД), обладающих рядом уникальных свойств (экономичность, компактность и др.), позволяет создать оружие, выгодно отличающееся от аналогов с другими типами двигателей (ЖРД, ПВРД, РДТТ и др.)

Достаточная компактность и маловысотность применения затрудняет, а в некоторых случаях - исключает эффективное противодействие по самим УСП.

Минимальные массо-габаритные характеристики дают возможность их размещения на носителях тактической авиации (тактические УСП воздушного базирования) и кораблях малого водоизмещения - корветах, ракетных катерах (противокорабельные ракеты).

С появлением технической возможности создания МГТД такой двигатель был спроектирован в Советском Союзе и серийно освоен на Украине.

В настоящее время он используется на ряде тактических и противокорабельных ракет, применяемых в российских ВС, а также успешно поставляемых Россией на экспорт в страны, традиционно ориентированные на российские образцы военной техники и вооружений.

С распадом СССР и изменением экономико-хозяйственных отношений сложилась критическая ситуация, поскольку база по производству малогабаритных двигателей оказалась за пределами России, что поставило отечественную промышленность в жесткую зависимость от иностранного производителя, а также вызвало большие затруднения в согласовании цены на продукцию и выполнение принятых обязательств по экспортным поставкам. Восстановление серийного производства отечественного двигателя и создание на его основе улучшенной модификации было призвано ликвидировать эту зависимость.

Во время посещения ОАО "НПО "Сатурн" в мае 2000 г. президент России В.В. Путин одобрил возобновление серийного производства отечественного малогабаритного двигателя и создание на его базе семейства двигателей для БЛА.

Первым этапом в достижении этой цели стало проведение контрольных стендовых испытаний базового двигателя - изделия 36, подтвержденное Актом государственной комиссии от 2 июля 2001 г., и возобновление его серийного производства.

Подписанием 2 февраля 2002 г. Акта проведения ГСИ изделия 36МТ завершился следующий этап работы - создание улучшенной модификации двигателя. В кратчайшие сроки на ОАО "НПО "Сатурн" были изготовлены опытные образцы двигателя, на которых проводились параметрическая доводка и специальные испытания.

В ходе проведения ГСИ полностью подтвердились требования

технических условий и тактико-технического задания на его разработку. Успех испытаний явился плодом четкой и оперативной работы всех подразделений предприятия, направленной на создание, изготовление и доводку уникального отечественного двигателя.

Работы проводились в тесном сотрудничестве с Государственной комиссией при постоянном внимании и помощи со стороны администрации губернатора области. Именно такое взаимопонимание позволило завершить работы в кратчайшие сроки.

В условиях ограниченного бюджетного финансирования ОАО "НПО "Сатурн" затрачены значительные финансовые средства на приобретение современного уникального оборудования и создание технологической оснастки для производства этого двигателя. В сжатые сроки специалистами предприятия освоены принципиально новые технологии, создана доводочная и испытательная база. Кроме того, практически заново организовано производство отечественных комплектующих и агрегатов, отработана схема кооперации с поставщиками.

В августе 2001 г. изделие 36МТ было впервые публично продемонстрировано на авиасалоне МАКС-2001 как в составе ракеты Х-59МК на стенде ФГУП ГосМКБ "Радуга" - разработчика ракеты, так и на стенде ОАО "НПО "Сатурн".

Сегодня можно с полной уверенностью сказать - российский малогабаритный двигатель создан и производится в ОАО "НПО "Сатурн".

Техническими особенностями двигателя являются:

- двухконтурный двухвальный турбореактивный двигатель с осными валами каскадов низкого и высокого давления;
- каскад низкого давления и одноступенчатый вентилятор с широкохордными лопатками и одноступенчатой осевой турбиной;
- каскад высокого давления с оседиагональным компрессором и одноступенчатой осевой турбиной;
- кольцевая камера сгорания с вращающейся форсункой, которая при минимальном количестве узлов обеспечивает полноту сгорания топлива и хорошую равномерность температурного поля;
- автономная маслосистема;
- электронно-гидравлическая система регулирования;
- встроенный электрогенератор мощностью 4 кВт.

Разработаны два варианта исполнения двигателя - пилонный и встроенный.

Двигатель обладает рядом положительных качеств:

- высокой топливной экономичностью;
- стойкостью к попаданию на вход мелких предметов (птицы, град);
- стойкостью к воздействию ударных и тепловых волн;
- способностью самопроизвольного выхода из помпажа после исчезновения вызвавшей его причины;
- надежным запуском во всем заданном диапазоне внешних условий эксплуатации.



Главнокомандующий ВВС В.С. Михайлов

*"В очень короткие сроки вашему предприятию удалось успешно провести государственные стендовые испытания и подготовить новый российский двигатель к серийному производству, - отметил Владимир Михайлов. - Я смог лично убедиться в высоком научном и производственном потенциале НПО "Сатурн". Конструкторское бюро объединения в настоящий момент лучшее в России. Перед НПО "Сатурн" сегодня открыты большие перспективы в решении проблем, стоящих перед боевой авиацией нашей страны".*

Основные технические данные изделия 36МТ	
Взлетная тяга (Н=0, V=0), кгс	около 450
Удельный расход топлива (Н=0, V=0), кг/кгс·ч	0,71
Масса двигателя, кг	71
Длина, мм	850
Диаметр, мм	330
Масса в состоянии поставки, кг	до 100

# ГРАЖДАНСКИЕ АВИАДВИГАТЕЛИ НПО "САТУРН"

**Елена Назарова**, заместитель коммерческого директора ОАО "НПО "Сатурн"

НПО "Сатурн" сегодня является крупнейшей российской двигателестроительной компанией, которая производит и обеспечивает техническое обслуживание и ремонт двигателей для самолетов гражданской авиации.

Основой гражданского семейства двигателей "Сатурн" по праву считается двухконтурный турбореактивный двигатель Д-30 модификаций КУ, КП и КУ-154, устанавливаемый на пассажирские дальне- и среднемагистральные лайнеры Ил-62 (Д-30КУ) и Ту-154М (Д-30КУ-154) и транспортный Ил-76 (Д-30КП), наиболее массовые самолеты российской гражданской авиации. С момента запуска (1972 г.) в серийное производство на заводе в Рыбинске было выпущено около 8000 двигателей этого семейства.

Сегодня около 4500 гражданских двигателей "Сатурн Д-30КУ/КП" установлены на 1100 самолетах, эксплуатируемых 160 авиакомпаниями в России и за рубежом. Двигатели этого семейства считаются одними из наиболее надежных в истории мировой гражданской реактивной авиации. Суммарная наработка двигателей в эксплуатации приближается к

40 млн ч, годовой налет на протяжении последних лет превышает 2 млн ч. В результате проведения целевой программы совершенствования двигателей семейства Д-30КУ/КП в конце 90-х гг. удалось существенно повысить среднюю наработку на выключение двигателя в полете (в зависимости от конкретной модификации увеличение составляло от двух до пяти раз) и значительно - среднюю наработку на досрочно снятый двигатель по конструктивно-производственным причинам (в 1,5...2 раза).

НПО "Сатурн" полностью обеспечивает жизненный цикл авиационных двигателей. При этом предприятие гарантирует проведение капитального ремонта в кратчайшие сроки, и в случае необходимости производит экстренную замену двигателей за счет имеющегося на предприятии резерва уже отремонтированных. До 2005-2007 гг. НПО "Сатурн" планирует ежегодно проводить ремонт 300-350 авиодвигателей Д-30КУ/КП/КУ-154.

НПО "Сатурн" осуществляет весь комплекс работ по эксплуатационному сопровождению двигателей. При этом внедряются новые методы диагностики и контроля технического состояния двигателя. Так, сцинтилляционный метод оценки (разработка ООО "Диагностические технологии") технического состояния двигателя позволяет производить диагностику без съема с крыла по параметрам частиц износа при анализе проб масла и определять наличие дефекта в двигателе и возможность его дальнейшей эксплуатации. Этот метод дает возможность обнаружить дефект на ранней стадии и принять меры к его устранению.

Европейские производители авиатехники, вытесняя с рынка конкурентов, проводят политику ужесточения требований к уровню эмиссии вредных веществ реактивных авиационных двигателей. С 1 апреля 2002 г. Евросоюзом были введены ограничения на эксплуатацию воздушных судов "Главы 3" ИКАО. Задолго до введения ограничений НПО "Сатурн" приступил к реализации комплексной про-



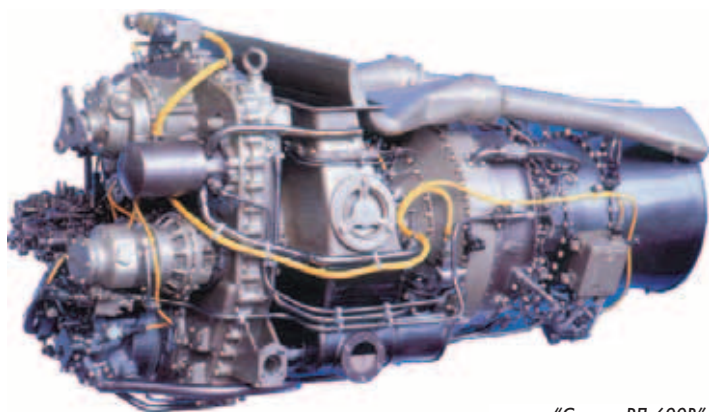
Сборка авиационных двигателей в сборочном цехе НПО "Сатурн"

Серийное воплощение перспективных идей

НПО  САТУРН



Ка-60 "Касатка" с двигателями РД-600В



"Сатурн РД-600В"

Совместно с ЦАГИ на НПО "Сатурн" разработана малая эмиссионная камера сгорания. В настоящее время подходит к завершению заключительный этап подготовки летных испытательных двигателей с МСК. Д-30КУ-154 обеспечивает экологические характеристики, соответствующие нормам ИКАО. Выполнение комплекса работ по модернизации Д-30КУ-154 позволит существенно продлить срок эффективной эксплуатации более 300 лайнерам Ту-154М.

Среди разработок последних лет - вертолетный и самолетный двигатели, созданные на базе общего газогенератора: турбовальный РД-600 для использования на вертолетах Ка-60 и Ка-62 и турбовинтовой ТВД-1500 мощностью 1500 л.с., предназначенный, в первую очередь, для самолетов местных воздушных линий Ан-38 (АНТК "Антонов"), Су-80 (АХК "Сухой"). Для реализации этих проектов был привлечен опыт всего отечественного двигателестроения, в том числе научно-технический потенциал ЦИАМ, ВИАМ, НИИД и других институтов отрасли.

Известно, что одним из факторов, сдерживающих пополнение российских авиакомпаний новыми самолетами, проведение капитальных ремонтов и т.п., является отсутствие государственной поддержки, в том числе и в форме лизинга.

Исходя из этого, коммерческая служба НПО "Сатурн" постоянно разрабатывает новые финансовые схемы, которые бы в максимальной степени соответствовали потребностям и возможностям авиакомпаний. В настоящее время НПО "Сатурн" предлагает авиакомпаниям услуги по организации схем финансового и операционного лизинга. В октябре 2000 г. НПО "Сатурн" совместно с группой лизинговых компаний "Лидер" учредило лизинговую компанию ООО "РМ-Лидер". Эта компания осуществляет как передачу на условиях финансового и операционного лизинга двигателей Д-30КУ-154 и Д-30КП2 своей собственности, так и организует оплату ремонта через схемы возвратного лизинга.

НПО "Сатурн" рассматривает двигателестроение для гражданской авиации одним из важных направлений деятельности компании на ближайшее десятилетие. На предприятии убеждены в том, что российская гражданская авиация будет устойчиво развиваться, а потребность в новых российских самолетах и вертолетах различных классов - расти. **А**

граммы модернизации авиационного двигателя Д-30КУ-154. Так, Д-30КУ-154 был доработан звукопоглощающими конструкциями (ЗПК). Самолет Ту-154М, оснащенный двигателями с ЗПК в 1989 г. прошел сертификацию соответствия "Главы 3" ИКАО по шумам. В настоящее время самолет Ту-154М с двигателями Д-30КУ-154, дооборудованными ЗПК, не имеют ограничений по эксплуатации на международных рейсах.

НПО "Сатурн" - единственная компания в России производящая доработку двигателей звукопоглощающими конструкциями, при ремонте двигателей на предприятии, а также в эксплуатации.

С 1 января 2001 года на вновь сертифицированные самолеты вводятся более жесткие нормы по шуму "Главы 4" ИКАО. В связи с этим на НПО "Сатурн" в рамках модернизации Д-30КУ-154 продолжают работы по снижению уровня шума. Согласно выполненным расчетным обоснованиям ГОСНИЦ ЦАГИ на двигателях Д-30КУ-154 возможно внедрение конструктивных мероприятий, позволяющих снизить уровень шума до нормы, обеспечивающих выполнение требований "Главы 4". На НПО "Сатурн" продолжается работа по совершенствованию ЗПК, разрабатываются альтернативные варианты звукопоглощающих комплексов, предназначенных для установки на серийные двигатели.

**Самые массовые двигатели гражданской авиации России**

**НПО А САТУРН**



НПО "Сатурн" - одна из крупнейших фирм России, создающих двигатели для гражданской и военно-транспортной авиации. Продукцией предприятия оснащены самые массовые отечественные самолеты - Ту-154М, Ил-62М, Ил-76, в стадии конструкторской разработки находятся перспективные авиадвигатели для самолетов и вертолетов нового поколения. Около четырех тысяч рыбинских двигателей Д-30КУ, Д-30КП (на семейство этих моторов приходится до 60 % общего объема производства и услуг), Д-30КУ-154 поднимают сегодня в небо более тысячи самолетов, принадлежащих 150 авиакомпаниям России, СНГ и дальнего зарубежья.

## СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЕМ-ИЗГОТОВИТЕЛЕМ

**Владимир Зайдин**, начальник управления эксплуатации и сервисного обслуживания ОАО "НПО "Сатурн"

Ремонт и сервисное обслуживание ранее выпущенных НПО "Сатурн" двигателей являются важнейшими направлениями работы предприятия. Заказчик, передавая вышедшие из строя авиадвигатели непосредственно "в руки" предприятия-изготовителя, получает дополнительную уверенность в качестве и квалифицированности ремонта, выполненного в "родных" промышленных условиях.

Основными потребителями отремонтированных двигателей являются Министерство обороны РФ, авиакомпании России, СНГ, КНР, Польши, Чехии, Германии, Кубы, Индии и др. Сегодня при 94 эксплуатирующих организациях имеются постоянные представительства НПО "Сатурн". Оснащенные современным оборудованием и средствами диагностики технические центры успешно функционируют в аэропорту Шереметьево, авиакомпаниях Китая, Чехии, Болгарии. Новейшие технологии, непрерывное совершенствование диагностических приборов и ремонтной техники, постоянное повышение профессионального уровня специалистов являются основой комплексного подхода к решению возникающих у заказчиков проблем, связанных с увеличением сроков использования авиадвигателей и повышением безопасности полетов.

Специалистами НПО "Сатурн" модернизируется система реверса для исключения попадания посторонних предметов на вход двигателя, а также предотвращения попадания струи газов на фюзеляж самолета. Для улучшения экологических характеристик авиатехники двигатели оборудуются современными звукопоглощающими конструкциями, разработан и внедряется комплекс мероприятий по повышению экономичности двигателей.

Специальное подразделение по сервисному обслуживанию и компьютерный банк данных обеспечивают эффективную поддержку эксплуатации выпущенных авиадвигателей и выполнение работ на самом высоком техническом и организационном уровне. Проводятся постоянные технические консультации, исследование технических характеристик выпускаемых авиадвигателей. Заказчики обеспечиваются необходимой документацией, запасными частями, агрегатами, специальными инструментами и приборами диагностики. В аэропортах Внуково, Шереметьево и Домодедово функционируют специализированные склады, по кооперации производится ремонт деталей повышенной сложности. Все это позволяет вводить в строй отказавшую технику в условиях эксплуатации с минимальными затратами времени.

В планах предприятия - создание центров углубленного обслуживания авиадвигателей для обеспечения полевого ремонта. Одновременно предполагается создание бригад специалистов сборочных цехов для ремонта моторов без возврата на базовое предприятие.

Важным направлением сотрудничества с потенциальными потребителями является снижение числа снимаемой с самолетов отказавшей авиатехники и сокращение времени ее ввода в

строй. НПО "Сатурн" разработаны гибкие схемы контрактов по техобслуживанию, учитывающие потребности отдельных заказчиков, в том числе и перезаключение договоров на техническое сопровождение с авиакомпаниями.

Значительно уменьшить убытки от схода гарантийных двигателей, а также более эффективно использовать авиакомпаниями самолетный парк позволяет широко практикуемая предприятием передача техники в аренду или в лизинг.

Уникальные виды ремонта, совершенные технологии позволяют восстановить геометрические размеры, добиться надежности деталей и узлов в пределах технических условий на новые изделия и при этом сохранить неизменными такие важнейшие параметры авиадвигателей, как удельный расход топлива и температура газов за турбиной.

Длительная работа специалистов НПО "Сатурн" по техническому обслуживанию и ремонту с целью повышения надежности авиадвигателей и продления их срока службы позволила обеспечить соответствие показателей безотказности  $T_{по}$  (наработка на полный отказ в полете) по всем двигателям межведомственным "Нормам безотказности ПТД ГА и ВА России". Для иллюстрации в табл. 1 приведены данные о величине наработки двигателей на выключение в полете (полный отказ) по конструктивно-производственным недостаткам в 1997 г., а в табл. 2 - данные о наработке парка двигателей.

Таблица 1

Показатель безотказности $T_{по}$ , ч	Д-30КУ (ГА)	Д-30 КП (ГА)	Д-30КУ-154 (ВА)
Фактически	79 192	47 915	98 795
Норма	37 000	26 000	26 000

Таблица 2

Тип двигателя	Суммарная наработка		
	Показатель безотказности $T_{по}$ , ч		
	Россия	Страны СНГ	Страны дальнего зарубежья
Д-30КУ-154	4 546 217	366 524	2 330 697
Д-30КУ	12 286 928	226 288	2 130 931
Д-30КП (ВА)	4 728 796	-	-
Д-30КП (ГА)	4 254 056	936 065	681 488

В процессе эксплуатации двигателей по техническому состоянию, обеспечиваемой эксплуатационным управлением предприятия, осуществляется продление гарантийного ресурса отремонтированной продукции.

Следует особо подчеркнуть, что система качества производства и ремонта авиадвигателей НПО "Сатурн", документально оформленная и зарегистрированная в 1979 г. и основанная на международных стандартах ISO 9000, одобрена аудиторской фирмой "Бюро Веритас" и имеет сертификат "Дженерал Электрик".

# КАДРОВАЯ ПОЛИТИКА НПО "САТУРН"



**Юрий Паутов**, начальник управления по работе с персоналом ОАО "НПО "Сатурн"

НПО "Сатурн" целенаправленно ведет работу по обеспечению профессионального роста своих работников. Действует система непрерывного обучения на базе учебно-производственного комбината и в сторонних организациях. На эти цели ежегодно бизнес-планом выделяются финансовые, технические и организационные ресурсы. Комбинат располагает оборудованными аудиториями, солидной технической библиотекой, к преподавательской работе привлекаются ведущие специалисты и преподаватели отраслевых ВУЗов.

Программы обучения составляются в соответствии с потребностями производственных подразделений и с учетом возможности ротации кадров. Сведения о повышении квалификации персонала заносятся в базу данных АСУ "Кадры". Следует заметить, что эта информация является основополагающей при назначении работников на вышестоящие должности.

Между НПО "Сатурн" и Рыбинской государственной авиационно-технологической академией (РГАТА) заключено генеральное соглашение о сотрудничестве. Суть его состоит в следующем: на предприятии, под руководством ведущих специалистов действуют три филиала кафедр РГАТА. Обучение проходят до 200 студентов третьих-пятых курсов. Для качественной реализации соглашения приобретены компьютеры и создан компьютерный класс. Кроме того, НПО "Сатурн" учредило 65 именных стипендий для одаренных студентов, обучающихся в РГАТА и авиационном колледже.

При подготовке и найме менеджеров высшего управленческого звена с высоким уровнем профессиональной ответственности проводится тестирование с особым индивидуальным подходом. Большое внимание уделяется повышению квалификации высшего эшелона руководителей. Главные специалисты, начальники управлений и их заместители проходят обучение в таких престижных учебных заведениях, как Академия народного хозяйства при правительстве РФ, Международная академия предпринимательства, Академия управления им. Орджоникидзе, Академия стандартизации и сертификации. Группа специалистов из 13 человек прошла обучение в рамках Европейской программы "ТАСИС" и стажировку в компании "СНЕКМА" во Франции.

Большая работа проводится со специалистами, включенными в список для выдвижения на руководящую работу. За два прошедших года 168 специалистов из этого списка прошли обучение

на факультете повышения квалификации РГАТА по программе "Экономика, управление производством и качеством".

Для стимулирования труда рабочих, служащих и руководителей НПО "Сатурн" в 1999 г. проведены изменения в системе оплаты труда. В настоящее время заработная плата работника состоит из трех частей: постоянная часть, премия и стимулирующие выплаты по результатам работы. С 1 января 2002 г. введено Положение об оплате труда высококвалифицированных рабочих, занятых на особо ответственных видах операций и работ, что также способствует повышению уровня квалификации, профессионального мастерства и закрепления кадрового состава высококвалифицированных рабочих в условиях их дефицита на рынке труда.

На предприятии также существуют фонды генерального директора и директоров по направлениям для поощрения персонала, активно участвующего в создании и развитии научно-технического потенциала предприятия.

В целях изучения удовлетворенности персонала работой в объединении ежегодно проводятся анонимные анкетирования различных социальных групп коллектива. С учетом результатов анкетирования осуществляется комплекс мероприятий, направленных на повышение мотивации персонала. **П**



Новейшие технологии, традиционное качество

**НПО А САТУРН**



# ГТД-110 -

## основа перевооружения энергетики России

**Вениамин Межибовский**, директор по наземным промышленным программам ОАО "НПО "Сатурн"

17 декабря 2001 года на Ивановской ГРЭС в составе испытательного стенда начала работу газотурбинная установка ГТЭ-110, производства НПО "Сатурн".

"ГТЭ-110 - первая отечественная газовая турбина, которая, без всякого преувеличения, является основой для полного технического перевооружения электроэнергетики России. Для того чтобы через 5-10-20 лет вся энергетика страны работала в современном технологическом режиме, необходимо было сделать то, что состоялось на Ивановской ГРЭС. Работа имеет стратегическое значение для энергетики страны в целом. Стенд на ИвГРЭС станет стапелем для серийного производства ГТД, а в целом создание и пуск в действие такого современного оборудования - это начало технологического прорыва, самое масштабное событие настоящего года в российской энергетике".

А. Чубайс

По прогнозам, к 2010 году около 40 млн кВт (24 %) генерирующих мощностей России достигнут предельного состояния (по металлу), и дальнейшая их эксплуатация станет технически невозможна. К 2015 году парковый ресурс выработают 112 млн кВт (62 %) генерирующих мощностей.

Как показывает мировой опыт, а также работы отечественных энергетиков, для электростанций, сжигающих природный газ (газ-мазут, газ-уголь), единственная возможность повысить экономичность - применение газотурбинных и парогазовых технологий.

Создание ГТЭ-110 относится к числу приоритетных разработок России, внедрение которых позволит ликвидировать имеющееся технологическое отставание электроэнергетического комплекса страны от промышленно развитых стран.

По своим технико-экономическим характеристикам (к.п.д., экономичности, ресурсу, сроку службы, экологии) ГТЭ-110 соответствует лучшим мировым образцам и является первой отечественной установкой такого класса, имеющей температуру газов на входе в турбину 1210 °С, к.п.д. - 36,5 %, NO<sub>x</sub> - менее 50 мг/м<sup>3</sup>.

Газотурбинный двигатель "Сатурн ГТД-110" предназначен для работы в составе парогазовых установок различной мощности с коэффициентом полезного действия 52...55 % и более. Также он может работать в качестве электростанции простого цикла для покрытия пиковых электрических нагрузок.

Конструктивно двигатель выполнен одновальным по традиционной для подобных энергетических установок схеме и имеет:

- двухопорный ротор турбокомпрессора (15-ступенчатый компрессор и 4-ступенчатая турбина);
- привод электрогенератора со стороны компрессора;
- упорный подшипник со стороны компрессора;
- регулируемый входной направляющий аппарат;
- осевой выходной газопровод для снижения выходной скорости с минимальными потерями давления;
- охлаждаемые лопатки сопловых аппаратов первых трех ступеней турбины и рабочие лопатки первой, второй ступени турбины.

Отличительной особенностью двигателя "Сатурн ГТД-110" является его малая масса (50 тонн) и габариты. Это позволяет осуществлять поставку двигателя на место эксплуатации в полностью собранном и испытанном виде. Перед отправкой заказчику каждый образец двигателя ГТД-110 проходит сдаточные испытания с проверкой его характеристик на номинальной мощности и предъявляется заказчику на соответствие параметров, заданных в технических условиях. Такой метод приемки газотурбинных двигателей и установок принят в авиационной и судостроительной промышленности. Это позволяет резко снизить стоимость и время монтажных и пусконаладочных работ по сравнению с традиционными энергетическими паросиловыми блоками. Общее время монтажа и пусконаладочных работ двигателя оценивается экспертно в 1-1,5 месяца.

Первый опытный двигатель ГТД-110 был изготовлен в 1998 г. в производственной кооперации НПП "Машпроект" (Николаев, Украина) и ОАО "НПО "Сатурн" (Рыбинск, Россия). С 1998-го по 2000-й год двигатель отработал четыре опытно-доводочных цикла на дизельном и газообразном топливе. Испытания на заводском стенде НПП "Машпроект" показали полное соответствие эксперимен-

тальных характеристик ГТД-110 их проектным значениям и подтвердили правильность заложенных в конструкцию решений.

В августе 2001 г. изготовлен и собран второй ГТД-110. После заводских испытаний двигатель был смонтирован на Ивановской ГРЭС для дальнейших испытаний в составе стенда ГТЭ-110 с электрогенератором, с задачей электрической мощности в энергосистему. В декабре 2001 г. приёмочной комис-

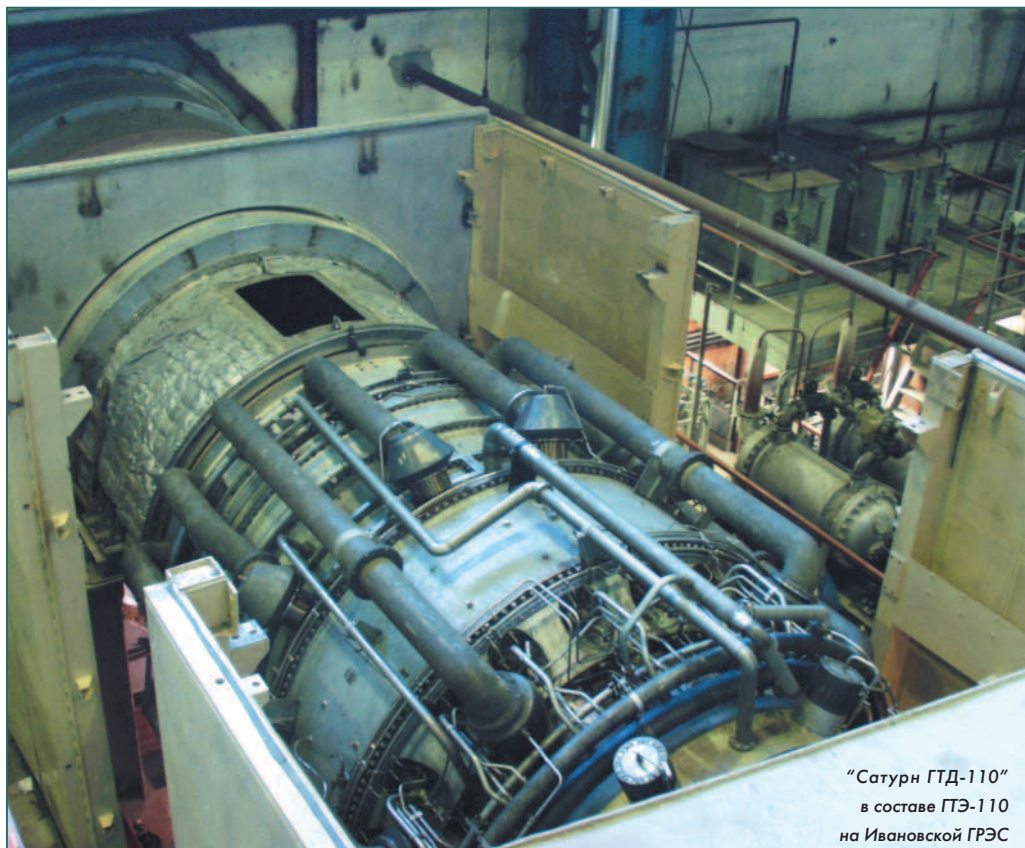
Основные характеристики ГТЭ-110	
Наименование параметра	Значение
Электрическая мощность, МВт	110
Коэффициент полезного действия электрический, %	34,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+40
Диапазон автоматического изменения нагрузок, %	0...100
Выбросы NO <sub>x</sub> , не более, мг/м <sup>3</sup>	50
Расчетный срок службы оборудования(за исключением ГТД), лет	40
Масса, т	50
Габариты ГТД (длина, ширина, высота), мм	5700x4000x4500

сией под руководством РАО "ЕЭС России", подписан акт о приёмке стенда в эксплуатацию.

Пусковые операции по утвержденной программе 72-часовых испытаний двигателя на дизельном топливе начались с 12 декабря и проводились в течение месяца. Пуск энергоблока с выходом на предельную нагрузку 113,6 МВт был выполнен 18 января - ГТЭ-110 уже имел суммарную наработку на генератор более 72 часов. Проведенный первый этап испытаний подтвердил надежность всех систем станции.

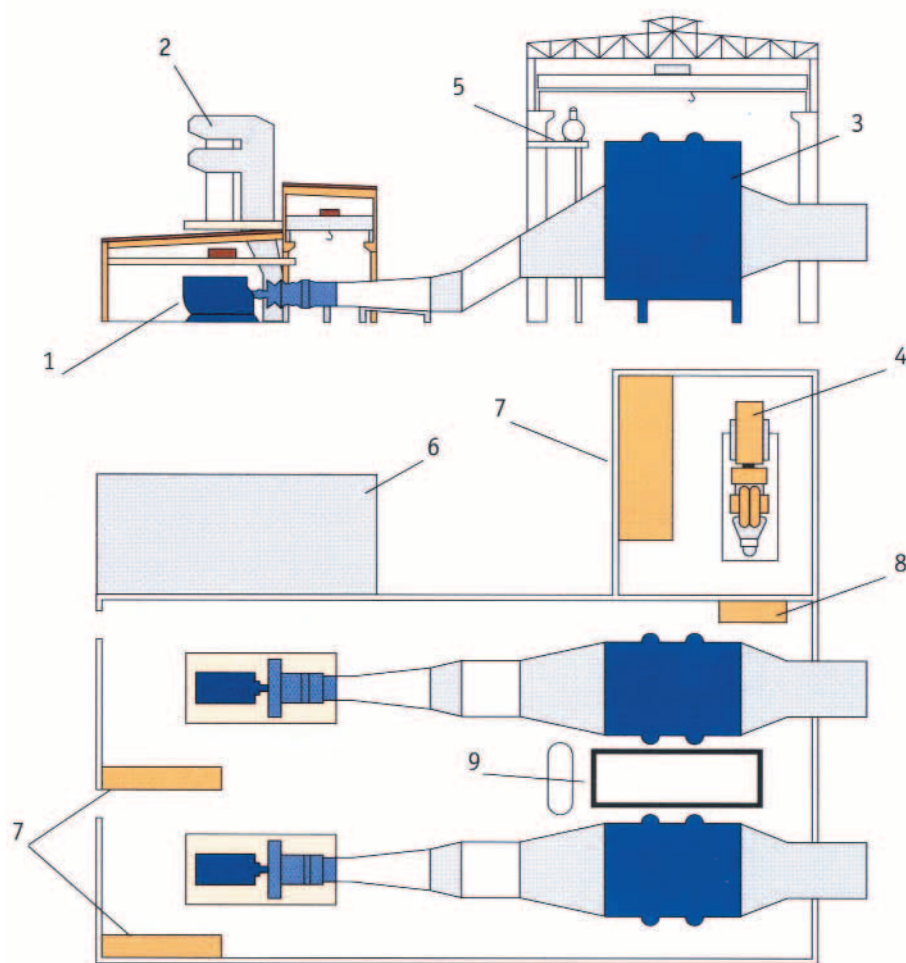
В ходе комплексного опробования и ввода в эксплуатацию испытательного стенда были отработаны алгоритмы пуска ГТЭ-110, ТПУ, САУ и генератора. В результате испытаний:

- проверены программы логического управления систем установки при пуске ГТЭ-110 и программного обеспечения САУ для регуляторов частоты вращения и мощности;
- отработана процедура синхронизации генератора с сетью;
- определены характеристики двигателя и систем;
- подтверждена работоспособность всех систем двигателя и испытательного стенда.



"Сатурн ГТД-110"  
в составе ГТЭ-110  
на Ивановской ГРЭС

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭНЕРГБЛОКА ПГУ-325



- 1 - газотурбинный двигатель с турбогенератором;
- 2 - воздухоочистительное устройство;
- 3 - котел утилизатор;
- 4 - паровая турбина с турбогенератором;
- 5 - деаэратор;

- 6 - блочный щит управления;
- 7 - САУ и электротехническое оборудование;
- 8 - пуско-сбросное устройства;
- 9 - зона размещения питающих насосов высокого и низкого давления

Общая эквивалентная наработка с учетом количества проведенных пусков составила 350 часов.

На работающем двигателе было проведено семь видов испытаний технологических защит:

- включение ТПУ с БЩУ на режим "Холодная прокрутка";
- "Аварийный останов";
- защита по сигналу "Отсутствие горения";
- защита по сигналу "Превышение предельной температуры газов за турбиной";
- защита по сигналу "Ограничение раскрутки двигателя";
- защита от повышения числа оборотов;
- защита по сигналу "Падение давления масла в маслосистеме".

18 января также были проведены теплотехнические испытания ПГУ-110 на режиме полезной электрической нагрузки 113,6 МВт. Полученная в результате испытаний среднemasовая температура газа перед турбиной составила 1458К, к.п.д. - 34,6 %. Приведение результатов к расчетным условиям по методике ГП НПКГ "Зоря"-Машпроект показывает, что при расчетной температуре газа 1583 К, мощность ПГУ составит 122 МВт, а к.п.д. - 36 %.

Начиная со второго квартала 2002 г., ПГУ-110 будет работать на газообразном топливе. Дальнейшая программа испытаний предусматривает 2 тыс. часов эксплуатации двигателя в базовом режиме с выдачей электроэнергии в энергосистему. После окончания длительных испытаний и сдачи энергоблока межведомственной комиссии начнется серийное производство двигателя.

Завершение создания установки ПГУ-110 в 2002 году имеет первостепенное значение. Это позволит, начиная с 2003 года, вести работы по техническому перевооружению тепловых электростанций РАО "ЕЭС России" на базе новейших парогазовых технологий.

Газотурбинные установки ПГУ-110 планируется использовать в составе парогазовых установок мощностью 325 и 170 МВт, которые по сравнению с традиционными паросиловыми дают существенное снижение расхода топлива на производство электроэнергии, уменьшение вредных выбросов, а также резкое снижение капитальных вложений при перевооружении и строительстве новых ТЭС. Особое значение имеет тот факт, что заказы на изготовление оборудования будут размещаться на российских предприятиях - ОАО "ЛМЗ", ОАО "Электросила", ОАО "Подольский машиностроительный завод" и др.

### ПГУ-325

ПГУ-325 - парогазовая установка мощностью 325 МВт. Выполненная по классической схеме - две газотурбинные установки на одну паровую турбину, она предназначена для выработки электрической и тепловой энергии в базовом, полупиковом и пиковом классах применения.

Мощность установки регулируется подачей топлива. В процессе её снижения объем расходуемого воздуха сокращается частичным перекрытием входного направляющего аппарата компрессора. Это позволяет поддерживать температурный режим газов и пара на уровне, близком к расчетному. Одновременно с этим, паровая турбина переходит в режим работы на скользящем давлении, зависящем от расходуемого пара, с полностью открытыми регулирующими клапанами. При сохранении достаточного высокого уровня экономичности и абсолютного к.п.д. установки в целом, мощность паровой турбины может быть снижена на 30...50 %.

Основные технические характеристики ПГУ-325

Наименование параметра	Значение
Электрическая мощность, МВт	325
К.п.д. электрический, %	51,7
Диапазон рабочих температур для ПГУ, °С	от -40 до +40
Диапазон автоматического изменения нагрузок ПГУ, %	от 100 до 25
Выбросы NO <sub>x</sub> , не более, мг/м <sup>3</sup>	50
Расчетный срок службы оборудования (за исключением ГТД), лет	40

**ПГУ-170**

ПГУ-170 - это первый российский парогазовый модуль, выполненный по схеме единого валопровода для газотурбинного энергоблока, паровой турбины и электрогенератора. Подобное техническое решение позволило объединить маслосистемы паровой турбины и газотурбинной установки, упростить схему управления, сократить количество оборудования относительно двухваловых ПГУ. На сегодняшний день по своим технико-экономическим показателям ПГУ-170 - реальная альтернатива существующим паросиловым блокам в диапазоне мощностей от 150 до 200 МВт.

План технического перевооружения тепловых электростанций РАО "ЕЭС России" на период до 2015 г. предусматривает использование 103 комплектов ГТЭ-110 на различных российских теплоэлектростанциях. Среди них - Конаковская и Невинномысская ГРЭС,


Основные характеристики ПГУ-170	
Наименование параметра	Значение
Электрическая мощность, МВт	170
К.п.д. электрический, %	53
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+40
Диапазон автоматического изменения нагрузок, %	25...100
Выбросы NO <sub>x</sub> , не более, мг/нм <sup>3</sup>	50
Расчетный срок службы оборудования (за исключением ГТД), лет	40

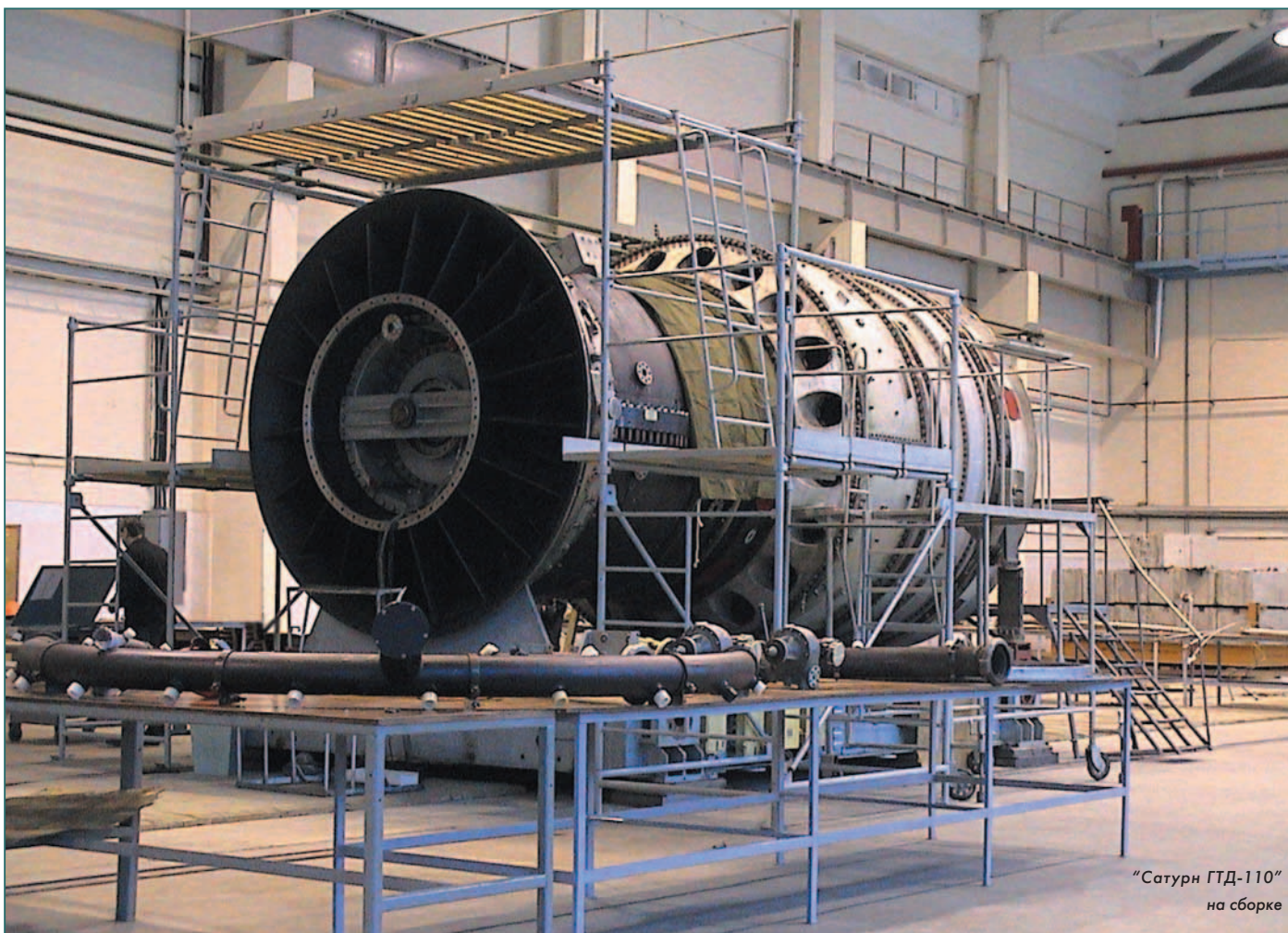
Прогнозируемая потребность РАО "ЕЭС России" в ГТУ и ПГУ до 2015 года, по данным проектных институтов		
Диапазон мощностей газовых турбин, МВт	Количество газовых турбин	Суммарная мощность вводимых ГТУ и ПГУ, млн кВт
110	103	15,1
140...180	49	13,1
60...80	147	8,8
25...30	41	1,2
Всего:	340	38,2

ТЭЦ-27 и ГРЭС-24 Мосэнерго и др. Разработку проекта по установке на ИвГРЭС в действующем производственном корпусе энергоблока ПГУ-325 осуществляет институт ОАО "Теплоэлектропроект".

Производственные мощности НПО "Сатурн" позволяют производить 6-8 ГТД-110 в год.

Использование ГТЭ-110 в рамках этой программы позволит ежегодно экономить более 10 млрд нм<sup>3</sup> природного газа и приведет к улучшению экологической ситуации.

Сегодня осуществлены предпроектные работы и выполнено ТЭО по реконструкции ГРЭС-24, ТЭЦ-27 "Мосэнерго" с установкой ПГУ-170. Расчеты показывают, что данный проект окупится в течение пяти лет с начала эксплуатации. Проведено совещание по техническому перевооружению ГРЭС-24 филиала АО "Мосэнерго" с установкой газовой турбины ГТЭ-110. 



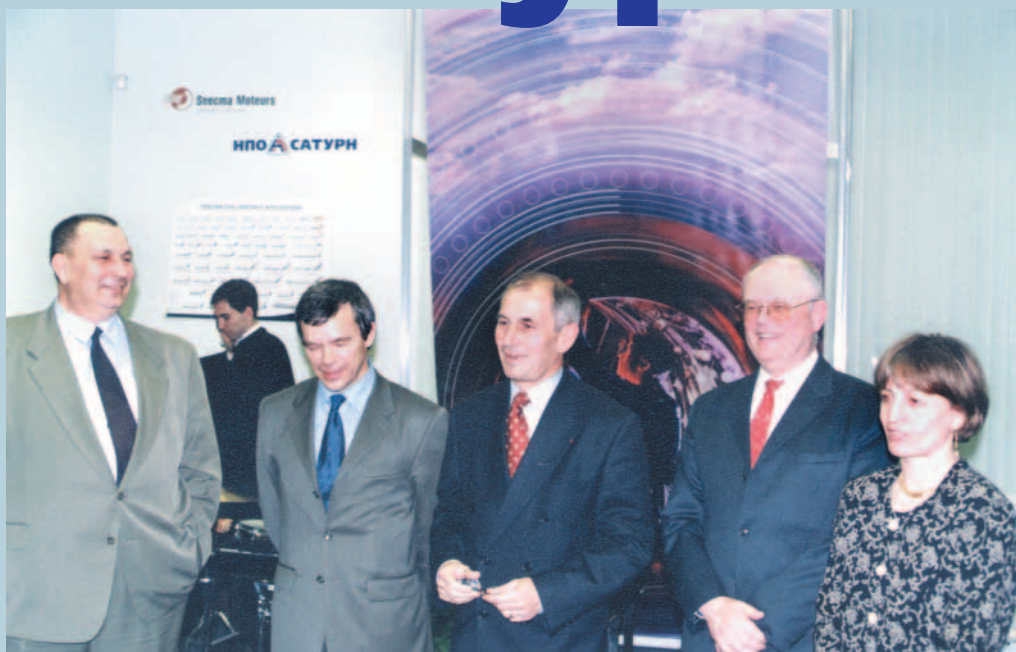
"Сатурн ГТД-110" на сборке

**Серийное воплощение перспективных идей**



# НПО "Сатурн"

Тесное деловое сотрудничество между российскими машиностроителями и ведущими зарубежными фирмами на практике доказало свою взаимовыгодность и перспективность. В качестве одного из основных направлений развития предприятия руководство ОАО "НПО "Сатурн" осуществляет масштабную программу расширения сотрудничества с рядом зарубежных фирм, специализирующихся в области производства авиационных двигателей.



**Сергей Покровский**, директор по международным программам ОАО "НПО "Сатурн"

Наиболее успешно развивается на сегодняшний день сотрудничество с французской промышленной авиакосмической корпорацией SNECMA. В корпорацию входят фирмы SNECMA Moteurs и SNECMA Services, которые осуществляют разработку и производство авиационных двигателей, авиационного оборудования, обслуживания и систем электроснабжения самолетов. Фирма SNECMA Moteurs (совместно с General Electric) является производителем самого массового на сегодняшний день семейства двигателей CFM 56, которым оснащаются 60 % самолетов с количеством пассажирских мест более ста.

С "НПО "Сатурн" французскую фирму объединяет тесное и продолжительное сотрудничество. Так, 22 марта 1995 г. было подписано рамочное соглашение между НПО "Сатурн" и компанией CFM International, являющейся совместным предприятием SNECMA и General Electric. В соглашении закреплена 25 % доля участия НПО "Сатурн" в изготовлении модификаций авиадвигателя CFM 56, которые будут устанавливаться на российские самолеты. В сфере производства в 1999 г. подписан договор на субподряд, по которому НПО "Сатурн" получило заказы на механическую обработку и литье деталей, узлов (кронштейнов, рефлекторов и др.), а также лопаток направляющего аппарата различных двигателей семейства CFM 56. Тогда же было подписано соглашение между Генеральной дирекцией гражданской авиации Франции и Авиационным Регистром Международного авиационного комитета России, в соответствии с которым последнему делегированы полномочия по осуществлению официального надзора за производством деталей по заказам фирмы SNECMA Moteurs в НПО "Сатурн".

В настоящее время объем заказов, размещенных на предприятии, составляет свыше \$1 млн. В работе находятся 18 наименований различных деталей и узлов. Среди них: детали механической обработки, точное литье по выплавляемым моделям, лопатки внешнего направляющего аппарата из стального и титанового сплавов. Программой намечен постепенный переход от изготовления деталей к сборке узлов и модулей вплоть до производства одной из модификаций двигателя CFM 56.

Проанализировав результаты выполнения размещенных на НПО "Сатурн" заказ-нарядов, представители SNECMA Moteurs отметили постоянный технологический рост российского предприятия, совершенствование материально-технической базы, повышение культуры производства и качества выпускаемой продукции. В литейном производстве освоены бойлеры английской фирмы LBBD, прессы американской фирмы Temcraft и другое современное высокотехнологичное оборудование, в сварочном - внедрена установка для электронно-лучевой сварки "ЭЛУР-1АТ", значительное развитие получила испытательная база. Французской стороной было высказано полное удовлетворение качеством и своевременностью поставок продукции со стороны НПО "Сатурн".

Все это послужило поводом к рассмотрению предложений о расширении сотрудничества. Заказчиком выданы запросы на котировку порядка \$20 млн. с условием размещения гарантированного заказа сроком на 3 года (т.е. стабильно по \$7 млн. в год). Новые предложения включают изготовление и сборку очень сложного и ответственного узла - направляющего аппарата третьей ступени двигателя CFM 56, производство кольцевых деталей, а также изготовление титановых лопаток вентилятора (первых, что следует особо подчеркнуть, из вращающихся деталей, которые компания SNECMA намерена передать в производство на НПО "Сатурн"). Новые предложения в этой области рассчитаны на сумму 240 млн рублей в год. Получит свое развитие и механическая обработка, в основном по вырубным кронштейнам из листа; здесь рост объемов запланирован в размере \$1,4 млн в год.

Расширение сотрудничества с иными фирмами потребовало дальнейшего совершенствования технологий и приобретения дополнительного оборудования. В связи с этим руководством НПО "Сатурн" принято решение о целевом приобретении новейшего оборудования специально под заказы зарубежных фирм. Бизнес-планом предприятия было определено финансирование программы. Уже заключен контракт на поставку спектрометра Spectrolab M производства США. Запланировано приобретение оборудования для обработки моноколес, холодно-высадочного автомата, индукционной печи для плавки изделий из нержавеющей стали в защитной атмосфере, новой измерительной системы "ОПТЭЛ",



# МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

которая обеспечит возможность выполнения различных операций с лопатками больших размеров. Ведется организация участка ЛЮМ-контроля крупногабаритных деталей. Специально под производство титановых лопаток по заказам SNECMA Moteurs на предприятии изготавливается установка ЭХЛ-200, которая позволит производить электрохимическую обработку деталей, удовлетворяя мировым стандартам качества.

Следует отметить, что новое оборудование обеспечит возможность выполнения наиболее сложных и ответственных техпроцессов с высоким качеством не только при изготовлении серийных изделий предприятия, но, что не менее важно, и при освоении новых видов продукции. Таким образом, важнейшими результатами международного сотрудничества с инофирмами для ОАО "НПО "Сатурн" становятся постоянное совершенствование газотурбинных технологий, повышение стабильности техпроцессов и качества всех выпускаемых изделий, приобретение опыта специалистами предприятия.

Не менее плодотворно развивается сотрудничество между SNECMA Moteurs и НПО "Сатурн" и в сфере конструкторских разработок. Еще на авиасалоне МАКС-99 между предприятием и французской фирмой был подписан контракт на разработку, изготовление, сборку и установку у заказчика линии привода вала акустического стенда "Маэстро". Стенд предназначен для исследования и поузловой доводки определенной гаммы газотурбинных двигателей как авиационного, так и наземного применения. К конструкции стенда предъявлялось множество требований, одним из которых было отсутствие генерации шума в результате трения тех или иных поверхностей и деталей двигателя.

Специалистам ОКБ НПО "Сатурн" удалось разработать конструкцию стенда, которая обеспечивает измерение акустических характеристик авиадвигателей с исключительно высокой точностью. Проект стенда был успешно защищен перед специальной комиссией, состоявшей из представителей фирмы SNECMA Moteurs и независимых auditors. Необходимо отметить, что стенд обладает принципиальной новизной и не имеет аналогов не только в России, но и за рубежом. НПО "Сатурн" было выбрано французскими двигателестроителями для разработки и реализации этого проекта в связи с тем, что на сегодняшний день это одна из немногих российских двигателестроительных компаний, представляющих конечный высококачественный продукт конструкторской работы.

В рамках российского государственного визита во Францию в декабре 2000 г. были подписаны учредительные документы нового совместного предприятия по конструкторским разработкам, созданного корпорацией SNECMA и НПО "Сатурн". До создания совместного предприятия французская сторона провела тестовые испытания в конструкторском бюро НПО "Сатурн", а в подразделениях SNECMA прошли стажировку российские конструкторы.

Дополнительный импульс развитие сотрудничества российской и французской компаний в области конструкторских разработок получило после открытия 18 февраля 2002 г. в Москве двух совместных проектных предприятий: конструкторского бюро "Смартек" и Бригады Программы двигателя СМ 146. "Смартек" оснащено новейшим оборудованием: мощные рабочие станции объединены в общую сеть, на них установлены системы автоматизированного проектирования CATIA, PATRAN и SAMCEF. В конструкторском бюро трудятся молодые инженеры, выпускников Тех-

нического университета им. Баумана и Московского физико-технического института. В ближайшем будущем число сотрудников бюро удвоится и будет увеличиваться далее в соответствии с расширением объемов работ.

Выступая на церемонии открытия нового совместного предприятия, технический директор и генеральный конструктор ОАО "НПО "Сатурн" Михаил Кузменко сказал: *"С компанией SNECMA мы работаем давно и конструктивно, но открытие совместного конструкторского бюро и создание бригады по программе двигателя СМ 146 позволит вывести это сотрудничество на качественно иной уровень. Проекты подобного масштаба позволяют говорить о реальной интеграции российской авиационной промышленности в международную систему кооперации в области проектирования сложных технических систем"*.

Первое время "Смартек" будет выполнять проектирование отдельных узлов авиационного двигателя, а затем перейдет к работам по программе двигателя СМ 146 для российского регионального самолета, совместно разрабатываемого компаниями "Гражданские самолеты Сухого", Boeing и АК им. Ильюшина. Соглашение о намерениях по сотрудничеству в рамках общей программы двигателя СМ 146, которая охватывает его проектирование, разработку, изготовление, продажу и послепродажное обслуживание было подписано НПО "Сатурн" и SNECMA Moteurs в августе 2001 г. в ходе международного авиационно-космического салона МАКС-2001.

В области обслуживания сотрудничества "НПО "Сатурн" с группой SNECMA выразилось в подписании протокола о размещении заказа на выполнение ремонта лопаток с применением процесса алитирования. Французская фирма и НПО "Сатурн" совместно предложили "Аэрофлоту" обеспечить сервисное обслуживание и ремонт эксплуатируемых авиационных двигателей CFM 56.

Развитие долговременных и качественных партнерских отношений НПО "Сатурн" с группой SNECMA позволяет крупнейшему в России предприятию авиационного двигателестроения с оптимизмом рассматривать перспективы сотрудничества с ведущими мировыми лидерами в этой отрасли в качестве полноправного партнера.

▲



# В РОССИИ КОМПАНИИ НОВОГО ТИПА ГОТОВЯТСЯ К СОЗДАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАТЕХНИКИ

Алексей Жаворонков, директор программ SM146



RRJ-95



RRJ-75



RRJ-55

Начало двадцать первого века подарило российской гражданской авиации надежду на скорое возрождение. Воздушный транспорт России, пережив длительный, почти десятилетний спад, начиная с 2000 года демонстрирует рост, как по количеству перевезенных пассажиров, так и по объемам перевозок. Начался процесс качественных изменений в отрасли - идет процесс укрупнения авиакомпаний, повышения эффективности их работы, внедрения современных информационных и коммерческих технологий, освоения новых, в том числе и зарубежных, рынков.

Не за горами то время, когда не только национальный перевозчик "Аэрофлот", но и другие авиакомпании вступят в жесткую конкурентную борьбу с иностранными авиакомпаниями как на внутреннем рынке, так и на рынках зарубежных стран. Для успеха в этой непростой борьбе им потребуется весь арсенал средств, используемых сегодня в международном бизнесе авиационных перевозок, но в первую очередь - самая современная и совершенная авиационная техника, сочетающая в себе высокие эксплуатационные качества, комфорт для пассажиров, приемлемую цену и соответствие самым жестким экологическим требованиям сегодняшнего дня и, по крайней мере, ближайшего десятилетия.

## Требования растут

Серьезным потрясением для российской гражданской авиации стало решение Европейского Союза ввести с 1 апреля на своей территории новые ограничения на шумовое воздействие коммерческих воздушных судов.

В соответствии с этими требованиями будут серьезно ограничены возможности осуществления полетов на самолетах, не отвечающих требованиям Главы 3 ИКАО по шумам и эмиссии вредных веществ. Под вводимые ограничения попадают практически все самолеты, разработанные и построенные в советские времена, которые и по сей день составляют основу парка подавляющего большинства российских авиакомпаний.

Тем или иным образом ситуация, по крайней мере, в краткосрочной перспективе - разрешится, и российские авиакомпании, хоть и с финансовыми потерями, или с ограничениями по географии полетов, продолжат обслуживать регулярные и чартерные рейсы в аэропорты Европейского содружества.

Вместе с тем, как совершенно справедливо отметил на прошедшем недавно Совете отрасли руководитель крупнейшей российской авиакомпании "Аэрофлот - российские авиалинии" Валерий Окулов, уже пора готовиться к работе в условиях новых, еще более строгих ограничений по шуму и эмиссии вредных веществ, которые вероятно будут введены с 2006 г.

Хотя новые стандарты по предельному шумовому воздействию еще не утверждены, в ходе дискуссий экспертов международной организации гражданской авиации ИКАО обсуждаются такие границы, в которые не сможет уложиться ни один из производящихся серийно российских двигателей. В оставшееся до 2006 г. время еще есть возможность создать как удовлетворяющий грядущим жестким ограничениям принципиально новый лайнер для российских авиакомпаний, так и двигатель для него.

Работу над этими перспективными проектами разворачивают ЗАО "Гражданские самолеты Сухого" (дочерняя фирма ОКБ "Сухого"), американская Boeing и российский АК им. С.В. Ильюшина. Разработчики в настоящее время исследуют рынок для семейства среднемагистральных лайнеров вместимостью от 50 до 100 пассажиров, получившее рабочее название RRJ. Российское НПО "Сатурн" и французская двигателестроительная фирма Snecma Motours вступили в партнерские отношения, намереваясь создать двигатель SM146 для RRJ.

## Перспективный региональный самолет

Необходимость создания и внедрения в массовую эксплуатацию нового ближне-среднемагистрального самолета для рынка авиаперевозок России, СНГ и Европы давно осознается отечественной авиационной отраслью. Но лишь в последнее время, после того как окончательно определился облик пост-советского воздушного транспорта, стало очевидным, каким должен быть этот самолет. Для отечественного рынка воздушных перевозок сегодня и, по-видимому, на протяжении ближайших 5-10 лет, характерно наличие большого числа маршрутов средней протяженности (от 1500 до 4000-5000 км) с относительно малой интенсивностью.

Существующий же авиапарк создавался под совершенно другие пассажиропотоки и находящийся сегодня в эксплуатации воздушные суда явно "переразмерены" по отношению к реальным потребностям в провозных мощностях.

Кроме того, в силу исторических причин сегодняшний парк авиакомпаний лишь на 20 % оснащен самолетами вместимостью до 130 мест. К сожалению, подавляющее большинство эксплуатируемых в настоящее время самолетов этого класса, построенных еще в советские времена, будет списано в период с 2005 по 2015 гг.

Выход из такой ситуации только один - создание надежной и недорогой отечественной региональной машины с привлечением лучшего опыта мировых производителей авиационной техники. В этом случае кооперация российских и западных партнеров позволит производить самолеты с мировым уровнем качества, а использование готовых систем и двигателей, созданных на основе международной промышленной кооперации, даст возможность сертифицировать семейство самолетов одновременно и по российским и международным стандартам, а также получить доступ к существующим базам технической документации и ремонта.

Именно поэтому в июне 2001 г. ведущие российские самолетостроительные компании ОКБ "Сухой" и АК им. С. В. Ильюшина подписали с одним из лидеров мирового авиастроения, американской компанией Boeing, меморандум о совместной работе над проектом российского среднемагистрального самолета нового поколения Russian Regional Jet (российский региональный самолет) или, сокращенно, RRJ. Лидером проекта с российской стороны является дочерняя фирма ОКБ "Сухого" - ЗАО "Гражданские Самолеты Сухого".

Компании объединили усилия для изучения возможности проектирования, производства, сертификации, маркетинга продажи и послепродажного обслуживания семейства современных региональных самолетов рассчитанных на перевозку 55, 75 и 95 пассажиров.

Основной объем работ по проектированию самолета будет выполнять ЗАО "Гражданские самолеты Сухого". Разработка нового самолета будет вестись только на электронных носителях по безбумажной технологии. Авиационный комплекс имени Ильюшина возьмет на себя сертификацию самолета по российским и международным нормам летной годности, а фирма Boeing будет проводить маркетинговые исследования рынка сбыта таких самолетов, окажет помощь в вопросах международной сертификации и организации менеджмента проекта.

Семейство самолетов RRJ проектируется в трех основных модификациях: базовой (RRJ-55, RRJ-75, RRJ-95), увеличенной дальности (RRJ-55/-75/-95ER) и максимальной дальности (RRJ-55/-75/-95LR). RRJ-75 вместимостью 75 пассажиров является базовой моделью, на его основе предполагается создать укороченный - RRJ-55 и удлиненный - RRJ-95 варианты, вместимость которых составляет 55 и 95 пассажиров соответственно. Взлетная масса самолета составит, в зависимости от модификации, от 31,64 т до 43,8 т. Максимальная коммерческая нагрузка - от 6,05 т до 10,45 т.

Работы над бизнес планом по новому семейству самолетов завершены в декабре 2001 года. По оценке специалистов компаний-участников проекта, потенциальный рынок этих самолетов составляет 500-600 машин. Ожидается, что первый полет опытного образца самолета RRJ состоится в 2005 г., а начало серийного производства может быть развернуто в 2006 г. Решение о начале полномасштабного проектирования нового самолета может быть принято уже в середине этого года.

По всем признакам, у RRJ большие перспективы не только в России и странах СНГ, хотя это несомненно главные рынки для нового регионального самолета. Мировой опыт свидетельствует о том, что сегодня создание и строительство пассажирских региональных самолетов - самый быстроразвивающийся сегмент рынка производства авиатехники. В настоящее время доля региональных самолетов (рассчитанных на 80-100 мест) в общемировом авиапарке составляет порядка 7%, но к 2020 году этот показатель, как ожидается, вырастет до 17%. В случае общего успеха проекта, в том числе и проведения успешной международной сертификации RRJ, российские самолето- и двигателестроители могут рассчитывать на определенную долю рынка, которая, по самым скромным оценкам, может составлять несколько сот миллионов долларов.

#### Новый тип сотрудничества авиадвигателестроителей

В конце зимы 2002 г. российское ОАО "НПО "Сатурн", крупнейшее в России предприятие в области авиационного двигателестроения и французская двигателестроительная фирма с мировым именем Snecma Moteurs объявили об открытии в Москве двух совместных организаций: проектного центра "Смартек" и бригады по программе авиадвигателя SM146.

Огромный проектный, производственный и эксплуатационный опыт, аккумулированный на протяжении более четверти века в ходе программы CFM56, стал тем фундаментом, на котором сегодня строится совместная с российскими моторостроителями программа SM-146.

НПО "Сатурн" рассматривает постоянно развивающееся сотрудничество с французскими двигателестроителями в качестве реального пути к интеграции российского предприятия в мировую систему высокотехнологичной кооперации. Кроме того, возможность использования новой разработки Snecma как основы силовой установки для семейства региональных самолетов RRJ, одного из наиболее перспективных на сегодняшний день проектов создания новой авиационной техники в России, существенно усиливает позиции НПО "Сатурн" на рынке создания наиболее передовой газотурбинной техники.

Так как проект нового регионального самолета ориентирован в первую очередь на заказчиков из России и стран СНГ, полномасштабное участие ведущей российской компании в проектировании, производстве и обслуживании его двигателей повышает привлекательность совместного предложения и шансы на победу в тендере по выбору силовой установки для этого важнейшего из

новых проектов российских гражданских самолетов.

В отличие от других проектов, двигатель SM146 сразу будет разрабатываться и строиться, исходя из условия полного удовлетворения требований Единой европейской авиационной администрации (JAA), Федеральной авиационной администрации США (FAA) и российского авиационного регистра межгосударственного авиационного комитета (АРМАК). Таким образом, будет устранена необходимость оснащать одну часть парка строящихся самолетов российскими двигателями, а другую - силовыми установками западного производства, как до этого делали российские авиастроители - отечественные и мировые стандарты будут приведены к общему знаменателю.

Проект SM146 обладает еще несколькими принципиально новыми особенностями, которые, как считают руководители компаний-участниц, должны привести к положительному результату.

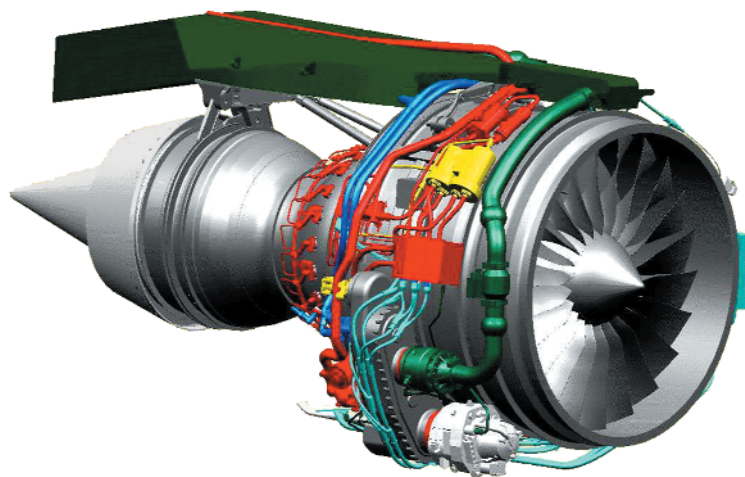
SM146 - первый за последние годы двигатель этого класса, который закладывается в настоящее время - проектирование всех существующих в настоящее время советских и западных двигателей началось еще в те времена, когда представления о воздушном транспорте в целом, отдельных рынках и их сегментах значительно отличались от сегодняшних. Естественно, что созданные тогда двигатели были оптимизированы под реалии прошлого века, и не соответствуют даже ситуации сегодняшнего дня, не говоря уже о перспективе.

Еще одной принципиальной особенностью проекта является его организационная структура: участники действуют не на основании директив сверху, а на основе убежденности в перспективности проекта, основанной на глубоком анализе состояния и перспектив развития гражданской авиации в России и мире. При этом компании-партнеры по созданию нового двигателя не просят финансовых средств на организацию работ, а используют внутренние ресурсы и планируют привлекать заемные средства.

Можно без преувеличения сказать, что проект SM146 - первый пример реальной полномасштабной международной кооперации российских и европейских авиадвигателестроителей.

Бригада программы двигателя SM146 создана специально для того, чтобы обеспечивать ежедневное взаимодействие с разработчиками самолета - "Гражданскими самолетами Сухого" - в определении технического облика нового двигателя. К настоящему времени разработан лишь газогенератор двигателя, что дает возможность спроектировать силовую установку, наиболее полно отвечающую техническим требованиям разработчиков самолета.

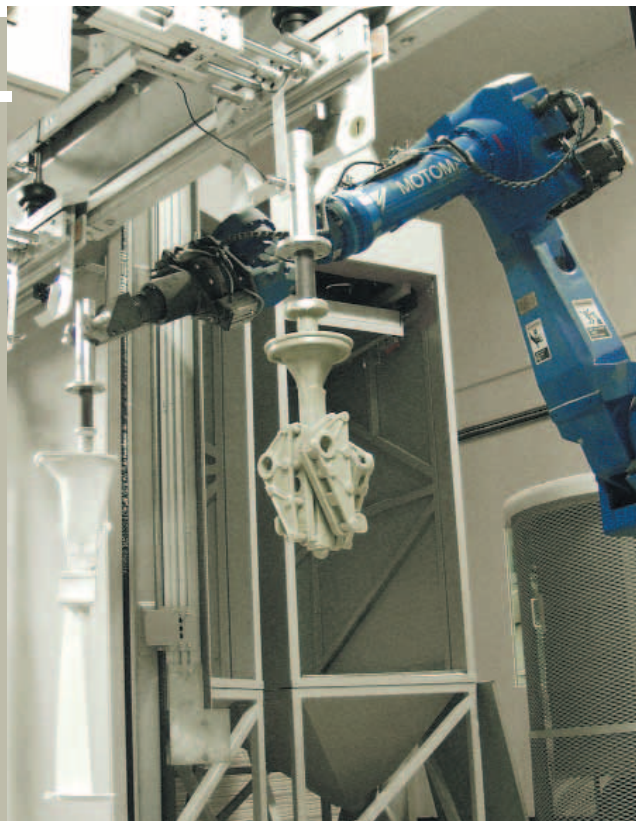
Конечно, будут проблемы. Партнерам потребуется время, чтобы лучше понять друг друга, научиться использовать единые методы и стандарты проектирования, производства и обеспечения качества продукции. Отдельной и надо сказать весьма непростой задачей является создание отвечающей современным представлениям системы материально-технического обеспечения, технического обслуживания различных уровней и эксплуатационной документации. Все это, вне всякого сомнения, потребует времени, серьезных усилий и доброй воли от всех участвующих в проекте сторон, но уже сейчас основы для успеха совместного сотрудничества заложены. **А**



# ОСНОВА РАЗВИТИЯ— СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Владимир Крылов,** главный инженер ОАО "НПО "Сатурн":

В нормальных условиях конкуренция любых товаров на рынке в конечном итоге сводится к конкуренции применяемых технологий. Именно на технологическом уровне определяются возможности воплощения технических решений конструкторов, себестоимость продукции и ее потребительское качество. Возможности любого предприятия определяются освоенными технологиями и составом технологического оборудования, а также наличием высококвалифицированного персонала. Поэтому постоянное совершенствование технологических процессов, освоение новых технологических принципов позволяют решить проблему устойчивого и динамичного развития предприятия.

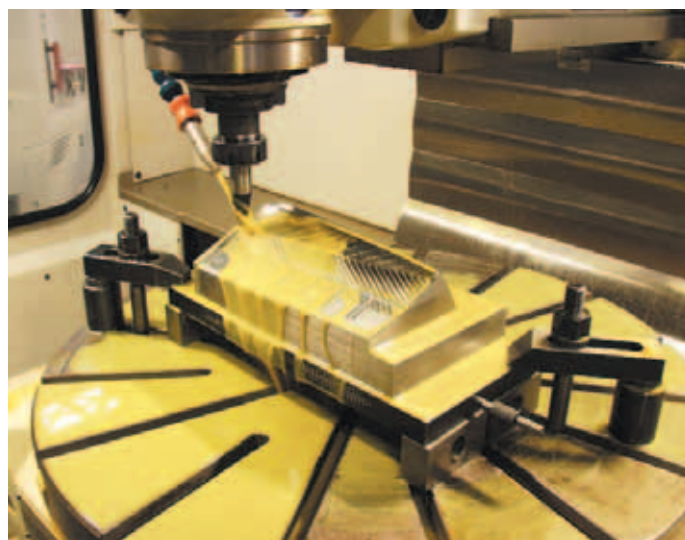


Лидерство НПО "Сатурн" в бизнесе, связанном с высокими технологиями, обеспечивается постоянным техническим перевооружением. Ведется реконструкция инженерной и конструкторской базы, внедряются "сквозные" технологии проектирования и изготовления, позволяющие избежать лишних затрат, выйти на качественно новый уровень. Проводится комплексная компьютеризация и внедряются информационные технологии, охватывающие все предприятие. Вложены значительные средства в создание целевых технологических комплексов и специализированных участков, соответствующих мировым стандартам, приобретено уникальное оборудование. В перечне новых технологических процессов:

- вакуумное литье крупногабаритных деталей и литье лопаток методом направленной кристаллизации;
- изотермическая штамповка алюминиевых и титановых сплавов в состоянии сверхпластичности, штамповка взрывом;
- изготовление деталей методом порошковой металлургии;
- изготовление деталей из композиционных материалов и конструкционной керамики;
- обработка металла лазером, электронно-лучевая сварка крупногабаритных узлов и деталей;
- глубинное и электрохимическое шлифование;
- поверхностные методы упрочнения деталей;

- плазменное напыление деталей, газотермическое напыление износостойких, жаростойких и уплотнительных покрытий;
- восстановительная термовакuumная обработка деталей турбины и другие высокотехнологичные процессы ремонта деталей двигателей (в частности, для устранения последствий эрозии и фреттинг-коррозии);
- ротационная формовка деталей из пластмасс;
- автоматизированная водная резка изделий из стеклопластика;
- высокоточная обработка деталей снегоходов с применением вырубных и листогибочных прессов.

На предприятии созданы соответствующие мировым стандартам специализированные производственные участки, где установлено высокопроизводительное импортное оборудование. При освоении новых газотурбинных двигателей и энергетических установок отчетливо прослеживается расширение номенклатуры деталей. Любопытно отметить также и увеличение массово-габаритных характеристик продукции при снижении ее серийности. Все это требует серьезных преобразований в системе технологической подготовки производства, формирования наиболее рациональных и эффективных технологических систем, расширяющих технологический потенциал предприятия.



Для реализации этих целей в НПО "Сатурн" создан участок для выполнения токарных, сверлильно-фрезерных работ на крупногабаритных деталях и узлах газотурбинных двигателей и энергетических установок. Здесь сформирован комплект оборудования, позволяющий обрабатывать детали и узлы диаметром до 4000 мм и массой до 10 т. Надо отметить, что участок обладает широкими возможностями, причем переход на обработку деталей и узлов по различным типоразмерам и форме выполняется с минимальной технологической подготовкой производства. Это достигнуто благодаря расширенному диапазону технических характеристик самих станков, оснащения их специальными навесными головками, повышающими технологические возможности оборудования, удачному выбору компоновочной схемы машинообрабатывающего центра ИР-1600. Таким образом, на сегодняшний день технологический потенциал НПО "Сатурн" в области обработки деталей и узлов во многом превосходит возможности большинства отечественных предприятий и находится на уровне ведущих зарубежных фирм.

Так, для фрезерования профилей в размер чертежа крупногабаритных рабочих и направляющих лопаток запланировано приобретение станка с ЧПУ модели НХ-151 швейцарской фирмы "Штарраг", который обеспечит замену 25 единиц оборудования и позволит высвободить площадь 500 м<sup>2</sup>, одновременно существенно сократив сроки подготовки производства. Совершенствование процесса обработки моноколес и крыльчаток будет осуществлено путем закупки двух вертикально-фрезерных пятикоординатных машинообрабатывающих центров модели "Микрон" УСР-710. Технология высокоскоростной обработки проточной части моноколес твердосплавными фрезами будет применяться и при производстве изделий по заказам инофирм. Запланировано внедрение обработки рабочих и спрямляющих лопаток на пятикоординатном центре модели SX-051 фирмы "Штарраг".

В целях совершенствования техпроцессов заготовительного производства планом технического развития предусмотрена организация и запуск в эксплуатацию участка ионно-плазменных покрытий. На том же участке наши специалисты с участием представителей ВНИИ ЭТО (г. Истра) и ВИАМ разрабатывают и внедряют технологии ионного азотирования, монтируют установку МАП-1М и три установки нанесения жаростойких покрытий. В дополнение к этому планируется приобрести три вакуумные печи фирмы "Ипсен", установку ионного азотирования ЭВТ-85 и еще одну установку жаростойких покрытий МАП-1М.

Создание нового участка позволит обеспечить нанесение жаростойких покрытий Al-Si-I на все виды лопаток с габаритными размерами до 273 мм, решить проблему диффузионного отжига и поднять качество лопаток путем замены отжига в ар-



гоне на отжиг в вакууме. Ионное азотирование деталей с габаритными размерами до 500 мм в диаметре также будет осуществляться в вакууме, а сертификация оборудования участка даст возможность расширить номенклатуру заказов инофирм.

Составлены планы развития производства крупногабаритного литья. Намечен запуск линии нанесения оболочки на водных связующих, планируется приобретение прессы для изготовления крупногабаритных стержневых отливок деталей турбины и плавильной печи. Изготовление отливок по выплавляемым моделям (размер отливок до 800 мм, стержней - до 500 мм) позволяет сократить сроки освоения новых изделий, повысить точность и уменьшить шероховатость поверхностей





отливок до уровня международных стандартов, снизить брак из-за литейных дефектов (рыхлота, пористость) на 40...50 %, уменьшить объемы доработки оснастки в 1,5 раза. Кроме того, запланировано создание участков пайки крупногабаритных деталей и узлов, для чего приобретена английская вакуумная плавильная печь. Предполагается организовать участок выходного ЛЮМ-контроля для крупногабаритных деталей.

Приобретение нового оборудования и создание аттестованных аналитических лабораторий (металлографической, механических испытаний, контроля химического состава, контроля топлива и масел) позволят качественно повысить уровень контроля, провести сертификацию лабораторий в соответствии с международными стандартами ISO 9000, расширить номенклатуру заказов, в том числе со стороны инофирм.

Опыт создания современной авиационной техники передовыми компаниями свидетельствует, что большинство сварных деталей в современных газотурбинных установках и узлах планера следует изготавливать с применением электронно-лучевой сварки. Этот метод обеспечивает наивысшее металлургическое качество соединений и требуемую высокую точность конструкций после сварки. В этой связи создано отечественное оборудование нового поколения (установка ЭЛУР-1АТ) для электронно-лучевой обработки крупногабаритных деталей диаметром до 3200 мм и длиной до 2500 мм. Установка оснащается микропроцессорными системами управления процес-

сами сварки, растровой системой наблюдения и активного слежения электронным лучом за стыком соединяемых в процессе сварки деталей, а также устройством для наплавки и модифицирования поверхности. Сейчас установка ЭЛУР-1АТ введена в опытную эксплуатацию.

Сварка многих жаропрочных сплавов осложнена повышенной склонностью металла шва и околошовной зоны к образованию "горячих" трещин. Перспективным способом соединения деталей из жаропрочных сталей и сплавов является сварка без расплавления в вакууме - так называемая диффузионная сварка. Она обладает рядом важных преимуществ по сравнению с известными способами сварки и пайки, среди которых самое важное - высокое качество получаемых сварных соединений. При этом металлическое соединение сохраняет основные свойства, присущие монолитным металлам и сплавам, а в партии деталей, соединяемых с помощью диффузионной сварки, обеспечивается постоянство параметров по основным прочностным показателям.

С начала 2001 г. на НПО "Сатурн" активно отрабатывается технология плазменного напыления теплозащитного покрытия лопаток соплового аппарата первой ступени ГТД-110 на роботизированном комплексе "Зульцер Метко".

Для проведения высококачественных сварочных работ на специально организованном участке внедряются технологии прецизионной сварки и наплавки гребешков лабирин-



тов и наружных колец на установке DABER RBM. На этой установке планируется осуществлять ремонт наружных колец третьей и четвертой ступеней, гребешков лабиринтов, турбин и компрессоров методом аргоно-дуговой наплавки. В настоящее время ремонт лабиринтов производится, в основном, на физически и морально устаревшем оборудовании, методом ручной или частично автоматической сварки. Внедряемая установка может автоматически следить за процессом и регулировать параметры непосредственно в процессе сварки, а также обеспечивает при более высокой скорости сварки стабильное получение высококачественных сварных соединений.

Важнейшее значение на предприятии придается внедрению новых технологий в лопаточном производстве, в частности, освоению бесприпусковых изотермических штампов. Для внедрения изотермической штамповки в серийное производство требуется строгое соблюдение всех требований по качеству. Также необходимы абсолютная точность инструмента и совершенная оснастка. Развитие этой тематики считается весьма перспективным, планируется продолжать работы в области дальнейшего совершенствования лопаточного производства.

Намечена к освоению перспективная технология изготовления лопаток с длиной пера до 100 мм из изотермических штампов с минимальным припуском, а также освоение точной штамповки стальных и титановых лопаток SNECMA, приобретение программы математического моделирования процессов объемного формообразования материалов FORGE, перевод контроля штампов на оптико-электронную аппаратуру "ОПТЭЛ".

Планируется внедрить технологию изготовления алюминиевых лопаток серийных авиадвигателей из заготовок собственного производства взамен покупных. Изотермическая штамповка на отремонтированном гидравлическом прессе обеспечит увеличение коэффициента использования материала до 0,43 и экономию металла на 20...25 %, высвобождение 120 м<sup>2</sup> площади и 16 единиц оборудования, снижение трудоемкости.

Для внедрения сквозной технологии с использованием системы "Юниграфикс" требуется приобретение эрозионных



Постановлением Правительства Российской Федерации НПО "Сатурн" присуждена премия Правительства РФ 2000 года за достигнутые значительные результаты в области качества продукции и услуг и внедрение высокоэффективных методов управления качеством

проволочно-вырезных и эрозионных копировально-прошивочных станков для изготовления деталей пресс-форм, фрезерно-сверлильных станков с ЧПУ "Микрон" для изготовления графитовых и медных электродов, заточного станка с ЧПУ Walter Helitronic Mini Power Production для изготовления твердосплавного монолитного инструмента, координатно-измерительной машины модели Scirocco Trax. Внедрение этого оборудования позволит уменьшить сроки изготовления пресс-форм на 15 %, на столько же снизится объем слесарно-полировальных работ. При этом на 30 % сокращается количество оснастки второго порядка (подставок, приспособлений, шаблонов, режущего инструмента). Применение указанного оборудования позволит освоить перспективную технологию изготовления штампов для получения "бесприпусковых" по профилю пера титановых лопаток с использованием системы объемного моделирования "Юниграфикс".

На опытном заводе проводится реконструкция участка электрохимической обработки. Для этого намечено изготовление силами предприятия 12 станков ЭХЛ-100 и 5 станков ЭХЛ-200, применение которых позволит усовершенствовать технологию обработки профиля лопаток. Запланирована модернизация девяти станков ЭХС-10, также разработанных и изготовленных в НПО "Сатурн". Это позволит с высокой точностью формировать элементы проточной части лопаток и избежать применения ручных слесарно-полировальных операций.



### Политика качества ОАО "НПО "Сатурн"

#### Миссия:

- Укрепление оборонной, экономической и энергетической безопасности государства путем создания высокотехнологичной конкурентоспособной продукции.

#### Цели:

- Завоевание позиции лидера в российском двигателестроении для авиации и энергетики.
- Повышение престижа марки "Сатурн" - гаранта качества и надежности в партнерстве.
- Максимальное удовлетворение требований и ожиданий потребителей.

#### Стратегия:

- Приоритетность вопросов качества во всех сферах деятельности. Постоянное повышение конкурентоспособности продукции путем обновления, улучшения качества и фирменного сервисного обслуживания.
- Ориентация на лучшие мировые достижения и высокие технологии.

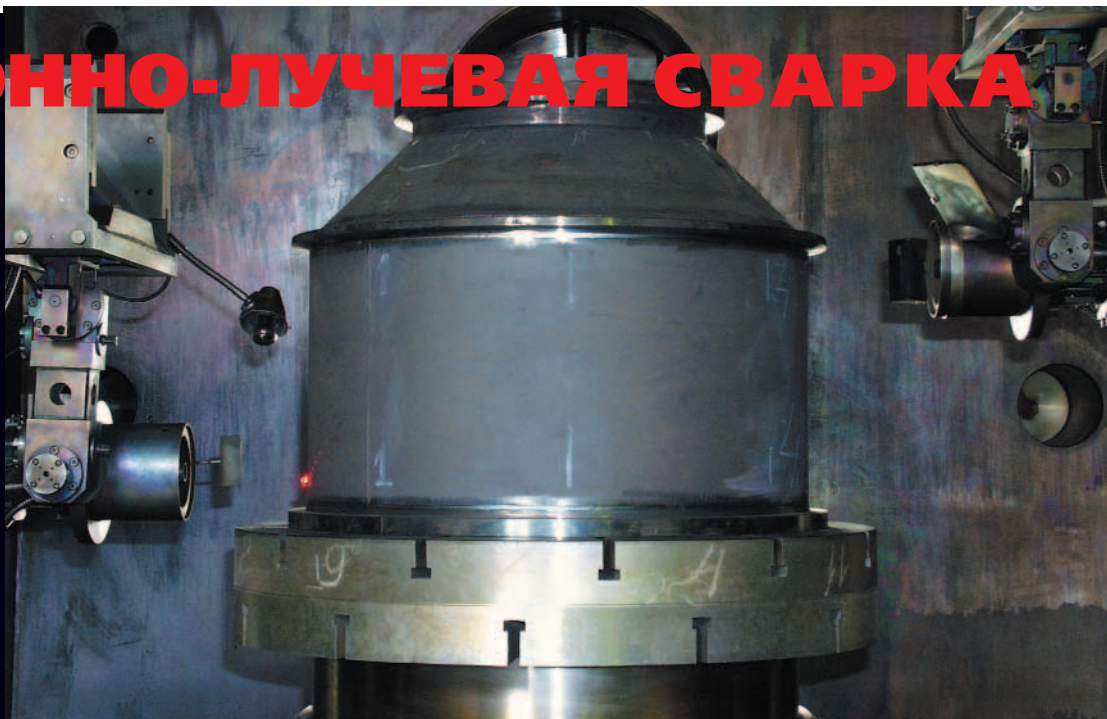
#### Тактика:

- Создание фирменной системы менеджмента качества на принципах TQM. Лидерство руководителей всех уровней в вопросах качества. Развитие командной работы, направленной на вовлечение всего персонала в процессы повышения эффективности деятельности предприятия.
- Исследование рынка потребительского спроса и достижений мировых лидеров.
- Профессионализм, компетентность и персональная ответственность каждого на базе повышения квалификации и обучения.
- Систематический мониторинг процессов производства и управления, удовлетворенности персонала, общества и потребителей, направленный на всесторонний анализ и непрерывное улучшение деятельности предприятия.



# ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

Методы соединения металлических деталей, применяемые в авиации, весьма разнообразны. Одних только видов сварки насчитывается около десятка. К новым, автоматизированным видам относят диффузионную и электронно-лучевую сварку. Поток электронов, рисующий изображение на экране вашего домашнего телевизора или компьютера, является идеальной действующей моделью аппаратуры для электронно-лучевой сварки, только вот плотность потока в сварочном аппарате во много тысяч раз больше.



**Геннадий Лымарев**, главный сварщик ОАО "НПО "Сатурн"

Преимуществами электронно-лучевой сварки (ЭЛС) являются малые размеры зоны термического разогрева, идеальная вакуумная защита сварочной ванны, глубокое однопроходное проплавление, дистанционное ведение сварки, малые деформации сварного изделия, возможность регулирования с высокой точностью и быстродействием основных энергетических и геометрических параметров электронного пучка (мощность, уровень фокусировки, направление, угол и скорость отклонения). Это позволяет вводить в металл при сварке точно дозированную энергию, реализовывать различные технологические приемы, обеспечивая высокую производительность процесса сварки.

До недавнего времени НПО "Сатурн" располагало установками для ЭЛС отечественного производства первого поколения ЭЛУ-5, ЭЛУ-9Б, ЭЛУ-9КУ, ЭЛУ-10А и ЭЛУ-25 и второго поколения ЭЛУ-20, общими особенностями которых является:

- цилиндрическая вакуумная камера;
- расположение электронной пушки непосредственно на камере;
- осуществление сварки только вертикальным лучом.

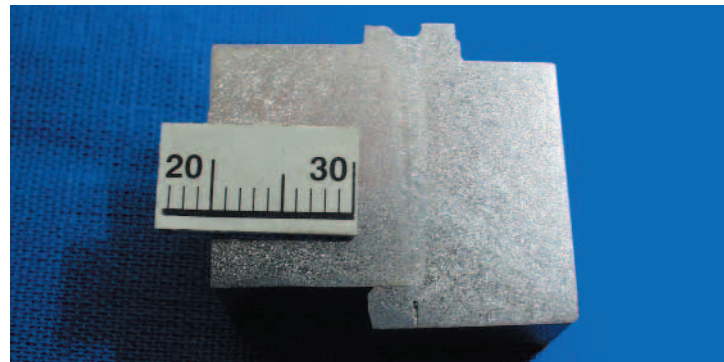
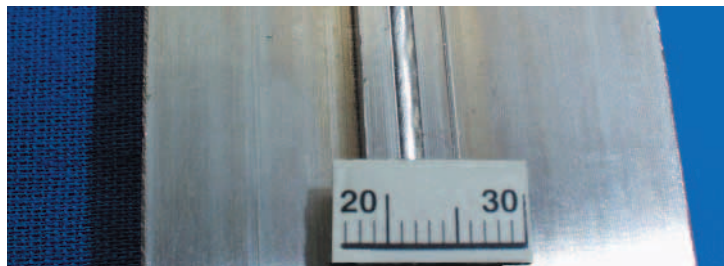
Такие установки, оснащенные маломощными энергоблоками, по своим техническим характеристикам позволяли сваривать лишь определенную номенклатуру деталей, ограниченных по габаритам, толщине и весу (максимальный диаметр свариваемой кольцевыми швами детали - до 800 мм, торцевыми швами - до 900 мм, толщина детали - до 25 мм и масса - до 900 кг).

При освоении предприятием изготовления двигателя энергетической тематики ГД-110, у которой к деталям и узлам (бараны компрессора, детали ротора и статора компрессора) предъявляются повышенные требования, а также с целью расширения номенклатуры свариваемых деталей силами технических служб произведена модернизация установок ЭЛУ-10 и ЭЛУ-25. На ЭЛУ-25 была выполнена модернизация поворотной планшайбы-крышки для ее уравнивания

при сварке деталей массой до 2 т (диск XI ступени ротора компрессора). На ЭЛУ-10 был установлен энергоблок ЭЛА-60Б, позволяющий производить качественную сварку деталей толщиной до 60 мм из сталей мартенситного класса (ЭП 609, ЭИ 961, ЭП 866) и применять различную по форме, размеру и частоте развертку электронного луча для повышения качества сварного соединения.

Установленный на ЭЛУ-10А новый манипулятор оснащен механизмом с планшайбой, ось вращения которой может перемещаться по высоте на 700 мм, что позволяет изменять высоту центра свариваемой детали для обеспечения требуемого фокусного расстояния. Установлена регулируемая подвижная задняя опора для крепления и перемещения деталей большой массы. Для сварки продольных швов на редуктор перемещения каретки установлен привод постоянного тока. При сварке торцевых швов цилиндрических деталей высотой до 1000 мм на задней опоре может устанавливаться планшайба, вращение которой осуществляется через основной редуктор.

Проведенная модернизация позволила существенно расширить диапазон возможностей сварки кольцевыми швами деталей, имеющих массу до 3...4 т и диаметр до 1700 мм, а торцевыми швами - деталей диаметром до 900 мм на манипуляторе и до 1500 мм на задней опоре.





Однако модернизация установок не смогла решить все проблемы, связанные со сваркой деталей гораздо больших размеров и масс. Кроме того, сохранялась задача перевода сварочной ванны в горизонтальное положение, что позволило бы производить сварку со сквозным проплавлением и формированием стабильного обратного валика при повышенных зазорах в стыках.

Чтобы обеспечить сварку всей номенклатуры деталей осваиваемого изделия ПД-110 и повысить качество их изготовления НПО "Сатурн" выдало ЗАО "Авиационные технологии" техническое задание на разработку и изготовление новой электронно-лучевой установки, удовлетворяющей современным требованиям к технологии электронно-лучевой сварки. ЗАО "Авиационные технологии" и ОАО "Электромеханика" разработали и изготовили уникальный автоматизированный многофункциональный комплекс электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ, не имеющий в настоящее время аналогов в России и СНГ и соответствующий лучшим мировым образцам.

Установки подобного типа выпускаются в США, Германии, Франции, Японии. Однако ряд технических преимуществ установки ЭЛУР-1АТ: высокая эффективность использования объема вакуумной камеры, в которой установлены две электронные пушки, наличие системы телевизионного наблюдения за процессом формирования сварного шва во время сварки и автоматического совмещения электронного луча со стыком свариваемых деталей выгодно отличают ее от зарубежных аналогов.

Комплекс ЭЛУР-1АТ позволяет обрабатывать изделия диаметром до 3,2 м, высотой до 1,8 м, толщиной 110 мм и массой с оснасткой до 10 т. Все основные операции обработки детали осуществляются с использованием компьютерной системы "СУПЭЛ", которая управляет параметрами электронного луча, сформированного двумя энергоблоками ЭЛА-60В, и устройства числового программного управления (УЧПУ).

Для каждого энергоблока система "СУПЭЛ" задает значения тока луча, тока фокусирующей линзы, тока бомбардировки, а также формирует закон отклонения луча по двум взаимно перпендикулярным осям и амплитуде развертки луча (форма развертки выбирается на пульте оператора ЭЛА-60В). Величины тока луча и тока фокусировки являются программно задаваемыми параметрами и в процессе отладки программы могут изменяться по кусочно-линейному закону в функции от относительного перемещения луча по текущей координате вдоль свариваемого стыка.

Системы "СУПЭЛ" и УЧПУ измеряют в реальном масштабе времени восемь параметров каждого энергоблока, положение координатных осей, а также контурную скорость относительного перемещения луча вдоль свариваемого стыка. Система "СУПЭЛ" реализована на обычном IBM PC/AT совместимом компьютере.

Устройство числового программного управления предназначено для контурного управления координатными перемещениями электромеханического комплекса установки по шести осям. УЧПУ обеспечивает управление перемещением изделия и электронной пушки в автоматическом режиме в процессе сварки и задает технологический режим обработки в соответствии с программой. Оно позволяет вводить, корректировать и хранить в памяти основные кинематические параметры системы, значения люфтов по каждой координате, максимально допустимую ошибку слежения, шаг датчиков перемещения по каждой координате, а также производить корректировку и хранение технологических режимов в памяти библиотеки.

Установка ЭЛУР-1АТ оснащена двумя энергоблоками ЭЛА-60В фирмы SELMI. На сегодня это - лучшие энергоблоки, отвечающие таким важнейшим требованиям, как стабильность основных параметров луча, эффективность системы защиты от пробоев, наличие системы автоматической диагностики состояния блоков аппаратуры, катодного узла и электронной пушки. Устройство управления лучом осуществляет его развертку по окружности, полуокружности, эллипсу, линии и прямоугольному растру. Видеоустройство позволяет точно наводить луч на кромки соединяемых деталей и контролировать качество сварного шва.

Вакуумная камера установки ЭЛУР-1АТ состоит из трех секций. К средней секции камеры примыкают две дополнительные секции, в которых размещены механизмы поперечного и вертикально-

го перемещения электронных пушек. Отличительной особенностью вакуумной системы установки ЭЛУР-1АТ является то, что предварительное разрежение воздуха до 150 мм рт. ст. осуществляют с помощью двух эжекторных воздушоструйных насосов. Эжекторные насосы обеспечивают безмасляную откачку воздуха из объема камеры, что позволяет исключить неблагоприятный режим работы механических масляных насосов с выбросом аэрозолей масла в вакуумную камеру и резко уменьшить выброс паров масла в атмосферу. Вакуумная система установки работает в ручном (наладочном) и автоматическом (рабочем) режимах.

Установка ЭЛУР-1АТ оснащена двумя системами "РАСТР" для наблюдения на экранах мониторов за процессом формирования сварного шва и контроля точности автоматического совмещения электронного луча со стыком свариваемых деталей. Органы управления системами "РАСТР", УЧПУ и "СУПЭЛ" находятся на центральном пульте, там же находится панель управления процессом загрузки-выгрузки изделия.

Участок электронно-лучевых технологий (ЭЛТ) оснащен десятичным грузоподъемным механизмом. Для повышения культуры производства и уменьшения шума вакуумная система ЭЛУР-1АТ вынесена в отдельное помещение.

Таким образом, установка ЭЛУР-1АТ является уникальной и открывает перед НПО "Сатурн" большие возможности освоения технологических процессов ЭЛТ, таких как электронно-лучевая наплавка, пайка, электронно-лучевая термообработка (закалка, зональный отжиг), легирование и модифицирование поверхности изделий.

Для определения приоритетов в области разработки и внедрения ЭЛТ НПО "Сатурн" проводит дополнительные маркетинговые исследования и расчет экономической эффективности. За рубежом высокотехнологичное оборудование обычно концентрируют в составе технологических центров.

Располагая многофункциональным автоматизированным комплексом электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ и другими электронно-лучевыми установками, НПО "Сатурн" направило комплект документов в Министерство науки, промышленности и технологий для участия в открытом конкурсе "Национальная технологическая база на 2002-2006 гг." на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию национального центра технологий электронно-лучевой сварки деталей, узлов газотурбинных двигателей.

В основе работы лежит организация научно-производственной базы электронно-лучевой сварки, создание современных технологий ЭЛС, деталей и узлов газотурбинных двигателей, развитие межотраслевой кооперации.



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ

**Александр Виноградов**, главный металлург ОАО "НПО "Сатурн"

Сегодня не вызывает сомнений, что прогресс достигается только там, где максимально удастся внедрить современные информационные технологии. Симбиоз технологий - информационных и производственных - позволяет добиться высочайшего качества, производительности и технологичности. Не является исключением и металлургическое производство, особенно такое сложное и разнообразное по номенклатуре, как авиадвигателестроительное. Стремление сохранить свою марку в условиях рыночной конкуренции вынуждает двигателестроителей к постоянной модернизации производства.

Период технического развития металлургического производства в самом конце XX века для нашего завода характеризовался интенсивным освоением информационных технологий, в том числе для оперативного обмена информацией, проектирования оснастки для технологий литья, горячей обработки давлением, термообработки, изготовления изделий из резины и пластмассы, приспособлений для гальваники, а также автоматизированного проектирования печного оборудования и оснастки. До этого периода управление главного металлурга (УГМет) располагало шестью ПЭВМ на базе "286-го" процессора. Компьютеризация управления проводилась параллельно в четырех направлениях: приобретение компьютерной техники, создание компьютерной сети, привлечение квалифицированных специалистов и обучение персонала. На сегодняшний день УГМет имеет в своём распоряжении около 40 автоматизированных рабочих мест, укомплектованных высококвалифицированным персоналом.

#### СПРАВКА:

Управление главного металлурга создано по приказу генерального директора ОАО "Рыбинские моторы" (ныне НПО "Сатурн") в январе 1997 г. Сегодня в состав управления входят:

- литейный сектор (литейно-технологическое бюро, КБ печей, технологическое бюро, КБ проектирования пресс-форм);
- кузнечный сектор (КБ штампов, бюро связи с поставщиками, группа автоматизированного проектирования, конструкторско-технологическое бюро перспективного развития, кузнечная производственно-экспериментальная группа);
- термический сектор (отделы КБ оснастки, лаборатория металлофизики, конструкторско-технологическое бюро неразрушающих методов контроля, технологическое бюро металлографии);
- химико-технологический сектор (лаборатория пластмасс, химико-технологическая лаборатория, лаборатория промышленной санитарии, лаборатория топлив и масел);
- центральная заводская лаборатория.

Управление создано для координации всей технической политики в металлургическом производстве путем слияния служб металлурга дизельного и опытного заводов в единое структурное подразделение.

Сегодня УГМет вносит свой вклад в освоение выпуска новых изделий ГТД-110, ГТД-10, ГТД-2,5, ГПА-4РМ, СТ-7, снегохода "Тайга", выполнение заказов для "Дженерал Электрик", "СНЕКМА", проводит сертификацию производства авиационной техники и ремонта двигателей Д-30КП/КУ/КУ-154.

Перспективы развития технологической подготовки литейного производства тесно связаны с внедрением системы сквозного проектирования на основе единой математической модели детали с общими конструкторскими и технологическими базами. Подготовка кадров для использования сложнейшей техники при проектировании литейной оснастки методами объёмного моделирования в системе Unigraphics проводилась в секторе математического моделирования, который по настоящее время является центром обучения конструкторов управления главного металлурга.

Фундаментом подготовки производства являются следующие этапы:

- создание математической модели детали двигателя;
- создание математической модели отливки и литниково-питающей системы;
- моделирование затвердевания отливки и корректировка литниково-питающей системы;
- проектирование модельной и стержневой оснастки;
- проектирование контрольно-измерительной оснастки;
- изготовление контрольно-измерительной, модельной и стержневой оснастки с минимальным уровнем доработки.

Для внедрения сквозного проектирования и изготовления пресс-форм моделей отливок сопловых и рабочих лопаток турбин был разработан стандарт предприятия, определяющий не только составляющие процесса сквозного проектирования, но и систему учёта и хранения всех изменений конструкторской документации. При этом была внедрена процедура "электронной подписи" конструкторов и руководителей всех уровней.

Сектор проектирования литейной оснастки имеет в своём распоряжении девять компьютеров класса Pentium с установленными программными комплексами Unigraphics и AutoCAD-14. Эта техника эффективно эксплуатируется конструкторами, прошедшими подготовку как в учебных отделах предприятия, так и непосредственно в УГМет. Использование автоматизированных методов проектирования позволило в 2...2,5 раза сократить сроки разработки и повысить точность изготовления оснастки инструментальным заводом. Результаты внедрения системы "сквозного" проектирования лопаточной оснастки изделий ГТД-2,5, ГПА-4 и ГТД-110 продемонстрировали ее высокую эффективность, проявившуюся, прежде всего, в увеличении точности получаемых литых заготовок.

Сложившаяся система использования электронной версии информации о литейной оснастке делает новый процесс подготовки производства необратимым в отношении возврата к старым технологиям. Так, в настоящее время УГМет располагает конструкторской документацией на сопловые лопатки всех четырех ступеней ГТД-110, выполненной до внедрения Unigraphics - по традиционной методике, на кульмане. Однако специалистами УГМет и инструментального завода принято решение о целесообразности перепроектирования лопаток автоматизированным методом. Подсчитано, что в результате проведения таких работ сроки освоения новых изделий уменьшатся в 2...3 раза благодаря сведению к минимуму операций по доводке оснастки после этапа пробной эксплуатации.

Принципиально новым направлением при подготовке производства стало моделирование литейно-технологическим бюро УГМет литейных процессов с помощью программы "Полигон", которая совместима с Unigraphics и обеспечивает выполнение расчётов литниково-питающих систем и технологических параметров литья. "Полигон" позволяет провести отработку некоторых наиболее важных технологических параметров с использованием компьютерной модели детали, программно реализованной на ЭВМ. Это способствует снижению материальных затрат и времени на проектирование и доводку литейной технологии, увеличивает качество и производительность труда технолога-литейщика. Данная программа позволяет провести анализ процесса затвердевания и образования усадочных раковин, макропористости и микропористости, процесса развития деформаций в интервале

затвердевания, расчёт структурных параметров, формирование и расчёт любых критериев качества и др.

Еще в 1996 г. моделирование литейных процессов было недоступно для технологов-литейщиков из-за отсутствия на предприятии программ и компьютерной техники. Но сегодня УГМет НПО "Сатурн" - одно из немногих подразделений предприятий России, которое внедряет прогрессивные методы компьютерного анализа чрезвычайно сложных литейных процессов. Работа в данном направлении позволила выполнить анализ дальнейшего развития в области моделирования литейных процессов. Так, математические модели из системы Unigraphics передаются в САМ ЛП "Полигон" в виде конечных элементов, созданных модулем GFEM PLUS системы Unigraphics. Однако данный модуль не позволяет генерировать сетку конечных элементов сложных моделей (лопаток и т. п.), что накладывает некоторые ограничения в использовании программы. В САМ ЛП "Полигон" невозможно учесть передачу тепла излучением 3D моделей, выполнить моделирование процессов заполнения с учетом охлаждения потока расплавленного металла, а также моделирование получаемой при затвердевании макроструктуры.

Проведенный анализ других систем моделирования литейных процессов показал, что такие системы, как ProCAST и Flow-3d, свободны от указанных недостатков, они позволяют проводить моделирование литейных процессов в полном объеме. ProCAST дает возможность моделировать формирование макроструктуры отливок, что важно при исследовании направленной кристаллизации и монокристаллитного литья. Flow-3d имитирует процессы заполнения формы с учетом охлаждения расплавленного металла. Это необходимо для моделирования литья в землю крупногабаритных стальных, чугунных, алюминиевых и магниевых отливок, которые начинают затвердевать ещё на стадии заполнения формы. Данные системы имеют возможность чтения математических моделей, сгенерированных системой Unigraphics. ProCAST осуществляет связь с форматом PARASOLID системы Unigraphics. Flow-3d позволяет читать файлы формата XTL. В настоящее время прорабатывается возможность приобретения данных программ.

Назрела необходимость в создании отдела моделирования литейных процессов, который позволит существенно сократить сроки освоения новых изделий, уменьшить расход дорогостоящих материалов и сплавов на литниково-питающие системы отливок путём их оптимизации, сократить производственный брак из-за скрытых пороков литья. Так, например, попадая в неизбежные в литейном деле литниково-питающие системы, свежий жаропрочный вакуумный сплав превращается в возврат, сдаваемый на металлургические заводы по цене 25 % от исходной, а 75 % стоимости сплава безвозвратно теряется. Это сильно влияет на себестоимость готовых изделий и вынуждает более внимательно подходить к оптимизации проектирования литейных форм и процессов литья на базе использования информационных технологий. На сегодняшний день успешное внедрение современных программ, моделирующих процессы литья и позволяющих выполнять соответствующие расчеты, является актуальным и принципиально новым направлением для НПО "Сатурн".

Развитие данного направления позволяет предприятию осуществлять литье деталей различных конфигураций (в частности - и по заказам инофирм), основанное на принципе "сквозной" технологии процесса, включающего в себя:

- моделирование в среде Unigraphics пресс-форм для выплавляемых моделей;
- изготовление оболочковых форм на роботизированной линии Drytech с использованием водных связующих;
- нанесение пленочных оболочек на модели, в том числе для получения тонкостенных сложно-фасонных отливок;
- удаление модельных масс из оболочковых форм в бойлерклаве;
- вакуумное литье сплавов с температурой плавления до 1800 °С;
- запресовка моделей на пресах фирмы Temcraft;
- проведение люминесцентной дефектоскопии отливок и спектрального анализа металлов и сплавов.

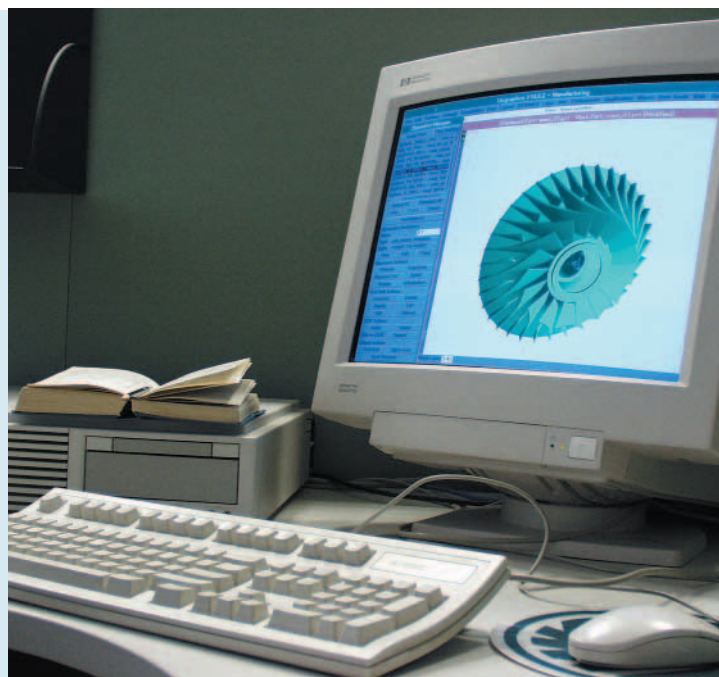
Сжатые сроки освоения снегоходной тематики потребовали точного и быстрого изготовления сложнопрофильных деталей из пластмасс, что привело к необходимости внедрения несколько иных технологий. Без применения прогрессивных информационных технологий реализация задуманных сроков запуска производства была бы невыполнима. Конструкторское бюро оснастки и приспособлений УГМет оснащено пятью компьютерами с программным обеспечением Unigraphics и AutoCad, имеет высококвалифицированный персонал и занимается проектированием приспособлений для технологий термообработки, гальваники, а также оснастки для изготовления изделий из резины.

Сегодня трудно представить проектирование штампов лопаток ПТД без использования вычислительной техники. Бюро приоритетного развития кузнечного производства, группа автоматизированного проектирования и конструкторское бюро штампов располагают 12 современными компьютерами, оснащенными программными комплексами пространственного моделирования. Проектирование штампов, штампов и доводка оснастки осуществляется по "сквозной" технологии.

Для моделирования процессов деформирования используется программная система анализа и проектирования процессов пластической деформации QFORM 2D. Данная программа позволяет оценить поведение металла при деформировании, в том числе температуру, напряжения, возникающие в детали и инструменте, образование дефектов и заполняемость гравюры штампа, накопленные деформации в металле для прогнозирования разрушения детали, а также необходимые усилия для выбора оборудования и материала штампа. Этого, впрочем, уже недостаточно для проектирования сложных деталей типа "лопатка". Планируется в ближайшее время приобрести систему типа DEFORM 3D, FORGE 2/3 или QFORM 3D для объемного моделирования процессов пластической деформации с использованием моделей лопаток и других деталей, спроектированных в системе Unigraphics. Внедрение объемных моделей, спроектированных в системе Unigraphics, позволяет создавать управляющие программы для обработки штампов или электродов на станках с ЧПУ. Это резко увеличивает точность изготовления штамповой оснастки (и, соответственно, штампов), значительно сокращая объем ручных работ.

Оснащение УГМет компьютерной техникой и программным обеспечением с внедрением компьютерной сети, обеспечивающей выход в сеть предприятия, принципиально изменило уровень инженерного труда и позволило сократить сроки подготовки производства на 30...50 %, сохраняя присущее предприятию высокое качество. Вместе с тем, задачи, которые стоят перед НПО "Сатурн", требуют дальнейшего совершенствования информационных технологий.

▲





# МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Александр Виноградов**, главный металлург ОАО "НПО "Сатурн"

В настоящее время в НПО "Сатурн" при изготовлении литых деталей по выплавляемым моделям применяются технологии начала восьмидесятых годов, которые уже не соответствуют современному уровню литейного производства и нуждаются в замене. Во-первых, они достаточно трудоемки, во-вторых, требуют значительных затрат материалов и электроэнергии, в-третьих, используемые технологические процессы фактически не автоматизированы. Кроме того, их применение приводит к тому, что в окружающую среду выбрасываются экологически вредные химические соединения, в состав которых входят аммиак и мочевина.

Перед металлургами НПО "Сатурн" была поставлена задача: на основе опыта передовых предприятий отобрать технологии, которые бы позволили с минимальными энергетическими и материальными затратами получать высокое качество сложных литых деталей. Трудность задачи заключалась в том, что изделия, изготавливаемые на нашем предприятии методом литья по выплавляемым моделям, по своим габаритным размерам и массе значительно отличаются друг от друга. Так, охлаждаемая лопатка соплового аппарата турбины ПД-2,5 имеет высоту 50 мм, а рабочая лопатка четвертой ступени ПД-110 - 760 мм.

Анализ литейного производства в России, проведенный специалистами УГМет в 1997-1998 гг., свидетельствует, что только два отечественных предприятия располагают технологиями, позволяющими решить наши задачи на уровне, близком к мировым стандартам. Это - совместное предприятие "Унитурбо" (Москва), созданное на базе акционерного общества "А. Люлька-Сатурн", и завод турбинных лопаток (Нарофоминск). Опираясь на опыт этих предприятий, а также используя современные зарубежные достижения в области литейного

производства, было решено внедрять и осваивать технологии, которые при изготовлении отливок предусматривают применение высокопроизводительного оборудования и экологически чистых материалов, что дает возможность получать детали с точно заданными размерами.



Литейное производство играет важную роль в деятельности НПО "Сатурн". Сегодня методом литья по выплавляемым моделям изготавливается порядка 60...70 % всей номенклатуры литых деталей, а в производстве газотурбинных двигателей этот показатель достигает отметки 90...95 %. Таким методом производятся охлаждаемые и неохлаждаемые рабочие лопатки турбины, сопловые лопатки и сопловые блоки турбины, детали камер сгорания и другие сложнофасонные изделия, к качеству которых предъявляются повышенные требования.

В 2000 г. нашим предприятием были приобретены и запущены в работу прессы типа "Эксперт-2012" и "Эксперт-2052" фирмы Temcraft (США). Это оборудование позволяет изготавливать модели размерами до 800x800 мм с объемом запрессовки до 5 дм<sup>3</sup>, задавать и поддерживать технологические параметры запрессовки (оптимальные температуру модельного состава, скорость и давление запрессовки и др.), гарантировать стабильность технологического процесса, контролировать возможные неисправности, значительно сократить трудоемкость. Уникальные прессы данного класса появились на мировом рынке только в середине 1999 г.

Кроме того, в этом году наше предприятие приобрело автоматический бойлерклав фирмы LBBД (Англия). Это оборудование предназначено для удаления модельных составов из керамических форм. Ранее модельные составы удалялись в горячей воде с обязательной последующей сушкой. Процесс был достаточно трудоемким и энергоемким. При использовании такой технологии качество выпускаемого изделия напрямую зависело от субъективного человеческого фактора. Внедрение бойлерклава позволило отказаться от промывки и одновременно дало возможность повысить качество оболочки форм, сократить технологический цикл примерно в 7...10 раз, значительно расширить габаритный диапазон обрабатываемых деталей. Так, с помощью установленного в одном из цехов литейного производства бойлерклава производится удаление модельного состава из форм высотой до 900 мм.

Совместно с фирмой Cosmos Consalting LTD разработано техническое задание по созданию и освоению в НПО "Сатурн" роботизированного комплекса, предназначенного для выпуска керамических форм с использованием водных связующих. Ввод в эксплуатацию этой линии существенно снизит вредность производства, повысит качество продукции и создаст основу для более эффективной организации литейного техпроцесса. Автоматизированный комплекс предусматривает изготовление керамических форм для таких крупногабаритных деталей, как блок лопаток четвертой ступени, масса которых достигает 70...80 кг.

Линия имеет высокую производительность: каждые 8 часов она способна выдавать 20 форм крупногабаритных деталей для всей номенклатуры выпускаемых изделий. Для сравнения - подобному оборудованию, установленному на АБВ и в Нарофоминске, для изготовления тех же 20 форм требуется трое суток. Кроме того, нарофоминская линия может наносить оболочку на деталь массой 50...70 кг, а наш комплекс согласно техническому заданию будет в состоянии работать с блоками массой до 120 кг. В результате, с вводом в эксплуатацию нового оборудования на НПО "Сатурн" с последним не сможет соперничать ни одно российское предприятие. В январе 2002 г. линия была запущена в эксплуатацию, на ней получены первые отливки. **▲**

# Новая технология регенерации формовочных материалов

Современные формовочные смеси, употребляемые при литье по выплавляемым моделям, весьма дороги (поскольку их материал должен обеспечивать возможность работы с жаропрочными литейными сплавами) и зачастую состоят из дефицитных материалов. По этим причинам регенерация материала оболочковых форм является одной из актуальных задач современного литейного производства.

ОАО "НПО "САТУРН": Валерий Варенцов, ведущий инженер; Юрий Почкарев, начальник бюро  
РГАТА: Виктор Борисов, к.т.н.; Анатолий Жуков, к.т.н.

Регенерация и повторное использование формовочных материалов - радикальный метод снижения себестоимости литья по выплавляемым моделям. Особенно актуальна экономия таких дефицитных и дорогостоящих материалов, как электрокорунд, циркон, дистен-силиманит. В настоящее время при литье по выплавляемым моделям масса повторно используемого материала составляет не более 5 % общего расхода. Это обусловлено отсутствием эффективных способов регенерации отработанных материалов. В связи со значительным повышением цен на исходные формовочные материалы, а также с повышением экологических требований проблема высокоэффективной регенерации отработанных керамических форм, выполненных на основе электрокорунда, приобретает особую важность. Используемый в промышленности способ химической регенерации электрокорундовых форм имеет ряд существенных недостатков: высокую трудоемкость, большие энергозатраты и занимаемую установками площадь, несоответствие современным требованиям экологии. Кроме того, при химической регенерации дистен-силиманит полностью теряется и уходит с пульпой в отвал.

Специалистами ОАО "НПО "САТУРН" совместно с кафедрой материаловедения и литейного производства Рыбинской государственной авиационной технологической академии (РГАТА) разработана высокоэффективная технология и промышленная установка пневморегенерации материала отработанных керамических форм, изготовленных на основе электрокорунда и дистен-силиманита. В отличие от известной схемы пневморегенерации, наряду с очисткой поверхности зерен электрокорунда от пленок связующего вещества осуществляется последующее разделение регенерата на две составляющие: зернистую фракцию с размером зерен от 0,1 до 0,63 мм и порошкообразную с размером частиц менее 20 мкм. Зернистая фракция представляет собой электрокорунд, а порошкообразная - дистен-силиманит. Такое разделение возможно благодаря использованию специально разработанного оригинального пневматического классификатора жалюзийного типа (патент СССР № 1733180. Открытия. Изобретения. 1992 г. № 18). Такое сочетание процессов пневморегенерации и сепарации позволило получать регенерат не только электрокорунда, но и дистен-силиманита.

Зерна электрокорунда, очищенные от пленок связующего, выводятся из воздушного потока в осадительной камере, откуда подаются в разгрузочный лоток с пневматическим классификатором. Регенерированный электрокорунд периодически выгружается в передвижную емкость. Воздушный поток, содержащий порошкообразную фракцию, передается системой вентиляции в два последовательно расположенных циклона: первый - для осаждения частиц с размерами до 0,1 мм, второй - для осаждения частиц с размерами менее 0,1 мм. Неосаждаемая пылевидная фракция вместе с воздухом удаляется цеховой вентиляционной системой. В ней происходит окончательная очистка воздуха в циклонах с водя-

ным орошением. Такой способ очистки обеспечивает выполнение нормативных требований по ПДК пылевидной фракции в воздухе, выбрасываемом в атмосферу.

Из данных лабораторного анализа видно, что суммарное содержание в регенерате фракций, рекомендуемых для обсыпки модельных блоков (0,63 и 0,5 мм), составляет 74,8 %. Это указывает на высокий технико-экономический уровень разработанного процесса регенерации керамических форм.

Анализ химического состава регенерата показывает, что электрокорунд после регенерации по химическому составу соответствует ОСТ 1.41722-78 и РТМ 1.4.1093-82. Поэтому он может ис-

Соответствие стандарта и регенерата				
Вид материала	Содержание, % по массе			
	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Исходное сырье (раздробленная крошка)	4,6	0,15	0,15	Остальное
Регенерированный электрокорунд	0,52	0,21	0,04	Остальное
Электрокорунд по РТМ 1.4.1093-82	0,8	0,3	0,3	Остальное

пользоваться для нанесения огнеупорного покрытия, начиная с третьего слоя, в соответствии с указаниями директивного технологического процесса. Качество очистки электрокорунда от связующей пленки можно оценить визуально по внешнему виду смеси.

Зерна свежего электрокорунда (рис. 1) имеют угловатую форму, поверхность их в основном гладкая и чистая. Крошка отработанных керамических форм (рис. 2), подлежащая регенерации, состоит из крупных и мелких зерен, поверхность которых покрыта пленкой связующего материала. Электрокорунд после пневматической регенерации (рис. 3) не содержит порошкообразной и пылевидной фракции. На поверхности зерен отсутствуют видимые остатки пленки. По сравнению со свежим электрокорундом зерна регенерированного имеют более равноосную "обкатанную" форму. Для сравнения на рис. 4 представлен электрокорунд после химической регенерации. На поверхности зерен видны остатки пленки связующего материала. Таким образом, проведенный электронно-микроскопический анализ подтвердил высокую эффективность предложенного способа пневматической регенерации крошки отработанных электрокорундовых форм, как по гранулометрическому составу, так и по степени (качеству) очистки поверхности зерен электрокорунда от инертных пленок связующего.

Анализ результатов позволил рекомендовать регенерированный дистен-силиманит к использованию в производстве для изготовления малоответственных отливок из углеродистых сталей, например, художественного литья, отливок ширпотреба и т.п.

Установки рассмотренного типа успешно эксплуатируются с 1991 г. Объем использованного регенерированного материала по отношению к свежему в 2000 г. составлял 32 %, а экономический эффект от использования регенерата в производстве в 2000 г. составил 132 тыс. руб.

Рис. 1. Свежий электрокорунд

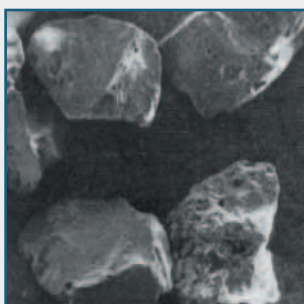


Рис. 2. Крошка отработанных керамических форм

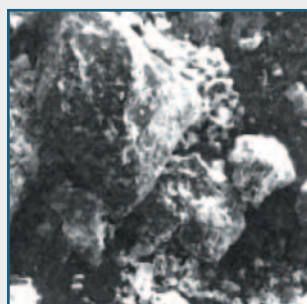


Рис. 3. Электрокорунд после пневматической регенерации

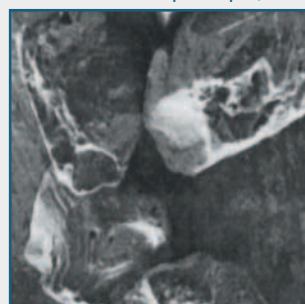
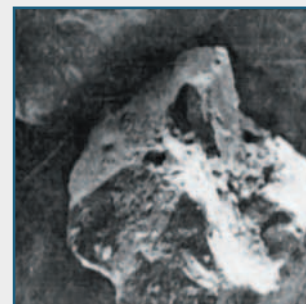
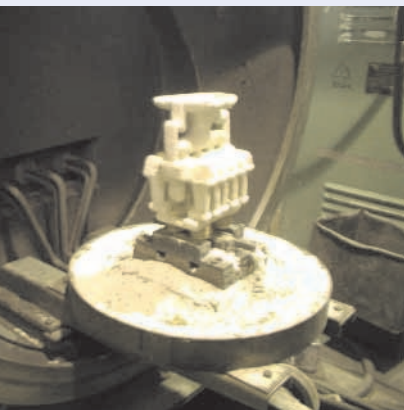


Рис. 4. Электрокорунд после химической регенерации



# КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Юрий Калюкин, заместитель главного металлурга ОАО "НПО "Сатурн"



Используемые в настоящее время методы направленной кристаллизации лопаток авиационных газотурбинных двигателей связаны с нагревом формы перед заливкой до температуры на 150...200 °С выше ликвидуса сплава.

В широко известных вакуумных плавильно-заливочных установках используют тепловой узел с графитовой нагревательной оснасткой и перемещают форму сверху вниз в зону охлаждения. При этом технологический цикл для лопаток длиной до 130 мм составляет 1,5...2 часа. Структура лопаток состоит из нескольких достаточно крупных зерен с произвольной кристаллографической ориентацией. Для обеспечения стабильного технологического процесса необходимо использовать автоматизированные средства управления скоростью перемещения формы относительно зоны нагрева, а для получения заданной ориентации приходится использовать специальные затравки. Все это представляет определенные технологические трудности и предопределяет высокую стоимость литых лопаток с направленной структурой.

Специалистами ОАО "НПО "Сатурн" разработан способ направленной кристаллизации в формах, нагретых перед заливкой жаропрочного сплава до температуры 900...1000 °С. Данный способ используется для изготовления лопаток с ориентированной структурой высотой до 100...130 мм. Массивная литейная форма с открытым дном, нагретая до температуры на 300...400 °С ниже области солидуса сплава устанавливается на медный охлаждаемый водой двух- или трехсекционный кристаллизатор, каждая из секций которого является электродом цепи переменного тока. Полости литейной формы соединены верхним литниковым каналом, обеспечивающим наряду с заполнением создание электрического контакта между электродами-кристаллизаторами. После заполнения формы сплавом по отливке протекает электрический ток и поддерживает расплав в жидком состоянии даже в зоне контакта отливка-кристаллизатор, что подтверждено замером температуры с помощью термопары.

В процессе выдержки расплава в форме при температуре на 150...200 °С (1500...1650 °С для сплава ЖС6У) выше области ликвидуса сплава происходит прогрев формы в прилегающей к отливке области до температуры расплава. При прохождении тока через отливку выделение тепла по объему идет неравномерно и зависит от вида эпюры площади поперечного сечения лопатки в направлении ее оси. Однако в результате конвекции температура сплава выравнивается во всем объеме лопатки, включая и прибыльно-литниковую систему. Поддержание металла в жидком состоянии на поверхности медного водоохлаждаемого кристаллизатора обеспечивает надежный электрический контакт при напряжении порядка 2...5 В и силе тока 1000...8000 А (в зависимости от количества лопаток в блоке).

Одновременно происходит неравномерный прогрев массивной литейной формы. Верхняя часть разогревается сильнее нижней в результате действия медного водоохлаждаемого кристаллизатора. После прогрева формы до заданной температуры отключается электрический ток. Жидкий ме-

талл в форме перестает двигаться, в том числе и в зоне контакта с кристаллизатором. В результате конкурентного отбора кристаллов в зоне контакта с кристаллизатором образуется мелкодендритная направленная кристаллическая структура с ориентацией [001]. Происходит это из-за физического свойства сплава, которые имеют наибольшую теплопроводность именно в этом кристаллографическом направлении. Форма снимается с кристаллизатора после выдержки в течение 10-20 мин (в зависимости от высоты лопатки).

Описанная технологическая схема реализована на модернизированной вакуумной плавильно-заливочной установке УППФ-1АМ. На рисунке в заголовке статьи показан кристаллизационный модуль установки УППФ-1АМ, содержащий литейную форму, установленную на кристаллизаторы-электроды. Цикл работы установки не превышает одного часа.

На рисунке, приведенном в центре, показана макроструктура охлаждаемой лопатки первой ступени ГТД высотой 100 мм. Лопатки, отлитые из сплава ЖС6УВИ, имеют четкую мелкокристаллическую направленную структуру, при этом выхода зерна на кромку пера не наблюдается. При литье применяют обычные, пригодные для равноосного литья корундовые формы на дистенсиллиманите без добавок алюминиевого порошка АСД-4, который используют в типовой технологии литья методом направленной кристаллизации.

По новой методике была отлита партия образцов из сплава ЖС6У, которая затем прошла стандартные испытания механических свойств с результатами, представленными в таблице.

Достаточно высокий уровень механических свойств образцов и характер макроструктуры лопаток подтверждает работоспособность описанного метода направленной кристаллизации в "холодных" формах на типовом оборудовании для вакуумного жаропрочного литья при его незначительной модернизации.

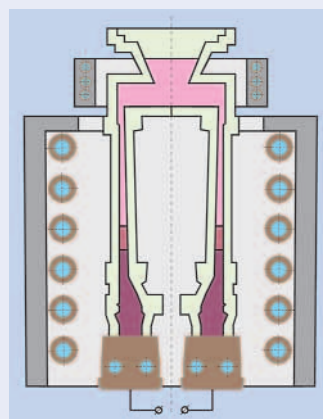
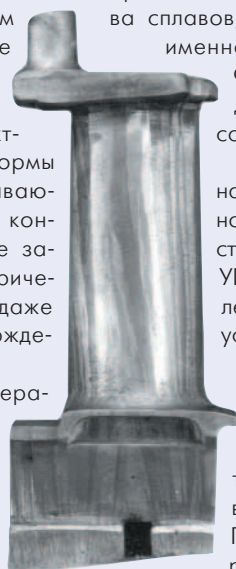
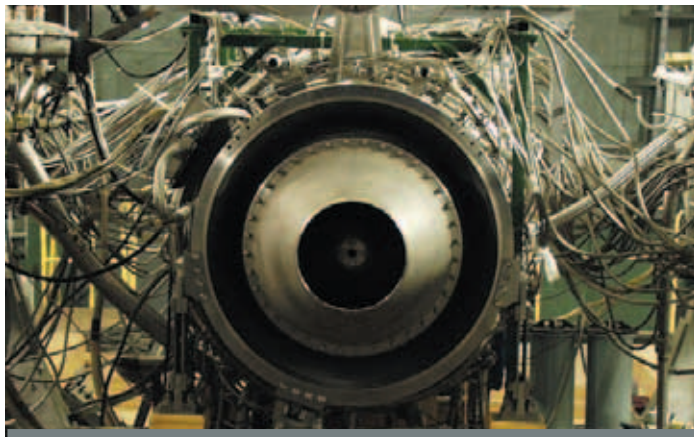


Схема устройства для направленной кристаллизации

Механические свойства образцов из сплава ЖС6У			
Сопrotивление усталостному разрушению $s_1$ ( $1 \cdot 10^7$ ), МПа		270 (при 20 °С)	330 (при 900 °С)
Кратковременная прочность	Температура испытания, °С	20	900
	Напряжение $\sigma_B$ , МПа	1020	860
	Относительное удлинение $\delta$ , %	8	8,5
	Относительное сужение сечения $\psi$ , %	10	13
Длительная прочность	Температура испытания, °С	975	-
	Напряжение $\sigma_B$ , МПа	260	-
	Время до разрушения, ч	40	-



## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ИСПЫТАНИЙ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

**Николай Севрюгин**, начальник участка АСУПП ОАО "НПО "Сатурн", к.т.н.

Одним из новых направлений в работе испытательного корпуса НПО "Сатурн" является подготовка к серийным испытаниям газотурбинного двигателя ГТД-4РМ, предназначенного для нужд газовой промышленности. Руководство, технические и вспомогательные службы со всей ответственностью относятся к проведению намеченных испытаний, учитывают современные требования к производству и внедряют передовые достижения науки, техники и технологии.

Важнейшей системой, обеспечивающей качество испытательного процесса, является система контроля. В числе требований ОСТ 1 01021-93, которые распространяются и на испытания ГТД наземного применения, есть условие обязательного применения средств автоматизации контроля.

При проектировании и разработке автоматизированной системы контроля испытаний (АСКИ) большое внимание было уделено технико-экономической стороне вопроса. Рассматривались варианты сотрудничества с различными фирмами, причем как российскими, так и зарубежными. После анализа предложений в качестве основного партнера при создании и внедрении АСКИ ГТД-4РМ было выбрано российское научно-производственное предприятие "Мера" (г. Королев, Московская обл.).

Погрешности измерений АСКИ минимальны в том случае, если все компоненты измерительного канала имеют невысокие погрешности измерений. Как правило, основная погрешность измерительного канала определяется погрешностями первичных датчиков-преобразователей. Проведенный анализ показал, что требуемую точность измерения давлений обеспечивают датчики "Сап-фир-22М", выпускаемые ЗАО "Метран" (Челябинск) и имеющие класс точности 0,5. При использовании индивидуальной тарировки каждого датчика погрешность измерения может быть дополнительно уменьшена в 2...4 раза. Немаловажным достоинством этих преобразователей является то, что они изготавливаются во взрывозащищенном варианте, а это - одно из требований при работе со взрывоопасными газами. Основным критерием выбора датчиков данного типа и предприятия-изготовителя явилось соотношение цен и функциональных возможностей первичных преобразователей. Следует отметить, что при схожих параметрах приборов, цены, установленные ЗАО "Метран", ниже цен московского предприятия "Манометр". В то же время, характеристики датчиков английской фирмы Druck существенно превосходят показатели российских датчиков, однако их цена настолько высока, что практически смысл их применения теряется. Для достижения одинаковой точности дешевле будет, к примеру, осуществить дублирование каналов, или производить многократное измерение параметров с последующей статистической обработкой.

Следующее основное звено измерительных каналов АСКИ - вторичные преобразователи или, пользуясь другим термином, устройства сопряжения с объектом (УСО). В качестве УСО выбран комплекс МІС-400, зарегистрированный в Реестре Системы сертификации средств измерений под № 990170002. Производство указанного комплекса осуществляет НПП "Мера". В состав МІС-400 входит компьютерная плата, обеспечивающая ввод параметров с модулей, первичную обработку в соответствии с ГОСТ 8.207-76 и передачу данных для последующей обработки. В АСКИ ГТД-4РМ используется четыре комплекса МІС-400, поскольку количество измерительных каналов АСКИ превышает возможности одного МІС-400 по каналности. Для обеспечения требований по скорости обработки данных и их наглядного представления и документирования АСКИ разбита на две подсистемы: сбора данных и визуализации.

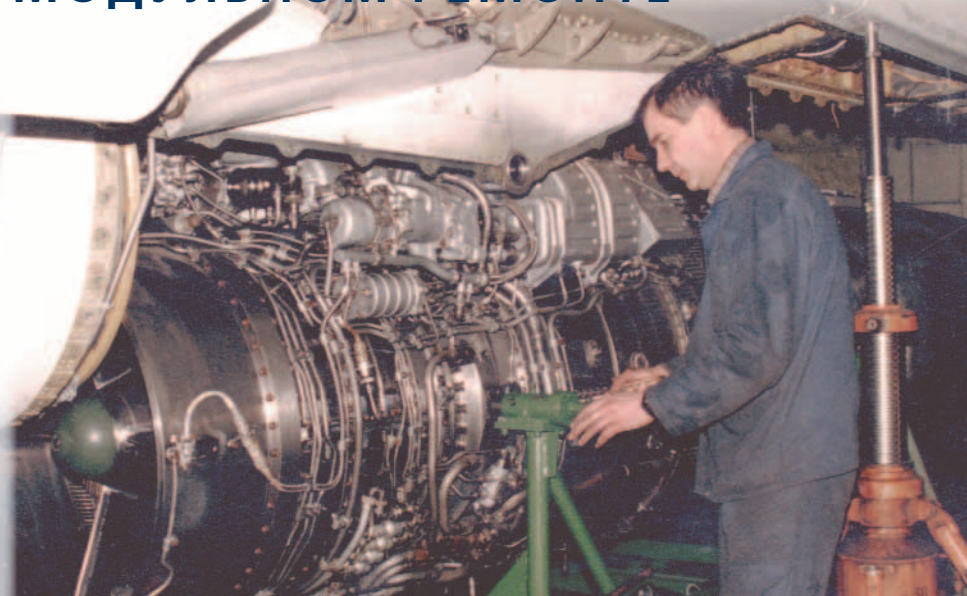
Подсистема визуализации включает два персональных компьютера, выполненных на базе промышленного шасси типа ІРС 610. Один компьютер обеспечивает наглядное представление данных, а второй - их документирование. При этом в ходе испытаний на втором рабочем месте можно строить графические зависимости, характеризующие быстропеременные режимы работы двигателя, получать виброхарактеристики и спектральные характеристики изделия в следящем режиме, а также получать необходимую справочную информацию.

Разработанная АСКИ в своем составе имеет телевизионную установку с четырьмя телекамерами и мониторами для визуального контроля за состоянием двигателя и положением механических указателей (лимбов углов поворота лопаток). Решается вопрос о записи видеоизображения в память компьютеров для последующего анализа работы изделия. Для полноценного визуального контроля с помощью телекамер предусмотрено обеспечение достаточной освещенности испытательного бокса. С этой целью в испытательном боксе установлено 38 ламп дневного света мощностью 125 Вт каждая. Помимо контролирующей подсистемы АСКИ в своем составе имеет модули, обеспечивающие управление дискретными переключателями. Благодаря этому АСКИ может взять на себя часть функций управления, уменьшив тем самым влияние субъективного фактора на процесс испытаний.

Подключение АСКИ ГТД-4РМ к корпоративной сети предприятия позволит обеспечить все заинтересованные службы необходимой информацией практически в режиме реального времени, при этом специалисты соответствующих служб могут находиться на своих рабочих местах, а не на испытательном стенде. В целом внедрение данной установки, как ожидается, принесет предприятию значительный экономический эффект и положительно повлияет на качество выпускаемой продукции. Результаты первого испытания вселяют уверенность в обоснованности этого ожидания.

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ СООСНОСТИ ОПОР РОТОРОВ ГТД ПРИ МОДУЛЬНОМ РЕМОНТЕ

Высокое качество изготовления и ремонта отдельных деталей, узлов и агрегатов двигателя является важнейшей предпосылкой его безотказной работы в пределах установленного ресурса. Однако именно на этапе сборки двигателя выполняются технологические операции, определяющим образом влияющие на степень реализации заложенных в нем функциональных характеристик и показателей надежности.



ЗАО "ЦВНТ ЦИАМ": Владимир Алексеев, Владимир Буковский, Валентин Колосов

ОАО "ММП им. В.В. Чернышева": Владимир Панов

Одной из главных задач сборки авиационного газотурбинного двигателя является обеспечение соосности всех опор роторов относительно друг друга и в целом вдоль всей базовой оси двигателя, а также необходимых значений осевых и радиальных зазоров между деталями ротора и статора двигателя. Соосностью опор роторов газотурбинного двигателя называют такое взаимное расположение базовой оси двигателя и осей посадочных поверхностей подшипников опор, при котором отсутствуют их угловые или параллельные смещения относительно друг друга. Рассмотрим проблему обеспечения соосности только посадочных мест подшипников в опорах роторов двигателя. При этом предположим, что подшипники в опорах устанавливаются без перекоса колец. Также считаем, что ротор изготовлен в соответствии с требованиями чертежа, обеспечивающими необходимую соосность между его цапфами.

Наиболее остро проблема обеспечения соосности опор роторов двигателя встает при проведении модульного ремонта. При таком ремонте двигатель, как правило, разбирается не полностью, а только до места, где локализуется дефект. В этом

случае обычно производится замена отдельных деталей, узлов или модулей. Выполнение такого восстановительного ремонта возможно на месте базирования летательного аппарата, а не только в заводских условиях. Но целесообразность выбранного объема восстановительных работ, как и выбор места их проведения, определяются во многом применяемыми способами контроля и обеспечения соосности опор роторов двигателя.

Для того, чтобы правильно ориентироваться в разнообразных способах сборки двигателя, необходимо установить причинно-следственные связи возникновения несоосности опор его роторов и выбрать метод ее устранения, а таковых на сегодняшний день известно немало. Конкретный выбор тех или иных методов определяется конструктивной схемой и техническим состоянием двигателя, а также целями и задачами проводимых работ.

Несоосность опор ротора ГТД при принятых нами допущениях о соответствии ротора двигателя и его подшипников чертежу может возникнуть по следующим причинам:

- несоответствие конструктивных параметров узлов и агрегатов статора двигателя требованиям чертежа;

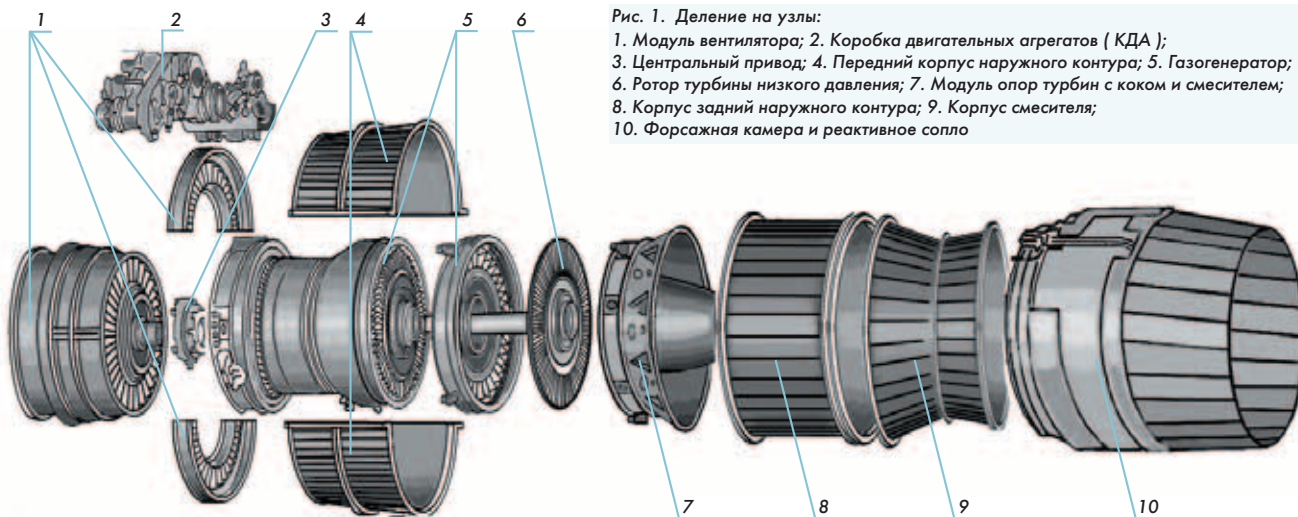


Рис. 1. Деление на узлы:

1. Модуль вентилятора; 2. Коробка двигательных агрегатов ( КДА );
3. Центральный привод; 4. Передний корпус наружного контура; 5. Газогенератор;
6. Ротор турбины низкого давления; 7. Модуль опор турбин с коком и смесителем;
8. Корпус задний наружного контура; 9. Корпус смесителя;
10. Форсажная камера и реактивное сопло



- выход за допустимые значения суммарной погрешности конструктивных параметров составных частей корпуса двигателя при его сборке;

- деформация составных частей двигателя в процессе его эксплуатации.

На каждом конкретном двигателе (даже среди двигателей одного и того же типа) причины несоосности могут быть различными.

Частичная разборка двигателя, даже модульной конструкции, требует выполнения отдельных технологических операций, гарантирующих сохранение соосности опор его роторов в пределах, установленных техническими нормами. Отдельные, наиболее значимые способы обеспечения соосности опор роторов при частичной разборке и сборке можно рассмотреть на примере двигателя типа РД-33, наиболее характерного представителя двухконтурных двигателей модульной конструкции.

На рис. 1 приведена схема условного деления двигателя на отдельные узлы и модули, каждый из которых может быть демонтирован и подвергнут капитальному ремонту в условиях специализированного ремонтного предприятия. Кроме того, разборка двигателя для демонтажа поврежденного узла (модуля) и последующая его сборка с отремонтированным модулем может быть выполнена в региональном центре восстановительного ремонта двигателей или даже непосредственно в эксплуатирующей организации.

Существует детальное описание различных способов обеспечения соосности опор роторов двигателя для большого количества возможных сочетаний замены узлов. Но, к сожалению, далеко не всех. Необходимость разработки новых способов была обусловлена отсутствием технологий обеспечения соосности опор роторов двигателя в процессе его частичной разборки и сборки для замены на двигателе одного из следующих узлов:

- переднего корпуса вентилятора;
- корпуса опор двигателя;
- камеры сгорания;
- модуля камеры сгорания (КС) с сопловым аппаратом (СА) турбины высокого давления (ТВД);
- соплового аппарата турбины высокого давления;
- рабочего колеса турбины высокого давления;
- ротора турбины низкого давления (ТНД);
- соплового аппарата турбины низкого давления.

При замене любого из перечисленных узлов первоначально снимаются модули, обеспечивающие доступ к модулю опор турбин с коком и смесителем.

Замена модуля опор турбин с коком и смесителем осуществляется без проверки его соосности относительно базовой оси двигателя. Конструктивно такая возможность обеспечивается тем, что призонные отверстия в модуле опор турбин с коком и смесителем выполнены соосно с корпусом подшипника опоры. При сборке остальных корпусов статора в обязательном порядке необходимо контролировать их положение относительно базовой оси двигателя.

В том случае, когда разборка и сборка двигателя производятся без демонтажа модуля вентилятора, положение базовой оси двигателя задается с помощью технологической оправки, выполненной в виде осесимметричного вала соответствующей длины и жестко закрепленной одним концом в вале ротора вентилятора. Технологическая оправка центрируется в шлицах передней и задней цапф ротора вентилятора. При вращении ротора вентилятора величина радиального смещения оси вращения технологической оправки относительно оси, проходящей через центры опор ротора вентилятора (принимаемых за базовые), зависит от величины люфтов в подшипниках опор. С практической точки зрения при частичной разборке и сборке двигателя этими люфтами можно пренебречь. Относительно технологической оправки, установленной в роторе вентилятора, можно определить соосность практически всех корпусов статора двигателя.

При снятии и последующей установке соплового аппарата турбины низкого давления необходимо обеспечить выполнение технических требований по:

- радиальному смещению соплового аппарата турбины низкого давления относительно базовой оси двигателя;
- углу наклона заднего фланца соплового аппарата турбины низкого давления относительно базовой оси двигателя.

Особенностью установки соплового аппарата ТНД является необходимость проверки его соосности после затяжки болтов крепления.

Трудности, возникающие при сборке высокоточных машин, кроются не только в особенностях компоновки собираемых деталей, но и в сложности деформационной схемы, возникающей при силовом замыкании сопрягаемых элементов конструкции. Поэтому окончательный контроль производится после затяжки болтов. В случае несоответствия результатов контроля требованиям технических условий технологическую операцию обеспечения соосности приходится повторять. Следовательно, эта операция требует высокой квалификации исполнителей.

Технологические операции обеспечения соосности замыкающего звена (которым является корпус пятой опоры) выполняются во всех случаях с особой тщательностью и при строгом соблюдении требований нормативно-технической документации.

Правильность монтажа модуля камеры сгорания с сопловым аппаратом турбины высокого давления также оказывает влияние на соосность опор ротора двигателя. При сборке необходимо обеспечить требуемую величину окружного зазора между валом ротора газогенератора и внутренней поверхностью сотового уплотнения соплового аппарата ТВД. Для этого предварительно фиксируется ротор газогенератора относительно соплового аппарата ТВД с использованием технологической оснастки, обеспечивающей равномерный окружной зазор между валом ротора газогенератора и внутренней по-

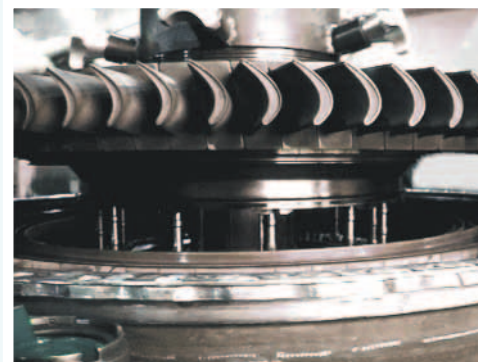
Место проверки радиального зазора между лабиринтами вала газогенератора и сотовым уплотнением СА ТВД



Подготовка соплового аппарата ТНД к монтажу ротора турбины низкого давления



Монтаж рабочего колеса ТВД



верхностью сотового уплотнения соплового аппарата. Далее, путем смещения соплового аппарата ТВД достигается необходимая соосность ротора газогенератора и оси вращения технологической оправки. После выполнения требований по соосности ротора газогенератора и соплового аппарата ТВД модуль камеры сгорания закрепляется в выставленном положении.

В случаях, когда нет необходимости выставлять сопловой аппарат ТВД относительно ротора газогенератора, его радиальное и угловое смещение можно оставить таким, как и перед демонтажем. С этой целью перед разборкой двигателя необходимо определить фактические значения параметров его соосности относительно технологической оправки.

При необходимости замены дефектного соплового аппарата ТНД новым или отремонтированным требуется провести последовательное обеспечение соответствия соосности сопловых аппаратов ТВД и ТНД требованиям нормативно-технической документации. Окончательный вывод об обеспечении соосности пятой опоры после установки нового модуля камеры сгорания с сопловым аппаратом ТВД делается по результатам контроля радиальных и угловых смещений соплового аппарата ТНД относительно базовой оси двигателя. Для этого используется планшайба, устанавливаемая на задний фланец соплового аппарата ТНД, и указанная выше технологическая оправка, относительно которой и определяется угловое смещение соплового аппарата ТНД. При неудовлетворительных результатах контроля не исключается возможность окружного разворота плоской регулировочной планшайбы или подбора новой шайбы. Косвенной оценкой правильности обеспечения соосности роторов и элементов статора дополнительно служит отсутствие касания роторов о статорную часть при контрольном прокручивании роторов.

Если вентилятор не демонтируется с корпуса опор двигателя, то его можно использовать в качестве базового элемента, относительно которого обеспечивается соосность остальных опор ротора двигателя. При демонтаже вентилятора, его разборке и сборке базовым элементом является монтажный вал, а вентилятор представляет собой самостоятельный независимый модуль. Разборка, сборка и контроль соосности опор ротора вентилятора представляют собой самостоятельные технологические операции, принципиально не связанные со сборкой и контролем соосности двигателя в целом. Соосность вентилятора с другими агрегатами и узлами двигателя достигается при тщательном соблюдении требований, предъявляемых к процессам изготовления и сборки как его узлов, так и корпуса опор ротора двигателя.



**Затяжка гаек стяжных болтов с измерением величины их удлинения**

Контроль и обеспечение соосности опор ротора вентилятора производится с использованием специального стапеля. Накопленный опыт эксплуатации и ремонта двигателей типа РД-33 свидетельствует о том, что иногда возникает необходимость переднего корпуса вентилятора. При отсутствии специального стапеля для сборки вентилятора возможна замена переднего корпуса с использованием технологической оправки.

С этой целью необходимо демонтировать турбину низкого давления и установить на корпус соплового аппарата ТНД планшайбу, а в ротор вентилятора вставить технологическую оправку, после чего произве-

сти измерение фактического значения торцевого биения поверхности планшайбы относительно переднего корпуса вентилятора.

После установки нового (отремонтированного) переднего корпуса следует выполнить аналогичные замеры. Если результаты измерений, выполненных после замены переднего корпуса, не превышают полученных при разборке, то двигатель с вновь установленным корпусом может быть допущен к дальнейшей эксплуатации.

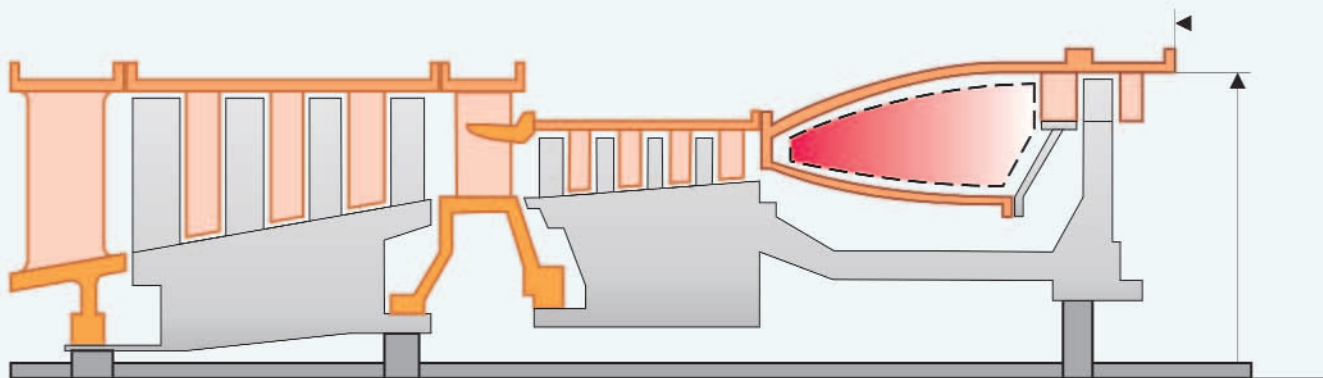
Разработка новых способов обеспечения соосности опор роторов двигателя при замене модуля камеры сгорания и соплового аппарата турбины высокого давления, отдельно соплового аппарата турбины высокого давления, соплового аппарата турбины низкого давления, а также переднего корпуса вентилятора произведена в Центре внедрения новых технологий Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦВНТ ЦИАМ). Экспериментальные исследования по отработке новых способов обеспечения соосности были выполнены на пяти двигателях типа РД-33.

Результаты проведенных экспериментальных исследований со снятием виброхарактеристик отремонтированных двигателей подтвердили целесообразность и допустимость практического использования новых способов обеспечения соосности опор роторов при модульном ремонте двигателей. Использование предлагаемых способов дает возможность осуществлять часть работ по восстановлению исправности двигателя в условиях эксплуатирующей организации или специализированных центров войскового ремонта. При этом капитальный ремонт демонтированных деталей, узлов, агрегатов, а также двигателя в целом должен выполняться на соответствующих ремонтных предприятиях.

Данная статья не претендует на рассмотрение всего комплекса проблем, связанных с модульным ремонтом двигателя, его частичной разборкой и сборкой. Здесь рассмотрена лишь основная технологическая проблема, влияющая на показатели надежности и функциональное состояние двигателя при выполнении модульного ремонта.



**Схема замера биений по СА ТНД относительно оси вращения ротора вентилятора**



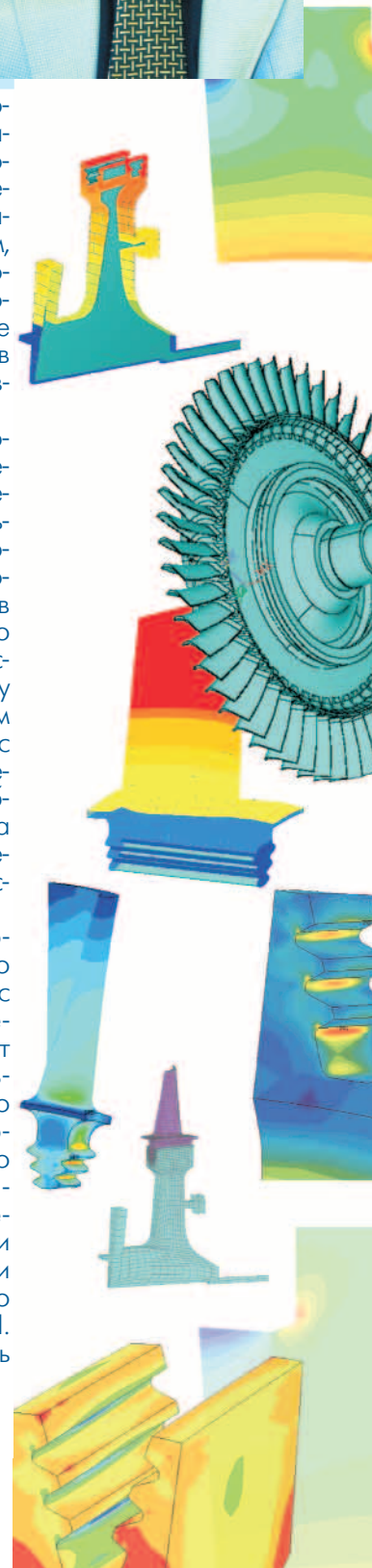
Редакция журнала "Двигатель" поздравляет:

# Каблова Евгения Николаевича

Не каждому дано ощутить себя творцом или хотя бы современником выдающейся творческой личности, еще реже - понимать, что ты его соратник, идешь с ним одной дорогой и в одном направлении. Обычно, все это - удел мемуаристов, описывающих события настолько давно минувших дней, что даже сами их участники не смогут уверенно подтвердить или опровергнуть автора. Нашему журналу в этом смысле повезло. Еще при подготовке первого номера (а было это почти в конце прошлого века, но не достаточно давно, чтобы нас не могли поймать на слове), когда мы из наиболее деятельных и прогрессивных двигателистов России подбирали команду своего Редакционного Совета, дал согласие участвовать в нем генеральный директор ВИАМ, профессор, доктор наук, член-корреспондент РАН, член президентского Совета по науке и высоким технологиям, лауреат большинства самых престижных наград и премий Евгений Николаевич Каблов. Это именно тот человек, который, став в 1996 году руководителем одного из самых крупных и, к сожалению, одним из наиболее плохо финансируемых к тому времени авиационных научных центров, в кратчайший срок вернул ему былую славу, сделав, пожалуй, перспективнейшим из всех "гигантов" отечественной авиакосмической отрасли.

И с самого первого номера, который открылся статьей, объединяющей мнения большинства членов нашего Редсовета, в том числе и Евгения Николаевича, мы считаем Каблова одним из наших наиболее последовательных коллег, а вопросы материаловедения - одной из центральных тем "Двигателя". Нет нужды скрывать, что, поздравляя Евгения Николаевича с 50-летним юбилеем, редакция надеется на то, что среди множества важных и нужных забот он уложит-таки момент, и напишет нам в журнал о том, чему посвятил практически всю свою столь плодотворную деятельность. У нас общие цели: в постоянно меняющихся российских условиях поддерживаем отечественную промышленность и науку. Поэтому было бы крайним упущением с нашей стороны не попытаться под видом юбилейного поздравления заручиться обязательством сотрудничества с одним из виднейших отечественных реально работающих ученых-материаловедов, автора более 100 научных трудов и монографий в этой области. Наша авиационная промышленность в немалой степени обязана Евгению Николаевичу возможностью производить лучшие в мире истребители Су-27, являющиеся чуть ли не единственным объектом нашего экспорта в области высоких технологий.

Придумать на самом деле можно все. Не все возможно воплотить: дьявол, как говорится, прячется в мелочах. И только правильное понимание технологии, грамотное обращение с имеющимся в распоряжении материалом, знание законов поведения конструкции в различных эксплуатационных условиях дают возможность воплотить мечту в реальность. Это основной принцип нашего журнала: считаем крайне важным, чтобы те, кто работает в сфере реального российского производства, имели возможность общения с наиболее передовыми учеными, самыми деятельными руководителями, прогрессивнейшими администраторами России. И именно во всех этих ипостасях мы знаем Е.Н. Каблова. А значит - судьба - работать нам вместе и впредь.



Далекое детство, 1969 год, детский сад неподалеку от аэродрома Шереметьево. Детишки гуляют, вдруг над головой - мощный рев турбин: медленно и величаво на небольшой высоте проплывает невиданный ранее самолет, похожий на иллюстрацию к фантастическому фильму о будущем, - Ту-144. В то время первый в мире сверхзвуковой пассажирский лайнер выполнял серию испытательных полетов. Автор не мог тогда и подумать, что когда-нибудь будет работать на тех самых предприятиях, где создавали двигатели для этого, без преувеличения, чудо-самолета.

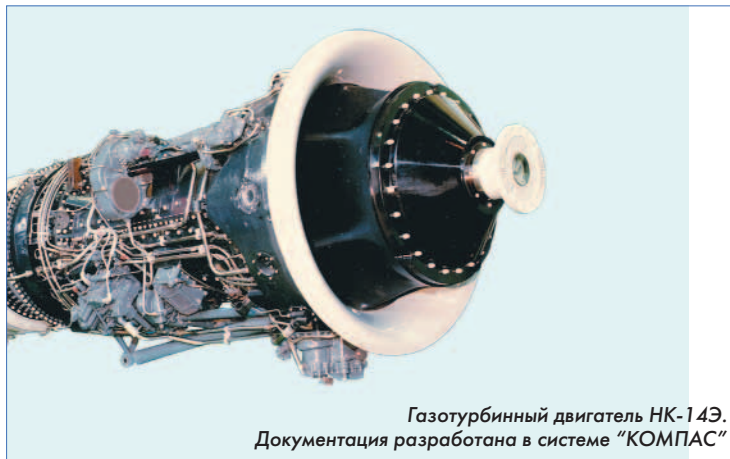


Виктор Моисеев, д.т.н., профессор

Электростанция АТГ-10 (документация разработана в системе "КОМПАС")

Тяжелая экономическая ситуация начала девяностых годов больно ударила по большинству самолетостроительных предприятий и заводов авиационного двигателестроения. Не миновала беда и Самарскую область. Напомним, что в 1941 г. в Куйбышев (ныне Самара) был эвакуирован ряд заводов наркомата авиапромышленности, а впоследствии здесь сложился мощный авиастроительный и ракетно-космический комплекс. Самарская область - одна из самых "авиакосмических" в нашей стране: достаточно назвать такие известные предприятия, как СНТК им. Н.Д. Кузнецова, Самарское КБ машиностроения (СКБМ), заводы "Моторостроитель" и "Авиаагрегат", ВКБ РКК "Энергия", "Авиакор" и другие.

Сегодня эти предприятия понемногу оживают и начинают выбираться из кризиса. Постепенно увеличивается портфель заказов. На некоторых предприятиях, ранее работавших практически только на оборону (как, например, ОАО "Авиаагрегат"), объем гражданской продукции теперь составляет около 80 %. Одним из приоритетных направлений в деятельности СНТК им. Н.Д. Кузнецова, СКБМ и ОАО "Моторостроитель" стало развитие энергетических и газоперекачивающих установок на основе газотурбинных двигателей. Этот рынок, как известно, сегодня очень привлекателен. Многие российские авиадвигательные компании предлагают на нем свои изделия и услуги. Конкуренция велика и впереди оказывается тот, кто сможет "раскрутить" свою турбину быстрее и с меньшими издержками.



Газотурбинный двигатель НК-14Э. Документация разработана в системе "КОМПАС"

## КАК "РАСКРУТИТЬ"

# ТУРБИНУ...

Вот тут-то на первый план и начинают выходить факторы ускоренной и притом качественной разработки и конструирования изделий, технологической подготовки производства. Руководители компаний уже осознали, что рывок вперед возможен только на основе внедрения в эти области деятельности современных компьютерных технологий. Однако осознать такую потребность - только полдела. Важнейшей задачей для предприятия становится выбор комплекса систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки (CAD/CAM), что весьма непросто, учитывая необходимость автоматизации давно созданного и функционирующего производства.

Для решения этих задач еще в 1996 г. была организована рабочая группа, в которую вошли представители конструкторских и технологических подразделений, отделов САПР АО "СНТК им. Н.Д. Кузнецова", ОАО "Моторостроитель", АО СКБМ, а также специалисты Самарского государственного авиационного университета (СГАУ). Группа определила следующие основные требования, которые предъявлялись к CAD/CAM системам:

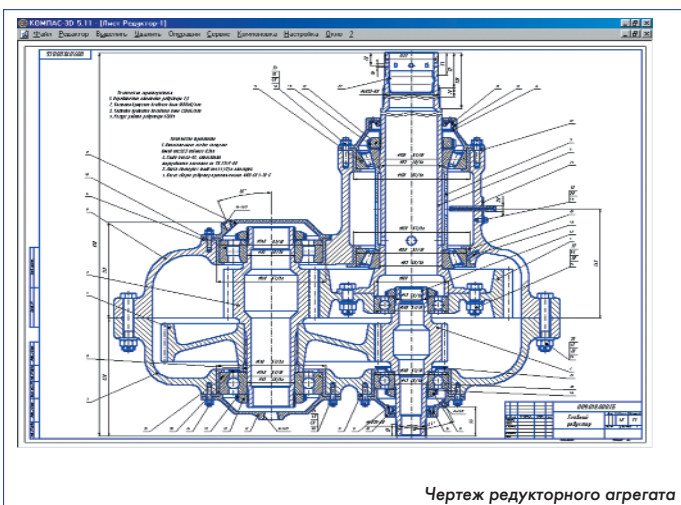
- легкость освоения;
- возможность работы на недорогой технике;
- полное соответствие выпускаемой документации требованиям ЕСКД и ЕСТПП;
- простота создания документации различных форм;
- удобство передачи данных в другие системы и получения их из других систем;
- наличие средств создания собственных разработок высокого уровня;
- возможность работы с внешними (распределенными) базами данных;
- хорошие перспективы развития системы (устойчивость фирмы-поставщика);
- оптимальная (приемлемая для массовой закупки) цена в расчете на одно рабочее место.

Одним из основных критериев при выборе системы была возможность ее массового внедрения, а также обеспечение безболезненного перехода всех категорий инженерно-технических работников от кульмана к компьютеру. На предприятиях понимали, что главной проблемой при освоении новых методов проектирования будет психологический барьер, особенно у сотрудников среднего и старшего возраста, а ведь именно они владеют уникальными знаниями и опытом.

Кроме того, у "компьютерчиков" было понимание, что система, выбираемая в качестве базовой, должна обеспечивать решение 80...85 % задач проектирования, разработки и выпуска документации. Остальные 15...20 % отводились на системы "тяжелого уровня", речь о которых пойдет далее.

Решение пришло далеко не сразу. Рассматривались и изучались возможности нескольких систем - AutoCad, ADEM, DIACAD, "КОМПАС-График" и "КАСКАД" (напомним, что речь идет о 1996 г. и, соответственно, о DOS-версиях программного обеспечения). Каждая из этих систем обладала своими достоинствами и недостатками. Однако по совокупности качеств и их соответствию предъявляемым требованиям был выбран программный комплекс "КОМПАС-График" российской компании АСКОН. И последующие пять лет работы с системой показали, что выбор сделан верно.

А.В. Федосов - главный конструктор СКБ ОАО "Моторостроитель": "Основное направление нашей деятельности - доработка и передача в серийное производство газоперекачивающих агрегатов. Начали мы с двумерного проектирования в системе "КОМПАС-График" для WINDOWS, а теперь постепенно осваиваем и трехмерный модуль. Существенным подспорьем было проведение обучения наших специалистов на местах силами компании "АСКОН-Самара". Наше КБ автоматизировано полностью, у нас 15 рабочих мест, оснащенных системой "КОМПАС". Документацию на новые изделия мы полностью ведем на компьютерах и постепенно переводим в электронный архив "КОМПАС-Менеджер" старые бумажные чертежи и другие документы. Новые сложные изделия и сборки, такие как лопатки турбин, крупные узлы двигателя, мы создаем в системе Unigraphics для решения технологических задач. В частности, для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ планируем использовать Cimatron, большой опыт работы с которым накоплен на нашем предприятии".



Чертеж редукторного агрегата

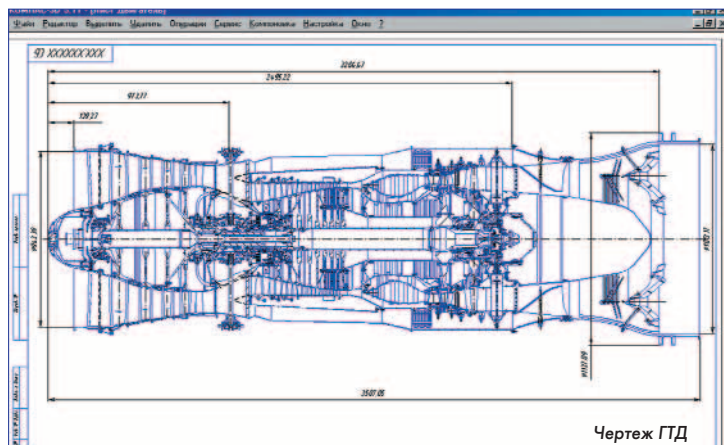
Чрезвычайно важно найти оптимальное соотношение "цена/качество" для оснащения конструкторско-технологических служб системами автоматизированного проектирования. Действительно, до настоящего времени в России не появилось отечественных программных продуктов уровня Unigraphics, CATIA, PRO/E или других, подобных им, поэтому их нечем заменить при сложном проектировании. Однако пытаться применять такие системы на каждом рабочем месте совершенно не обязательно. Опыт предприятий, давно работающих с использованием САПР, показывает, что лишь 15...20 % проработок требуют применения систем "тяжелого класса" при проектировании. Все остальное успешно решается с помощью "легких" и "средних" САПР, к которым относится комплекс систем "КОМПАС". Именно так работают специалисты ФНПЦ ММП "Салют" (Москва), СКБМ (Курган), Ленинградского Металлического завода (Санкт-Петербург), НПО "Машпроект" (Николаев, Украина) и многих других. Руководство самарских двигателестроительных предприятий проводит грамотную и экономически обоснованную техническую политику в области информационных технологий, придерживаясь аналогичной точки зрения.

В.Н. Овчинников - генеральный директор АО СКБМ: "Сегодня очень важно быстро выходить на рынок с новыми изделиями. К сожалению, количество конструкторов у нас уменьшилось в три раза по сравнению с советскими временами, поэтому на оставшихся легли очень большие задачи, а сроки сильно сократились. Сегодня у нас более 30 рабочих мест системы "КОМПАС-График" (и мы считаем, что этого явно недостаточно). Система очень мощная, но при этом проста в изучении и использовании, она "закрывает" львиную долю всего объема проектирования в СКБМ. Для проектирования литейных деталей наиболее сложной конфигурации мы планируем применять Unigraphics, но выпуск всей конструкторской документации будет, как и прежде, вестись в системе "КОМПАС". Используя эту систему, мы подготовили к производству несколько машин: НК-14СТ мощностью 8 МВт и НК-14СТ-10 мощностью 10 МВт для газоперекачки и НК-14Э для энергетики".

В.Н. Дегтярев - главный технолог, Л.А. Волобоева - инженер-конструктор ОАО "Авиаагрегат": "Как и другие предприятия, наше акционерное общество очень сильно затронул кризис начала девяностых. Сегодня происходит смена поколений сотрудников и нам надо, во-первых, не потерять накопленный потенциал, и, во-вторых, переходить на новый уровень проектирования и производства. Сейчас примерно 30 % рабочих мест конструкторов оснащены системой "КОМПАС-График", этого очень мало. Мы рассчитываем постепенно переходить от двумерного проектирования к трехмерному в "КОМПАС-3D", одновременно увеличивая количество рабочих мест. Что касается технологических служб - 80 % программ (вся двухкоординатная фрезерная обработка) готовится с применением системы "КОМПАС-ЧПУ", еще 20 % (трехкоординатная) - с использованием системы "ГЕММА-3D". Мы также планируем внедрять у себя автоматизированную систему разработки техпроцессов. Сейчас мы начали работать с САПР ТП "КОМПАС-Автопроект". Она является составной частью комплексной программы автоматизации проектно-конструкторских и технологических работ, поставляемой под маркой "КОМПАС". В конце 2001 г. мы провели обучение группы специалистов-технологов работе с подсистемой "КОМПАС-Автопроект".

Ни одно предприятие, производящее технически сложную продукцию (в полной мере это касается двигателей), сегодня не работает в одиночку. Естественно, проблема передачи проектной документации при переходе на "компьютерное" конструирование становится актуальной, особенно, если внедрение программных средств проходит стихийно, без единого плана. Рабочая группа, о которой упоминалось выше, изучала и этот вопрос. Был сделан вывод о необходимости работы всех основных партнеров в единой системе проектирования. Кроме уже упоминавшихся, в число пользователей системы "КОМПАС" было предложено включить Винтаиский машиностроительный завод, завод "Металлист", Казанское моторостроительное производственное объединение.

Компьютеризация проектно-конструкторских работ - далеко не единственная задача. Большой проблемой остается автоматизация всего документооборота предприятия. В Росавиакосмосе вышел приказ за № 73, который регламентирует внедрение CALS-технологий



Чертеж ГТД

на предприятиях, входящих в эту структуру. Системы документооборота (PDM), CAD/CAM/CAE-системы являются составляющими частями большой программы. Компания "АСКОН" сотрудничает в этом направлении с ГНОЦ CALS-технологий (Москва) и имеет в своем штате специалистов, получивших сертификаты этой организации на право работы с программными продуктами.

Сегодня на предприятиях "самарского куста" реализуется системный проект, направленный на организацию единой информационной среды.

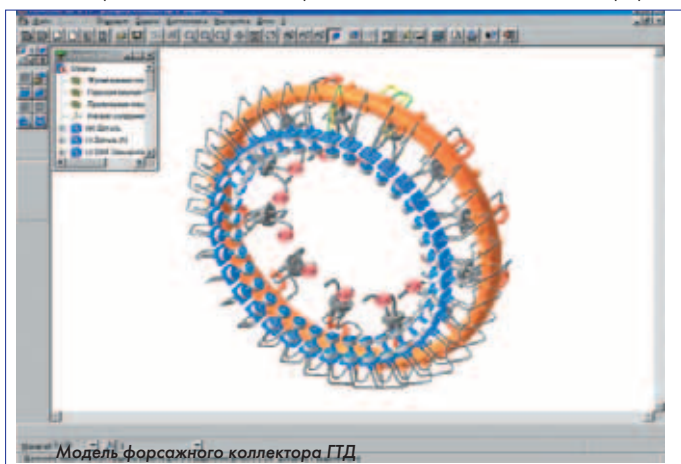
С.В. Чижухин - руководитель службы информационных технологий ОАО "Моторостроитель": *"В настоящее время мы проводим тендер на поставку комплексной системы CAD/CAM/CAE/PDM для нашей группы предприятий, включая сюда и НПО "Искра". В качестве "тяжелых" систем предполагается использовать либо Unigraphics, либо PRO/Engineer, соответственно для документооборота будет использоваться iMAN или Windchill. Мы и далее собираемся работать с системами "КОМПАС". Более того, результаты тендера будет оценивать специальная комиссия, в которую мы хотим пригласить специалистов компании "АСКОН", имеющих большой опыт успешного решения проблем взаимодействия "тяжелого" САПРа и систем "КОМПАС-График" и "КОМПАС-3D". Существенная проблема сегодня - это подготовка кадров, их обучение, техническая поддержка. Одной из сильных сторон компании "АСКОН" является хорошо развитая система обучения специалистов на местах. Так, в Самаре есть отлично работающее отделение компании"*.

С.П. Алимов - заместитель технического директора по развитию ОАО "Авиаагрегат": *"Мы считаем, что в условиях смены поколений исключительно важно, что компания проводит обучение конструкторов и технологов непосредственно на рабочих местах, осуществляет полную поддержку пользователей, оперативно решает возникающие проблемы. Сегодня мы активно используем связку "КОМПАС-График" + "КОМПАС-3D" + "КОМПАС-ЧПУ" + GEMMA, будем работать с этими продуктами и дальше"*.

Говоря о конкуренции на рынке промышленных газотурбинных установок, нельзя не затронуть такую проблему, как защита информации. Промышленный шпионаж - уже не только атрибут западных боевиков, а вполне реальная вещь. Некоторые руководители самарских предприятий говорили о том, что случаи, когда их разработки "всплывали" у конкурентов, уже происходили в новейшей истории. Кроме того, нельзя забывать, что речь идет о предприятиях оборонного комплекса, и государственные тайны никто не отменял.

Осознавая эту проблему, компания "АСКОН" совместно с компанией Aladdin (разработчик систем защиты информации) ведет работы по созданию специализированной системы, ориентированной на защиту продукции, создаваемой в среде CAD/CAM приложений. Этой продукцией могут быть чертежи, спецификации, а также любые другие конструкторские и технологические документы. В основе системы - сочетание кодирования информации на уровне файлов с гибко настраиваемым разграничением полномочий в работе с этими файлами.

Обязательным требованием к программному средству, с помощью которого создается и обрабатывается защищаемая информа-

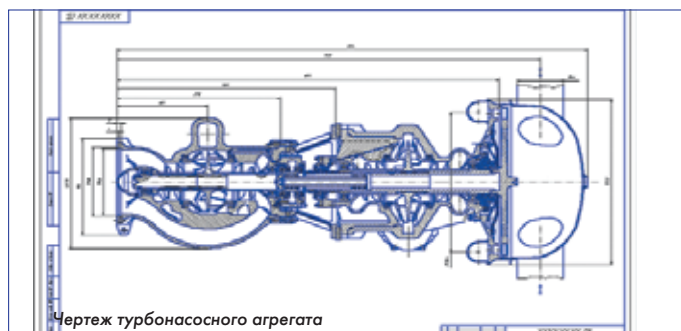


ция, является отсутствие недеklarированных возможностей, что должно быть подтверждено независимой экспертной организацией, аккредитованной Гостехкомиссией РФ. Помимо этого требования производитель программного средства должен иметь лицензию Гостехкомиссии РФ, дающую право производить продукцию с заявленными в части защиты информации свойствами.

Проведенные исследования с программой "КОМПАС-3D", а также оценка представителями Гостехкомиссии уровня организации производства в компании АСКОН дают основание с полной уверенностью заявить, что в ближайшем будущем российские предприятия получат продукт, не только защищающий техническую информацию от хищения, но и позволяющий вести закрытые разработки.

Возможность настройки разграничения прав как на уровне подразделений, так и на уровне отдельных пользователей, использование электронных ключей нового поколения с функциями криптозащиты (эффективность которых подтверждена сертификатом ФАПСИ), автоматическое протоколирование работы с файлами - вот далеко не полный перечень достоинств программно-аппаратного комплекса на базе "КОМПАС-3D" с функциями защиты информации.

Проблемы развития предприятий, вопросы защиты информации, расширения информационного пространства волнуют не только сами предприятия. Администрация Самарской области, Департамент промышленности и торговли, информационно-аналитические службы осуществляют проекты, направленные на развитие промышленной и информационной инфраструктуры, отслеживают вопросы подготовки и переподготовки кадров.



В.И. Доронин - руководитель Департамента промышленности и торговли Администрации Самарской области: *"Уже не приходится убеждать руководителей предприятий в необходимости оснащения системами автоматизированного проектирования. Но сегодня постепенно мы приходим к осознанию того, что необходимо более широко применять разработки отечественных компаний, особенно в тех сегментах, где уровень наших программ не уступает зарубежным. А уж о том, что отечественные системы создаются с учетом особенностей нашего производства, можно и не упоминать. Любая корректировка и доработка программ под конкретные задачи легко осуществляется в результате взаимодействия заказчика и поставщика программного обеспечения, чего не скажешь о зарубежных компаниях. Мы также уделяем большое внимание подготовке молодых специалистов в вузах Самары. Сегодня в Техническом университете, Авиационном университете созданы учебные классы по таким направлениям, как компьютерное проектирование и технологическая подготовка производства, создан также Самарский центр технологического обеспечения. Мы идем и далее, прорабатывая задачи уже не только частного характера, но в целом управления деятельностью предприятия на основе современных компьютерных технологий отечественной разработки. Сюда включаются и работы по САПР, и бухгалтерия, и системы сбыта"*.

Очень не хочется спугнуть ту "птицу удачи", которая "прилетела" сегодня в Россию; хочется верить, что промышленный рост, наблюдаемый "невооруженным глазом", не прекратится, и мы выйдем из той ямы, в которую так долго падали. Компания "АСКОН" будет делать все возможное, чтобы помочь нашим предприятиям на этом многотрудном пути.

# Universal Insurance Company

## ВСЕОБЩАЯ СТРАХОВАЯ КОМПАНИЯ

*Интересы клиентов -  
приоритет нашей деятельности*



ЗАО "Всеобщая страховая компания"  
Россия, 101000, Москва, ул. Покровка, 10  
Тел./Факс: (095) 923-4955.  
Факс: (095) 135-9051.  
E-mail: univic@citiline.ru



# АЛЕКСАНДР МИКУЛИН, ЧЕЛОВЕК - ЛЕГЕНДА

Лев Берне, Владимир Перов

(Продолжение, начало в № 5-6, 2000 г., № 1 - 6, 2001 г.)



К приему первого двигателя готовилась испытательная станция. Ее начальник Лев Исидорович Гершман - выпускник МАИ, прошедший там все ступени, чтобы стать классным испытателем, еще и еще раз проверил свое сложное хозяйство. Раскрутка и первые запуски должны были производиться от мощного электромотора, питание к нему подвели из лаборатории газодинамики - там имелись мощная подстанция и все необходимые средства управления.

10 декабря 1946 г. акт приемки собранного АМТКРД-01 был подписан главным контролером завода Сулейманом Алескеровичем Мирзаевым, после чего двигатель отправили на испытательную станцию.

На второй день монтажа двигателя на стенд по указанию Л.И. Гершмана к носку двигателя подвели пусковой электромотор. И тут обнаружилось, что стыковочные места на двигателе и на пусковом устройстве не соответствуют друг другу, поскольку оказалось перепутанным направление вращения ротора турбокомпрессора и электромотора. Пришлось двигатель срочно снимать со стенда и возвращать его в сборочный цех. Конструкторы спешно внесли необходимые изменения в чертежи, технологи подкорректировали технологии, на складе подобрали новую болванку для храповика. В цехе пришлось заново налаживать оснастку, проводить механическую обработку заготовки, потом подавать узел на термообработку... Короче - ошибка конструкторов стоила четырех суток задержки. Микулин был в ярости, на виновников обрушились взыскания, а заместитель главного конструктора В.А. Доллежал, отвечавший за этот узел, был отстранен от работы и вскоре перевелся в ЦИАМ.

15 декабря двигатель снова привезли на стенд. Надо понимать, что у испытателей после происшедшего, как говорят, была "дрожь в коленках". Но сказались тщательная предварительная подготовка и твердость характера Льва Гершмана. К 18 декабря двигатель подготовили к холодной прокрутке.

19 декабря 1946 г. Гершман дал команду электрикам: "Включить главный рубильник - 10 ампер на вал!" Ротор начал сначала

медленно, затем все быстрее вращаться. Осмотрелись: все вроде работает нормально, стрелки приборов отошли от нулевых отметок, начала дергаться стрелка тахометра (естественно, немецкого - трофейного). Остановились, еще раз осмотрелись - все было нормально. Имелось, правда, одно место, вызывавшее сомнения у конструкторов: система охлаждения узла подшипника задней опоры. Для контроля туда поставили термоманометр, а на пульте смонтировали отдельный указатель.

Сделали еще несколько прокруток, постепенно увеличивая частоту вращения. Дошли почти до 400 об/мин; поработали 10 минут, остановились. После остановки "полезла" температура подшипника. Немного, всего на 30 °С, но что будет на горячей гонке?

Посоветовались с конструкторами и решили для охлаждения протянуть туда шланг промышленного воздуха. Работа эта заняла целый день. На 20 декабря 1946 г. назначили горячий запуск. С утра у всех было нервно-приподнятое настроение. В бригаде испытателей по указанию Микулина произошли некоторые кадровые изменения: первые запуски было поручено проводить Ефиму Гольденбергу - заместителю Кузьмина, специалисту по розжигу камер сгорания.

В пультовой кабине остались только самые необходимые специалисты. За рычагом управления двигателем стоял Ефим Гольденберг, слева от него Лев Гершман с перечнем команд (много позже такие перечни стали употребляться всюду и в том числе в гражданской авиации), справа - один из авторов настоящей статьи (Л. Берне), которому поручалось фиксировать в протоколе все параметры и, кроме того, неотрывно следить за температурой злополучного подшипника.

Позади испытателей стояли Микулин, рядом с ним Стечкин, Туманский и Виталий Сорокин, назначенный ответственным ведущим конструктором по этой машине. Ефим Гольденберг последовательно подавал команды: дать воздух, двадцать ампер на вал, тридцать, еще сорок, еще двадцать и, наконец, последовала долгожданная фраза: "Разжигаю котлы!" Из сопла двигателя сначала полетели искры, затем появился голубой отсвет, обороты двигателя существенно увеличились. Ефим командовал: "Снять напряжение, убрать пусковой двигатель!" АМТКРД-01 заработал самостоятельно! Частота вращения вала где-то около 2000 об/мин. Гольденберг подал команду: "Осмотреть двигатель". Это сделал старший механик установки Каракаш и доложил: "Внешне вроде нормально". Но тут начала расти температура подшипника. Микулин отдал распоряжение остановить машину. В процессе остановки, уже на вылете, температура злополучного подшипника "зашкалила". Александр Александрович поблагодарил всех и велел Стечкину и Туманскому подготовить премиальные списки. Двигатель Микулин распорядился снять со стенда и отправить в сборочный цех, частично разобрать, "устранить безобразия с задним подшипником" с тем, чтобы через три дня продолжить испытания.

Двигатель АМТКРД-01





Разборка показала, что все детали АМТКРД-01 не имели поломок, а камеры сгорания, естественно, были покрыты копотью. В область подшипника поместили специальную форсунку для подачи масла. Затем двигатель снова собрали, на эту операцию потребовалось чуть более суток.

При следующем запуске состав команды испытателей остался прежним. Микулин поставил задачу - выйти на расчетные обороты и замерить тягу. Сопло двигателя раскрыто, поэтому тяга и температура газа должны быть небольшими. После запуска Гольденберг крайне осторожно увеличивал частоту вращения ротора, доведя ее до отметки 5700 об/мин. Тяга составила около 1500 кгс. В то время казалось, что это много: на двигателе Люлька ТР-1 такая величина тяги соответствовала максимальному режиму.

Убедившись, что двигатель устойчиво держит частоту вращения, что все работает нормально, Микулин дал команду уменьшить обороты. По инструкции, скопированной с аналогичного регламента для поршневых моторов, двигатель перед остановкой необходимо было охладить.

Перед следующим запуском Микулин распорядился подключить программу реактивного сопла, т.е. после запуска установить его в расчетное положение, а затем наращивать частоту вращения ротора турбокомпрессора. Так и сделали. Микулин уехал куда-то к руководству, а на стенд пришел Стечкин. Теперь запуск производил Лев Гершман. Все как и раньше, постепенный набор частоты вращения, но совершенно неожиданно на средних оборотах произошел небольшой хлопок, а из реактивного сопла вырвался огромный огненный шлейф. Гершман мгновенно отреагировал, вернув РУД на "стоп". Остаток дня тщательно осматривали машину, но, к счастью, все оказалось в порядке. При следующем запуске уже в присутствии Микулина все повторилось. И впервые из уст Стечкина прозвучало слово "помпаж".

Весь вечер и следующий день бригады аэродинамиков Якова Фогеля и Моисея Добинского пытались рассчитать характеристику компрессора АМТКРД-01 и нанести на нее рабочую линию. Но отсутствие натурных данных, которые можно было получить только в результате испытаний, лишало их этой возможности. На следующий день на стенд пришел Стечкин и тщательно осмотрел переднюю часть двигателя. Он обратил внимание на то, что на коробке агрегатов, там, где должен помещаться компрессор высокого давления для самолетных систем, стояла заглушка. *"Это что такое?"* - спросил Стечкин, указывая на фланец будущего трубопровода. *"А ну-ка снимите ее и запустите двигатель"*.

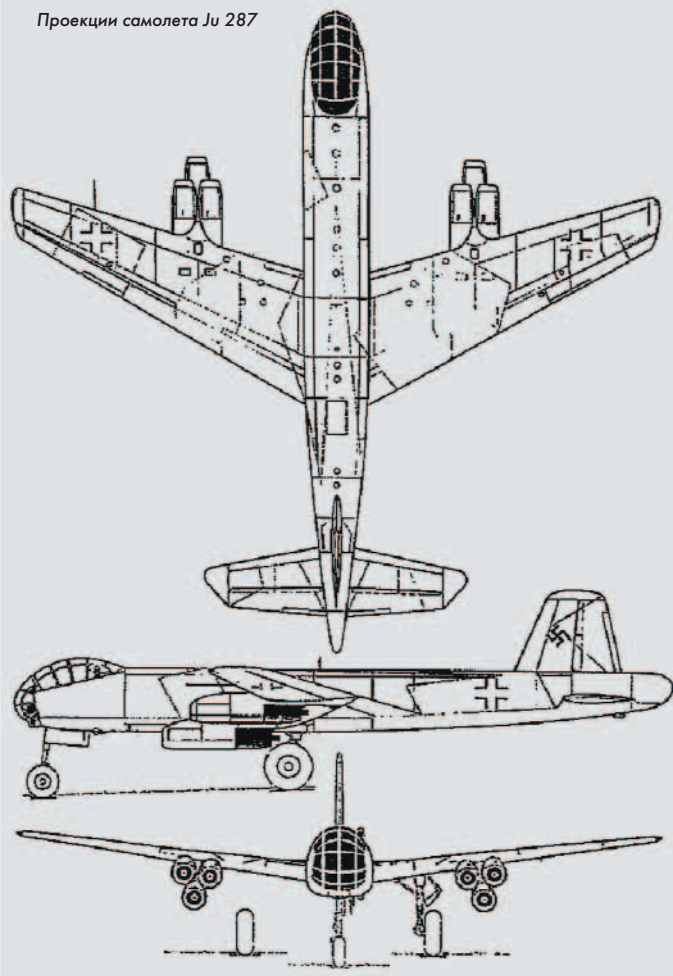
После запуска, когда все, кроме Бориса Сергеевича, забыли про снятую заглушку, двигатель спокойно вышел на номинальные обороты. Помпажа не было. Так в мировой практике впервые был применен метод регулирования компрессора ГТД перепуском воздуха.

На следующий запуск прибежал Микулин. Все повторилось. Двигатель работал нормально без помпажа. Стечкин объяснил: *"Очевидно, рабочая линия на характеристике компрессора проходит рядом с границей помпажа. Знать эту характеристику нам необходимо, но для ее определения нужна громадная мощность внешнего источника энергии"* (позднее для проведения подобных экспериментов был создан специальный испытательный комплекс ЦИАМ в Тураево, впоследствии НИЦ ЦИАМ - прим. авт.).

Микулин вызвал Зубца и распорядился: *"Найдите место в районе 3-й ступени компрессора и поставьте там несколько клапанов перепуска воздуха. Закрытие клапанов предусмотреть от пневматики с электрическим управлением. Завтра в 10 часов утра покажете эскиз. А пока с открытым фланцем нужно попытаться пройти эту помпажную точку, а потом на ходу ее закрыть"*. Тут вмешался Стечкин: *"Ни в коем случае - людей побьем, и двигатель потеряем! Категорически возражаю!"* *"Тогда все устройство должно стоять на двигателе 3 января"*, - сердито резюмировал Микулин.

С учетом новогоднего праздника "образовалась" неделя на то, чтобы частично разобрать двигатель и осмотреть его после помпажей. Выяснилось, что АМТКРД-01 помпажных явлений как будто "не заметил". 4 января 1947 г. двигатель № 1 снова был установлен на

Проекция самолета Ju 287



стенд. К вечеру двигатель запустили, с открытыми клапанами прошли зону помпажа и закрыли клапаны при частоте вращения вала около 6000 об/мин. Замерили тягу - она оказалась равной 2700 кгс. Это уже был громадный успех.

Но по расчету частота вращения ротора на номинальном режиме должна была получиться немного выше, а теоретики успели прикинуть, что появилась возможность еще немного увеличить температуру газа перед турбиной. Решили изменить конфигурацию выдвигного конуса реактивного сопла, для чего конус демонтировали и уже к следующему утру его площадь увеличили. К вечеру 5 января двигатель был готов к продолжению испытаний. Программу предусмотрели следующую: при запуске конус убран - выходная площадь реактивного сопла максимальная; после запуска конус выдвигается - площадь сопла становится меньше, открываются клапаны перепуска.

Запуск двигателя прошел нормально, Микулин дал указание *"прибавить оборотов"*. При частоте вращения ротора

EF-140



4000 об/мин закрываются клапана перепуска. На расчетном номинальном режиме (6000 об/мин) замеренная тяга составила почти 2500 кгс. В контрольной точке были уточнены все параметры, экспериментаторы осмотрели все, что можно осмотреть через смотровое стекло.

Микулин дал команду еще увеличить частоту вращения ротора. При 6100 об/мин были сняты параметры в очередной контрольной точке. Тяга получилась фантастическая - 2800 кгс. Но тут из сопла посыпались искры. Руководитель испытаний скомандовал: *"Немедленно уйти на обороты охлаждения"*. Хотя искрение быстро прекратилось, Микулин распорядился остановить двигатель. При осмотре бокса нашли небольшие кусочки металлической окалины. Микулин посмотрел на часы - было около восьми вечера: *"К 10 часам утра снять турбину и сопловой аппарат"*.

На следующий день Микулин с утра был в сборочном цехе. При нем заканчивали снимать турбину. Внешне все оказалось в норме. Затем разобрали сопловой аппарат. В некоторых местах он имел явные следы перегрева, а передние кромки отдельных лопаток соплового аппарата были повреждены. После короткого совещания Микулин принял решение: двигатель разобрать, еще раз проверить неравномерность полей температуры в камерах сгорания.

На "разборе полетов" присутствовал старший военпред завода Загит Салахович Хакимов. Микулин дал указание составить акт о том, что двигатель АМТКРД-01 прошел испытания и продемонстрировал тягу 2800 кгс. Мудрый Хакимов говорит: *"Акт составить можно, но я его подпишу с замечанием, что двигатель заявленных Вами, Александр Александрович, данных не имеет. Согласно постановлению правительства вы должны получить 3300 кгс"*. Микулин пришел в ярость - очень уж ему хотелось сообщить "наверх" об успехах завода. Но он быстро понял, что Хакимов прав и переключил свою энергию на доводку двигателя.

На следующее утро двигатель полностью разобрали. Хотя работа была очень небольшой, но мелких дефектов оказалось достаточно. Много пришлось поработать Кузьмину. Те результаты, которые его группа сумела получить перед первой сборкой, содержали неточности, что и обернулось нестабильностью полей температур газа перед сопловым аппаратом турбины. Необходимо отметить, что трубчато-кольцевая камера сгорания (а не просто кольцевая) была принята Микулиным именно в расчете на получение рекордной для того времени теплонапряженности (около  $4 \cdot 10^7$  ккал/м<sup>3</sup>·ч), при этом ставка в огромной мере делалась на экспериментальные данные лаборатории Кузьмина.

Круглые сутки работала лаборатория Кузьмина. Микулин каждый свой рабочий день начинал с ее посещения. Вскоре были найдены решения, обеспечившие приличную равномерность поля температур. Только после этого Микулин подписал эталонный график распределения температур и сборочный чертеж камеры сгорания. В начале февраля 1947 г. АМТКРД-01 № 1 снова установили на стенд. К этому времени двигатель оснастили воздушным турбостартером для запуска и вообще привели его к "удобоваримому" для эксплуатации виду.

На этот раз все шло более буднично. Работа велась строго по программе, которая заранее была утверждена Микулиным. Функции представителя заказчика выполнял заместитель старшего военпреда майор Константин Спаттарель. Вначале никто и не предполагал, что именно он подпишет протокол испытаний, где будут зафиксированы параметры максимального режима: тяга 3300 кгс при частоте вращения ротора 6200 об/мин, удельный расход 1,2 кг/кгс·ч.

Случилось это поздно вечером, а на следующий день Микулин уже помчался к высшему руководству, ведь другого двигателя с такой большой тягой в мире не существовало. Конечно, формально решение правительства от 17 апреля 1946 г. выполнено не было. Так, двигатель не прошел 25-часовые испытания, завод не изготовил предписанных решением пяти экземпляров АМТКРД-01. Но надо учитывать, что КБ Микулина в то время продолжало разработку - о чем было сказано выше - поршневых моторов. В частности, в завершающую стадию вступала доводка двигателей АМ-39ФК, АМ-44 и АМ-46, продолжалось и создание турбокомпрессоров АМТК-1 и АМТК-2. Но, наверное, самое главное - в КБ началась разработка модифицированного двига-



теля АМТКРД-01. К этому следует добавить, что завод № 45 целиком переключился на создание двигателя ТР-1 конструкции Архипа Михайловича Люльки и для Микулина ничего не делал.

Хотя по двигателю АМТКРД-01 был еще непочатый край работы, Микулин уже был занят другим делом: с проспектом двигателя он объезжал главных конструкторов самолетов.

Как и ожидалось, для истребителей двигатель оказался велик и по тяге, и по габаритам, и по массе. Конструкторам "ястребков" был нужен легкий двигатель с меньшим "лбом". Зато создатели тяжелых самолетов А.Н. Туполев и С.В. Ильюшин проявили интерес, но у них еще не оказалось готовых предложений.

Тут надо вспомнить об опытном немецком бомбардировщике с обратной стреловидностью крыла Ju 287, "останки" которого представители Микулина видели на аэродроме Брандис. После победы энергичный Н.М. Олехнович - представитель НКАП в Германии в 1945 г. - и не менее энергичный, но к тому же и наделенный властью заместитель наркома М.М. Лукин решили использовать интеллект и опыт авиационных специалистов Германии для скорейшего создания советской реактивной авиации.

С этой целью были созданы конструкторские бюро, которые занялись продолжением разработок, проводившихся немцами фактически до конца войны. Наибольший интерес представляли организации, так или иначе базировавшиеся вблизи Дессау - столицы фирмы "Юнкерс". КБ, которое возглавлял Рессинг, занималось самолетами с ЖРД, а в прошлом технический директор фирмы "Юнкерс" Брунольф Бааде руководил КБ, проектировавшим самолеты с ТРД, в том числе типа Ju 287.

Были еще два КБ, которые занимались двигателями: одно, укомплектованное специалистами фирмы "Юнкерс" - его возглавлял доктор Шайбе, и другое, созданное с привлечением бывших сотрудников фирмы БМВ, им руководил доктор Престель.

Существование таких организаций на оккупированной террито-



рии Германии являлось высшим проявлением авантюризма и нахальства, так как противоречило всем договоренностям союзников в Ялте и Потсдаме. Надо отметить, что первыми начали нарушать соглашение наши союзники - американцы. Для начала они посадили за чертежную доску Вернера фон Брауна, но затем быстро сообразили и увезли его в США. Наше руководство "соображало" дольше, однако в октябре 1946 г. после тщательной подготовки многие немецкие специалисты вместе с семьями были перевезены в Советский Союз.

Сама организация переезда немецких специалистов в СССР описана другими авторами. Надо только отметить, что материальное положение семей "депортированных" специалистов существенно улучшалось по сравнению с теми, которые остались в голодной, холодной и разрушенной Германии.

Самолетчиков перебазировали на завод № 458 под Кимрами, где впоследствии создали завод № 1 МАП, а двигателистов - на завод № 145 в поселок "Управленческий" Куйбышевской области, преобразованный впоследствии в завод № 2.

Спустя много лет завод № 1 стал Дубнинским машиностроительным заводом, а завод № 2 превратился в знаменитый НТК им. Н.Д. Кузнецова. А в 1946 г. Бааде привез с собой два готовых

EF-140



самолета EF-131, прототипом которых являлся реактивный бомбардировщик Ju 287. Летный экземпляр отправили в ЛИИ - туда же выехала и немецкая бригада, которая обслуживала самолет. Второй экземпляр EF-131 отправили для статиспытаний в ЦАГИ. Все работы шли очень медленно, но в итоге в 1947 г. EF-131 начал летать. Пилотировал машину уникальный летчик Пауль Юльге, один из первых инженеров-летчиков.

Самолет сразу показал выдающиеся летные данные. Но в каждом полете происходил отказ одного из шести двигателей JUMO 004 (две связки по три двигателя). М.М. Лукин, который отвечал с одной стороны, за опытное моторостроение, а с другой - за использование немецких специалистов, первым предложил установить на EF-131 микулинские двигатели.

В этой связи представляет интерес письмо министра авиапромышленности Хруничева от 28 января 1948 г. на имя заместителя председателя СМ СССР В.М. Молотова: *"Заводом № 300 МАП подготовлены для проведения летных испытаний три реактивных двигателя АМТКРД-01 конструкции тов. Микулина А.А... Реактивных самолетов, на которых бы можно было провести летные испытания этих двигателей, кроме опытного бомбардировщика конструкции немецкого специалиста Бааде, в настоящее время нет"*.

Микулин охотно согласился с идеей проведения летных испытаний АМТКРД-01 на "немце". В середине 1947 г. он вместе со Стечкиным и начальником летно-испытательного отдела Кириллом Андреевичем Сазоновым, получив соответствующее разрешение и доброе напутствие М.М. Лукина, отправился в Кимры.

Надо сказать, что "логика" наших "органов" была своеобразной. Юльге летал с аэродрома ЛИИ, считавшегося самым секретным, он знал все подходы, запасные аэродромы, позывные и т.д. - без этого полеты были бы невозможны. В то же время главному конструктору Бааде запрещали появляться в Москве. Справедливости ради надо сказать, что впоследствии "режимщики" в значи-

тельной степени упростили этот несуразный "порядок", но и более "сносные" правила все равно мешали нормальной работе.

Микулин, Стечкин и Бааде обходились без переводчика: Александр Александрович легко вспомнил хоть и подзабытые, но знакомые с детства слова и обороты, а Стечкин всегда говорил по-немецки свободно. Очень активно помогал беседе Петр Николаевич Обрубов - "советский" заместитель Бааде, получивший соответствующие указания Лукина.

Как упоминалось выше, немцы привезли с собой два EF-131. Третий строился в качестве эталона для серии. Именно на него и решили установить микулинские двигатели. Естественно, требовались доработки, но "микулин" (так немцы сразу стали называть АМТКРД-01) идеально подошел для бомбардировщика, получившего новое наименование EF-140.

Микулин пробыл в Кимрах целый день и произвел на немцев хорошее впечатление. До этого они общались только с генералом М.М. Лукиным - человеком неулыбчивым, низкого роста, на всех бывших сотрудников фирмы "Юнкерс" смотревшим с подозрением. Александр Александрович резко контрастировал с ним: высокий, веселый, обаятельный, да еще знающий немецкий язык... Короче, немцы влюбились в Микулина.

Тем временем продолжались мучения с EF-131. Помимо Юльге на самолете стали летать и советские летчики, в том числе Козлов и А.А. Ефимов. Сделал на машине несколько рулежек и М.Л. Галлай, но вскоре поступило распоряжение прекратить использование аэродрома ЛИИ: немцы не должны были знать, что там делается.

Надо сказать откровенно, что вся творческая работа немецких авиационных специалистов, и особенно КБ Бааде, в СССР была обречена на провал. С одной стороны, конструкторы из Германии обладали значительным интеллектуальным опережающим заделом в области реактивной техники. С другой, их оторвали от источников информации, лишили возможности дальнейшего совершенствования. Кроме того, немцы были лишены доступа к богатейшей экспериментальной базе советских институтов авиапромышленности. Еще одной немаловажной причиной, существенно снижавшей эффективность деятельности германских КБ в Советском Союзе, были бесконечные организационные проволочки. К примеру, прежде чем начались полеты первого экземпляра EF-131, он более двух месяцев ожидал разрешения министерства, незачехленный и незаконсервированный. Когда разрешение пришло, пришлось вызывать бригаду с завода № 1 для восстановления самолета.

Вскоре для летных испытаний немецких самолетов выделили аэродром ПВО "Теплый Стан" (теперь это жилой район Москвы). В результате всех этих "организационных мероприятий" полеты EF-131 возобновились с нового аэродрома после более чем годового перерыва. Юльге пришлось заново изучать запасные аэродромы, ознакомиться с системой опознавания ПВО. А в августе 1948 г. на аэродроме "Теплый Стан" появился новенький самолет EF-140 с двигателями Микулина.

*(Продолжение следует)*

EF-140 совершает посадку



# ДВИГАТЕЛИ, ОПЕРЕДИВШИЕ ВРЕМЯ



В период 1950-1980-х годов в СССР были созданы такие уникальные ракетно-космические комплексы и ракетные системы, как "Восток", "Протон", Н1, "Энергия", УР-100, А-35, С-200 и С-300. Отечественные жидкостные реактивные двигатели, разработанные для них ведущими коллективами В.П. Глушко, Н.Д. Кузнецова, А.М. Исаева, С.П. Изотова, С.А. Косберга, В.П. Радовского, А.Д. Конопатова, имели высокую надежность, хорошие энергетические и динамические характеристики и не только превосходили аналогичные зарубежные двигатели того периода, но и в наши дни успешно конкурируют на мировом рынке с современными зарубежными ЖРД. ОКБ и головными авиационно-космическими НИИ был накоплен большой практический опыт экспериментальных и теоретических исследований, направленных на решение сложнейших задач, возникавших при конструировании и отработке двигателей. Автор статьи принимал самое непосредственное участие в этой большой работе.

Валентин Шерстеников, д.т.н., действительный член Германской академии им. Гумбольдта

В середине пятидесятых годов минувшего века С.П. Королевым была разработана оригинальная космическая ракета-носитель (РН) "Восток" с кислородно-керосиновыми ЖРД открытой схемы. В первой и второй ступенях использовались разработанные ОКБ В.П. Глушко двигатели РД-107 и РД-108, а для третьей - ОКБ С.А. Косберга создало двигатель РО-7. ЖРД имели очень высокие параметры. Так, у РД-107 при тяге 102 тс и давлении 60 атм в камере сгорания (КС) удельный импульс в вакууме ( $J_{уд} = 314$  с) был почти на 30 с больше, чем у аналогичного американского двигателя Н-1. ЖРД РО-7 имел удельный импульс  $J_{уд} = 330$  с при тяге 7,0 тс и давлении 60 атм в КС.

Оба ОКБ совместно с НИИТП, ЦИАМ и другими НИИ провели большой объем работ, связанных с созданием и доводкой этих двигателей. Основной проблемой была высокочастотная неустойчивость рабочего процесса в КС, приводившая к разрушению ЖРД за сотые доли секунды. Совместными усилиями эта сложнейшая задача была решена. Обширные исследования также были выполнены по ЖРД третьей ступени для обеспечения надежного запуска, оптимизации схемы регулирования и повышения к.п.д. турбины.

На высотном стенде ЦИАМ впервые в отечественной практике была экспериментально определена удельная тяга ЖРД при работе в барокамере, что позволило уточнить методику ее расчета и оценить возможность выполнения новых программ космических полетов.

Все это обеспечило высокую надежность работы ЖРД ракеты-носителя "Восток", а также ее последующих модификаций. Созданные более 40 лет назад отечественные РН успешно эксплуатируются и в настоящее время, при этом стоимость вывода полезной нагрузки на космическую орбиту получается существенно меньше, чем у современных "Спейс Шаттл" и "Ариан".

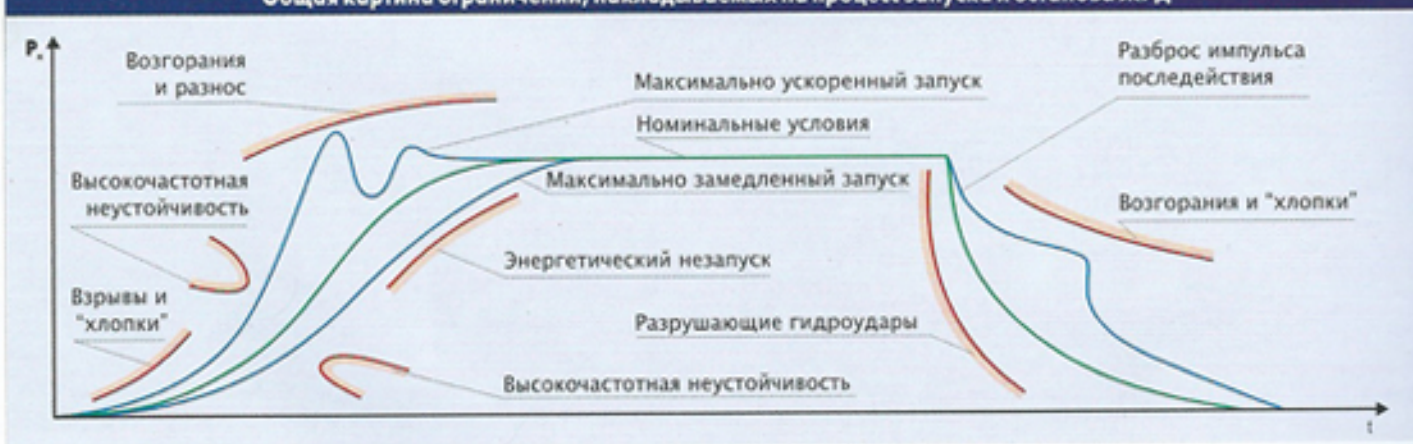
На рубеже пятидесятых-шестидесятых годов отечественная ракетно-космическая наука и техника решала новые задачи создания мощных РН для осуществления полетов к Луне и дальнейшего повышения обороноспособности страны. Так, в ОКБ В.Н. Челомея началось создание новых стратегических ракет и РН "Протон", а ОКБ С.П. Королева приступило к разработке РН Н1, при этом суммарная тяга двигателей первой ступени новых ракет-носителей должна была составлять 900 и 4500 тс, соответственно. Главными научными организациями по доводке двигателей стали НИИТП и ЦИАМ. Приоритетным направлением в работе отраслевых НИИ было совместное с ОКБ проведение исследований, направленных на решение конкретных задач, возникавших при создании и отработке ЖРД, обобщение и анализ экспериментального материала стендовых и летных испытаний ЖРД, разработка эффективных методов физического и математического моделирования.

Применение новых компонентов топлива, переход к замкнутым схемам ЖРД, увеличение до 150 атм и более давлений в КС позволили обеспечить высокую надежность и безотказность, на 25 % повысить экономичность и почти на 40 % снизить удельную массу новых ЖРД.

В ЦИАМ были разработаны методы физического моделирования процессов неустойчивого горения при пониженных значениях давления и расхода компонентов топлива. Полученные результаты успешно использовались для существенного повышения запасов устойчивости рабочего процесса в КС и газогенераторах создаваемых ЖРД.

Для новых двигателей потребовалось создание турбонасосных агрегатов (ТНА) мощностью 40...50 тыс. л.с. с давлениями подачи компонентов до 400 атм при расходах до 500 кг/с. В НИИ и ОКБ были разработаны эффективные методы расчета и выбора оптимальных параметров ТНА, способы доводки их характеристик и диагнос-

Общая картина ограничений, накладываемых на процесс запуска и останова ЖРД



тирования динамического состояния ротора на различных режимах, обеспечивающие повышение работоспособности и ресурса мощных ТНА при высоких к.п.д. Сотрудниками ЦИАМ были созданы первые в отрасли "Нормы прочности ЖРД", которые с тех пор являются основой надежного конструирования отечественных ЖРД.

Быстротечность переходных процессов в новых ЖРД часто приводила к "уходам ТНА в разнос" при испытаниях, недопустимым забросам температуры генераторного газа и возгоранию элементов конструкции двигателей за десятые и даже сотые доли секунды. Результаты совместных исследований ОКБ и НИИ позволили разработать критерии гидродинамического подобия, учитывающие условия подачи топлива в ЖРД на этапе полета в составе ракеты-носителя. Критерии стали общепризнанными и широко применяются в практике стендовых испытаний. Метод гидродинамического моделирования предопределенных процессов на натурных двигателях, защищенный в 1967 г. авторским свидетельством СССР, позволил оптимизировать циклограммы запуска без проведения дорогостоящих опытных испытаний.

Разработанные методы математического моделирования обеспечили возможность детального анализа процессов функционирования двигателя на переходных режимах и при расследовании аварийных ситуаций. Впоследствии основные методические подходы к математическому моделированию эксплуатационных режимов ЖРД были применены при исследовании режимов авиационных ГТД.

Успешное решение задачи управления запуском ЖРД замкнутой схемы являлось значительным достижением отечественного ракетного двигателестроения, и не случайно цикл работ ЦИАМ по теории управления ЖРД и гидродинамическому моделированию процесса их запуска отмечен премией имени проф. Н.Е. Жуковского. При этом следует отметить, что создание в шестидесятые годы отечественные ЖРД существенно превосходили зарубежные. Так, двигатели РН "Протон" выполнены по закрытой схеме с давлением в КС 150 атм. Двигатели первой ступени РД-253 тягой 150 тс были разработаны ОКБ В.П. Глушко, а ЖРД второй и третьей ступеней РД-0210 и РД-0213 тягой 57 и 58 тс, соответственно, создавались ОКБ С.А. Косберга.

Разработанная С.П. Королевым и Н.Д. Кузнецовым концепция построения двигательной установки ракеты Н1 была необычной даже для современных РН: в первой ступени использовалось 30 модульных кислородно-керосиновых ЖРД закрытой схемы с давлением в КС 150 атм, РН управлялась рассогласованием тяг маршевых ЖРД, при этом бустерные насосы компонентов топлива встраивались в корпус основного ТНА. Такой принцип построения двигательных установок и ЖРД для крупных РН позволяет (на наш взгляд) при минимальной массе двигателей наиболее просто обеспечить резервирование, высокую экономичность и хорошую управляемость РН (в том числе и в случае различных неисправностей и отказов).

Наземная отработка ЖРД НК-15 исходной модификации была завершена в 1967 г. опытным испытанием блока двигателей в присутствии высокопоставленных лиц. Успешный запуск ДУ суммарной тягой 900 тс произвел огромное впечатление. Двигатели успешно прошли межведомственные испытания и были допущены к летно-конструкторским испытаниям (ЛКИ) в составе ракеты. Однако руководство страны спешило с вводом в строй новых ракетных комплексов. РН, поданные на ЛКИ, оснащались ЖРД, не прошедшими еще полного объема наземной отработки. Так случилось и с ракетой Н1, на которой были установлены прошедшие только первый этап доводки НК-15, что стало причиной неудачи всех четырех пусков РН с этими двигателями.

Еще в ходе ЛКИ было принято решение о создании модернизированных двигателей НК-33 с многократным запуском, при этом повышенное внимание уделялось обеспечению высокой надежности ЖРД. Введение автомата разгрузки радиально-упорного подшипника от осевых сил, упрочнение перьев лопаток шнекоцентробежного кислородного насоса, применение улучшенных термозащитных покрытий турбины и элементов окислительного тракта позволили устранить разрушения и разгары ТНА. Устойчивость рабочего процесса в КС обеспечило применение газовых

каналов оптимальной акустической длины в форсуночной головке. Доводка системы многократного запуска позволила получить величину разброса времени запуска и выхода на режим всех тридцати ЖРД первой ступени РН не более 0,05 с, что в несколько раз меньше допустимого значения по условиям стабилизации РН на старте. По инициативе Н.Д. Кузнецова были проведены многочисленные специальные исследования надежности, разработаны и внедрены в практику испытаний комплекс средств анализа быстропротекающих динамических процессов. Широко применялись методы математического моделирования, при стендовых испытаниях имитировались отказы двигателей.

Для проверки функционирования двигателя в условиях механического взаимодействия ЖРД с конструкцией РН ОКБ С.П. Королева и Н.Д. Кузнецова совместно с ЦИАМ разработали схему специальных опытных испытаний с созданием дозированных низкочастотных колебательных перегрузок в местах крепления ЖРД к РН. Совместно с механическими вибраторами направленного действия в качестве генератора колебаний рекомендовалось использовать сам двигатель, дополнительно оснащенный пульсатором расхода в линии горючего газогенератора. Кроме того, влияние вынужденных низкочастотных механических колебаний конструкции на работу ТНА исследовалось в ЦИАМ на натурном ТНА. Статистика, полученная в процессе стендовой отработки, подтвердила высокую надежность двигателей НК-33. Даже ударное перерезывание входного трубопровода горючего не приводило к взрыву и пожару работающего ЖРД, рабочий процесс плавно прекращался и ЖРД сохранял работоспособность. Надежность и чрезвычайно высокая живучесть ЖРД вызвали глубокое удовлетворение у всех участников работы.

В 1972 г. двигатели НК-33 были допущены к ЛКИ ракеты Н1. Однако, как известно, в 1974 г. все работы по ракете Н1 были прекращены. Правда, в мае того же года в Совмине СССР рассматривались различные варианты применения созданных двигателей. На совещаниях в Кремле, в работе которых мне приходилось участвовать, обсуждалось использование НК-33 в ракетных комплексах ОКБ В.Н. Челомея, А.Ф. Уткина и др. Тем не менее, созданная уникальная техника оказалась невостребованной, что, по мнению некоторых специалистов, отбросило нас в области ракетно-космической техники лет на пятнадцать назад.

Двигатели НК-33 тягой 150 тс с  $J_{уд} = 331$  с и непревзойденным до сих пор показателем удельной массы ( $g = 8,1$  кг/тс) опередили свое время более чем на четверть века. В девяностые годы эти двигатели были испытаны в Америке на стендах фирмы "Аэроджет", полностью подтвердили свою надежность и высокие параметры и были закуплены фирмой, поскольку значительно превосходили современные американские ЖРД. В настоящее время и в России разрабатываются перспективные авиационно-космические системы с использованием двигателей НК-33 (РН "Ямал", "Воздушный старт" и др.).

Здесь следует заметить, что и В.П. Глушко в 70-80-е гг. пошел по пути создания криогенных ЖРД больших тяг, заложив в ТЗ на ракету-носитель "Энергия" еще более мощные кислородно-керосиновые ЖРД тягой 740 тс.

В мае 1987 г. состоялся запуск новой мощной РН "Энергия", разработанной НПО "Энергия". В первой ступени использовались четыре ЖРД РД-170 конструкции НПО "Энергомаш", работающих на жидком кислороде и углеводородном горючем. Тяга РД-170 составляла 740 тс при давлении в КС 250 атм и  $J_{уд} = 335$  с. Вторая ступень оснащалась четырьмя кислородно-водородными ЖРД РД-0120 производства КБХА. Тяга каждого двигателя составляла 200 тс при давлении в КС 225 атм. ЖРД успешно отработали при двух пусках РН "Энергия".

Как и НК-33, новые ЖРД по своим параметрам и надежности существенно превосходят американские. НПО "Энергомаш" на базе двигателя РД-170 в настоящее время выпускает ЖРД РД-180 для перспективных космических систем США. Большой интерес у американцев вызывает и водородный двигатель РД-0120 как более эффективный и дешевый по сравнению с ЖРД SSME, примененным на "Спейс Шаттле".



**МОСКВА 2002**

**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ – ЧЕЛОВЕКУ И ОБЩЕСТВУ!**

# ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОРОННОГО КОМПЛЕКСА

The Third International Forum  
High Technology  
in the Defence Industries

Организатор Третьего  
Международного Форума  
"Высокие технологии оборонного  
комплекса"  
Правительство Москвы,  
Комитет по реформированию  
оборонных предприятий  
121019, Новый Арбат, 15 (офис 914).  
Тел.: (095) 202-8071, 290-3685.  
Факс: (095) 291-4031.  
E-mail: Krop@mos.ru

Организатор Международной  
конференции  
Российский фонд развития высоких  
технологий  
101000, Москва, Малый  
Спасоглинищевский пер., 2/4.  
Тел.: (095) 206-9257.  
Тел./Факс: (095) 206-9801.  
E-mail: info@hitechno.ru

Организатор Выставки "Высокие  
технологии-2002"  
ООО "ЭКСПО-ЭКОС"  
113209, Москва, ул. Зюзинская, д. 6,  
корп. 2.  
Тел.: (095) 331-0501, 331-1333.  
Факс: (095) 331-0511, 331-0900.  
E-mail: exproecos@nii-ecos.ru

Организатор участия зарубежных  
фирм и компаний в Форуме  
Московская Торгово-промышленная  
палата 117393, Москва, ул.  
Академика Пилюгина, 22.  
Тел.: (095) 132-0822.  
Факс: (095) 132-7429.  
E-mail: extrade@mtpp.org



22-26 апреля 2002 г.  
МОСКВА  
ВК ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

[www.hitechno.ru](http://www.hitechno.ru)

# Двигатели 2002

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ВВЦ, 16-20 апреля

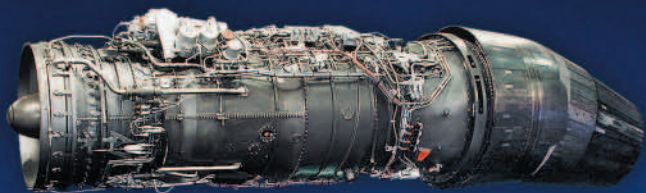


Ассоциация  
"Союз авиационного двигателестроения"

*Только здесь Вы сможете  
ознакомиться с новыми  
достижениями в области  
авиационного, космического,  
транспортного и  
индустриального  
двигателестроения  
ведущих стран мира.  
Не пропустите шанс,  
планируйте свое участие.*

**В рамках выставки  
научно-технический симпозиум  
"Двигатель и экология"**

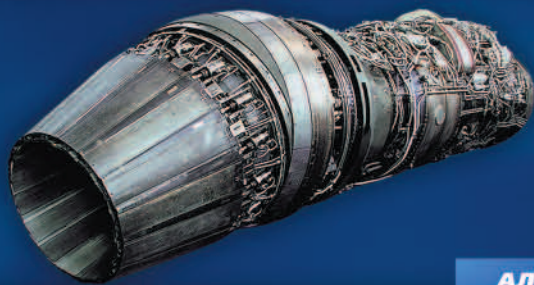
По вопросам выставки и симпозиума  
обращаться по адресу:  
105118, Москва, проспект Буденного, 19  
Тел./Факс: (095) 366-0916, 366-4588  
assad@assad.ru www.assad.ru



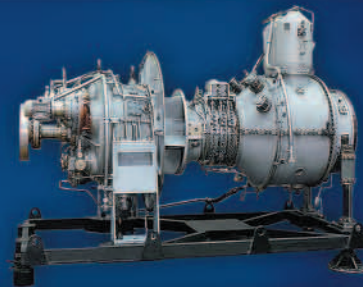
**АЛ-41Ф**



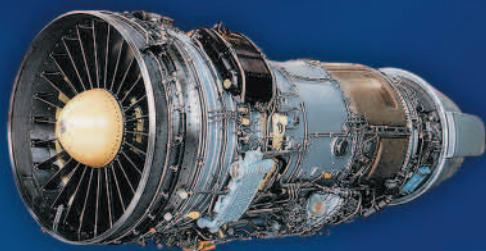
**ГТД-110**



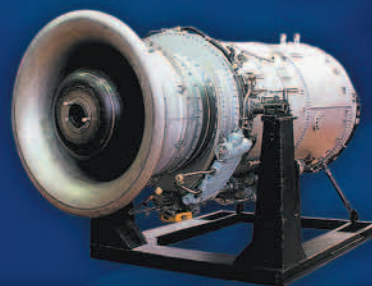
**АЛ-31ФП**



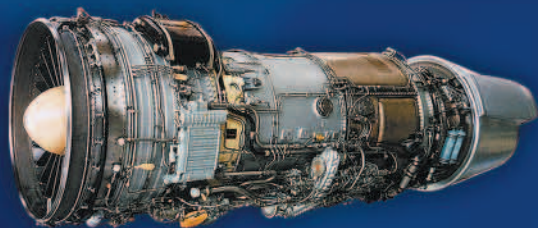
**ГТД Д049Р**



**Д-30КУ-154**



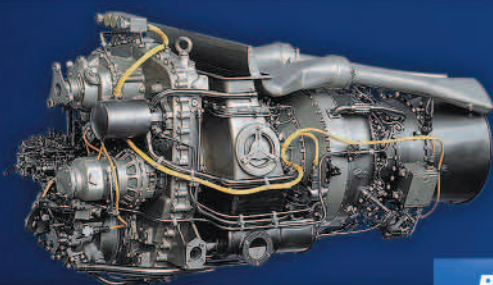
**ГТД-6/8РМ**



**Д-30КУ**



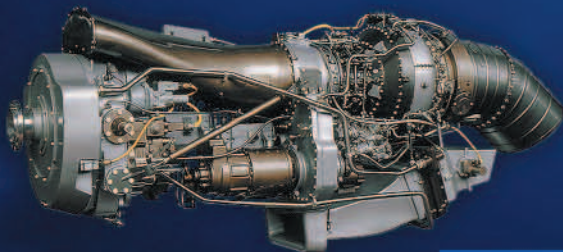
**ГТД-4РМ**



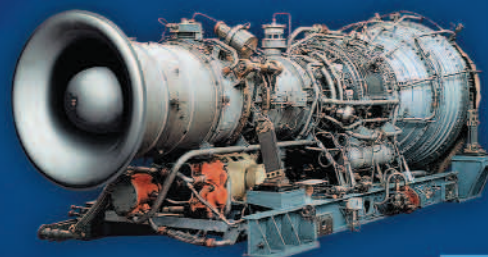
**РД-600В**



**АЛ-31СТЭ**



**ТВД-1500**



**ГТД ДН70**

**НПО А САТУРН**

**крупнейший конструкторский центр отрасли, новейшие технологии разработки и производства, современная испытательная база и производственные мощности, диверсифицированный модельный ряд, высокая культура и качество продукции**