

Двигатель

Научно-технический журнал № 4 (28) 2003



Редакционный совет

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

Александр Гомберг, Андрей Касьян,
Игорь Никитин, Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Александр Медведь

Техническая поддержка

Александр Бобылев

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Александра Бажанова,
Дмитрия Боева, Льва Берне,
Александра Медведя, Игоря Никитина,
Владимира Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-3925

Факс: (095) 362-3925

engine@ztl.ru

engine@avias.com

www.engines.da.ru

www.engine.avias.com

ОЧДААЕОАЕУ Е ЕСААОАЕУ

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. Перспективы развития ТРДД для региональных самолетов

Ю. Фокин

6. "Салют" интенсивно внедряет CALS-технологии

Ю. Елисеев

8. Новые технологические решения при непрерывном обкатном зубошлифовании на станках фирмы "Рейсхауэр"

А. Калашников

10. Совершенные технологии ОАО "УМПО"

В. Лесунов

12. САУ в небе

Ю. Дудкин

13. САУ на земле

В. Бурдин

13. Полвека в авиапроме

Б. Конторович

14. Наши двигатели для современных самолетов

А. Новиков

16. Электроэрозионные станки MITSUBISHI ELECTRIC: точно, быстро, просто, надежно

18. Агрегаты для двигателей от "Молнии" - оптимальное решение

Е. Распопов, А. Краснов, Р. Юсупов

20. Технологии "САПР" обеспечивают успешное решение производственных задач

Интервью с В. Покладом

22. Вспомогательный газотурбинный двигатель ТА18-100

23. ФГУП УАП "Гидравлика"

24. Высокоскоростные электроэрозионные проволочно-вырезные станки ROBOFIL фирмы CHARMILLES (Швейцария)

В. Полуянов

26. Мечтал о самолетах, а сердце отдал кораблям

(к 75-летию генерального конструктора В.И. Романова)

Ю. Бондин

30. Под небом голубым

32. Пермские ГТУ на рынке газовых турбин

В. Пыхтеев, Ю. Решетников, В. Чичелов

35. Исследование динамичной многокамерной двигательной установки на жидком топливе

В. Шерстянников

38. Экологически чистая энергия в нужном месте в нужное время

40. Генеральный конструктор

Сергей Константинович Туманский

Л. Берне

44. Советские атомные подводные лодки первого поколения

А. Маринин

49. Пожаровзрывобезопасное дизельное топливо для боевой техники

В. Клименко, М. Чемеза, Ю. Попов, М. Игольников

52. Его Величество - К.П.Д.

Е. Бугаец

54. Проблемы организации информационного обеспечения участников полного жизненного цикла поршневых ДВС

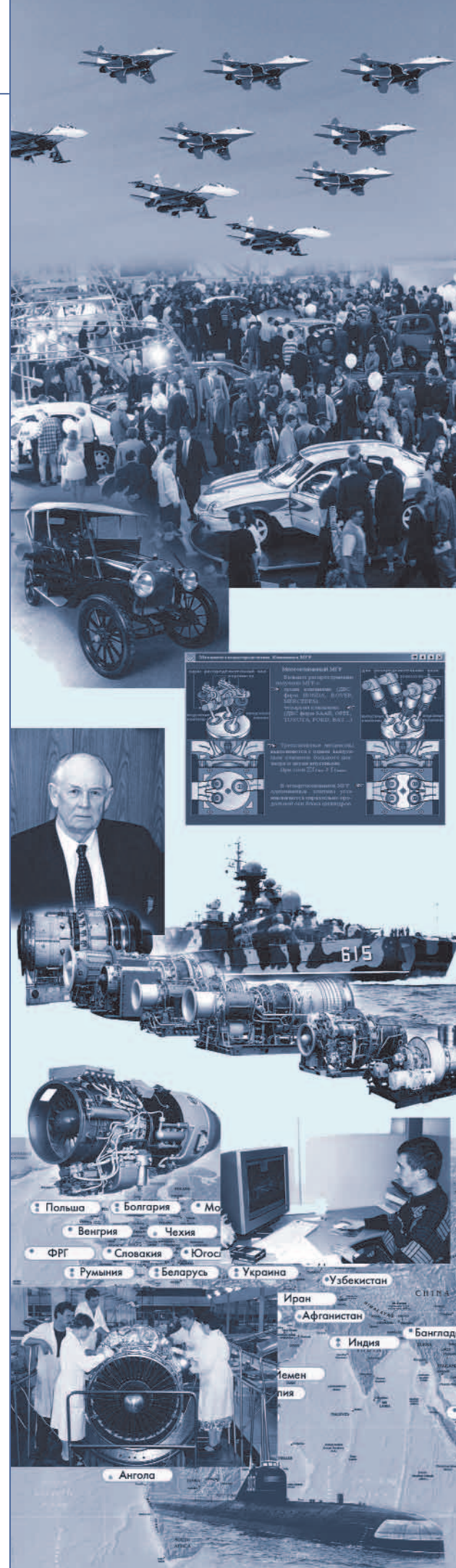
М. Шатров

57. В поисках точки опоры

Д. Соколовский

58. Памятники науки и техники: сохранение национальных технических реликвий России

Г. Григорян, Л. Кожина



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРДД ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ САМОЛЕТОВ

Юрий Фокин, научный сотрудник ЦИАМ

Возрастающая актуальность проблемы создания российского пассажирского самолета для региональных линий вызывает необходимость проведения комплекса работ, связанного с определением оптимального облика силовой установки такого самолета. Составной частью этих исследований является разработка требований к ГТД, обеспечивающих конкурентоспособность двигателя на внутреннем и внешнем рынках. В этом отношении значительный интерес представляет зарубежный опыт разработки и эксплуатации самолетов и двигателей данного класса, анализ которого позволяет более адекватно определить главные тенденции развития соответствующего сектора авиационного двигателестроения.

Одной из наиболее динамично развивающихся в последние годы разновидностей авиационных ГТД являются двухконтурные турбореактивные двигатели (ТРДД) с взлетной тягой менее 10 тс, предназначенные для региональных самолетов, которые занимают промежуточное положение между самолетами местных линий и ближнемагистральными самолетами. В классе региональных самолетов наблюдается явная тенденция к увеличению доли самолетов, оснащенных двухконтурными двигателями (Regional jets), по сравнению с долей самолетов с турбовинтовыми двигателями (ТВД). Это объясняется как стремлением пассажиров к более высокому уровню комфорта (ниже уровень шума, вибраций, меньшее время в пути), так и достигнутой в последние годы более высокой экономической эффективностью эксплуатации самолетов с ТРДД.

В настоящее время основными разработчиками и производителями региональных самолетов с ТРДД являются три компании:

- Embraer (Бразилия) - самолеты ERJ 135, ERJ 140, ERJ 145, ERJ 170, ERJ 175, ERJ 190, ERJ 195;
- Bombardier (Канада) - самолеты CRJ 200, CRJ 700, CRJ 900;
- BAe Systems Regional Aircraft (Великобритания) - самолеты Avro RJ 70, RJ 85, RJ 100.

Фирма Fairchild Dornier (США/Германия), также осуществлявшая разработку региональных самолетов (328JET, 728JET, 928JET), испытывает значительные финансовые затруднения, и ее будущее находится под вопросом.

Перечисленные современные региональные самолеты рассматриваемого класса рассчитаны на перевозку 35-110 пассажиров и имеют максимальную взлетную массу 15 500...50 000 кг. Максимальная дальность полета составляет 1650...3100 км для стандартных модификаций самолетов и 2850...4300 км для модификаций с увеличенной дальностью.

Силовая установка большинства региональных самолетов включает два маршевых двигателя и вспомогательный ГТД, используемый в качестве источника электроэнергии и сжатого воздуха для запуска маршевых двигателей и кондиционирования салона до момента включения маршевых двигателей. Единственное исключение составляет семейство четырехдвигательных самолетов Avro RJ фирмы BAe Systems Regional Aircraft (Великобритания), являющихся развитием выпускавшегося ранее семейства BAe-146. Для вновь разрабатываемых самолетов рассматривается только двухдвигательная силовая установка.

Важной чертой силовых установок региональных самолетов является способ размещения двигателей: на фюзеляже или под крылом. Для самолетов с небольшой взлетной массой основным вариантом является установка двигателей на фюзеляже в хвостовой части. Исключение составляет самолет 328JET (модификация самолета Dornier 328, оснащенного турбовинтовыми двигателями).

Семейство самолетов Bombardier CRJ может служить примером одного из важных подходов разработчиков региональных самолетов, заключающегося в создании на основе базового варианта самолета модификаций различной пассажироместности с укороченным и удлиненным фюзеляжем.

Для региональных самолетов с большой взлетной массой предпочтительным является вариант установки двигателей на пилонах под крылом.

Способ размещения двигателей на самолете оказывает влияние на выбор схемы самого двигателя. В случае установки двигателей на фюзеляже предпочтительной является схема с "длинной" мотогондолой, смешением потоков наружного и внутреннего контуров двигателя и общим соплом. При подкрыльевой установке определенные преимущества имеет схема с укороченной мотогондолой и истечением по-



Рис. 1. Семейство региональных самолетов Bombardier CRJ 200, CRJ 700, CRJ 900

токов наружного и внутреннего контуров через отдельные сопла без смешения (в этом случае, по некоторым оценкам, может быть уменьшено сопротивление самолета благодаря более благоприятному характеру взаимодействия мотогондолы и крыла).

Основными разработчиками и изготовителями двухконтурных двигателей для региональных самолетов за рубежом в настоящее время являются четыре компании:

- General Electric (США) - двигатели CF34-3B1, CF34-8C1, CF34-8C5, CF34-8E, CF34-10A/E;
- Honeywell (США) - двигатели LF507-1F, AS900;
- Rolls-Royce (Великобритания) - двигатели AE3007A, AE3007A1;
- Pratt & Whitney (Канада) - двигатели PW306B, PW800.

В составе корпораций Honeywell и Rolls-Royce разработку ТРДД для региональных самолетов осуществляют подразделения, ранее выпускавшие двигатели этого класса под собственными торговыми марками, соответственно, Lycoming (до 1994 г.) и Allison (до 1995 г.).

Ряд фирм в Европе и в Азии, таких как MTU (Германия), IHI (Япония), не являясь основными разработчиками двигателей для региональных самолетов, имеют достаточно большую долю (до 30 %) участия в отдельных проектах (разделение финансового риска, проектирование и изготовление узлов или систем, проведение части доводочных и сертификационных испытаний, ремонт и техническое обслуживание серийных двигателей).

Кроме того, в соответствии с установившейся в последние годы практикой поставки двигателя производителю самолета в составе мотогондолы, разработка мотогондолы и реверсивного устройства осуществляются специализированными фирмами по выбору разработчика двигателя.

По уровню параметров и конструктивному облику могут быть выделены два класса ТРДД для региональных самолетов:

- двигатели в классе взлетной тяги 3...4 тс, применяемые на 35-50-местных двухдвигательных и на 80-110-местных четырехдвигательных региональных самолетах;
- двигатели в классе взлетной тяги 6...8 тс, применяемые на 70-100-местных региональных самолетах.

Каждый из приведенных классов двигателей характеризуется как общими, так и различными конструктивно-параметрическими чертами. В частности, в двигателях класса тяги 3...4 тс применяются решения, свойственные малоразмерным ГТД (например, противоточная камера сгорания или осецентрибежный компрессор). Двигатели в классе тяги 6...8 тс приближаются по своему облику к двухконтурным двигателям большой размерности.

В качестве примера типичной конструктивной схемы ТРДД нового поколения в классе взлетной тяги 3...4 тс может рассматриваться двигатель AS900, разработанный фирмой Honeywell (США) для перспективных региональных и служебных самолетов.

Примером ТРДД нового поколения в классе тяги 6...8 тс является двигатель CF34-10, разрабатываемый фирмой General Electric (США) для региональных самолетов ERJ 190/195 и ARJ 21.

Анализ современного состояния и основных тенденций развития зарубежных двухконтурных двигателей, предназначенных для применения на региональных самолетах различных классов, показывает, что основными тенденциями являются снижение стоимости приобретения и эксплуатации, а также уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

Характерными параметрическими и конструктивными чертами современных ТРДД для региональных самолетов являются:

- параметры рабочего процесса: степень двухконтурности $m = 4,5...5,0$, суммарная степень повышения давления $\pi_{\Sigma}^* = 24...30$, температура газа перед турбиной $T_r^* = 1550...1650\text{K}$ (максимальное значение $T_{r \text{ red line}}^* = 1750...1800\text{K}$), запас по температуре газа при расчете на прочность деталей "горячей" части двигателя ΔT_r^* до 150K;

- использование отработанных элементов, узлов и систем, что способствует сокращению сроков и затрат на разработку и



Рис. 2. Региональный самолет Embraer ERJ 170

обеспечивает высокие показатели ресурса и надежности с момента ввода в эксплуатацию;

- двухвальная конструктивная схема;
- схема со смешением потоков при установке на фюзеляже; при установке под крылом рассматриваются как схема со смешением, так и схема с отдельными соплами;
- широкохордный вентилятор без полок с высокой стойкостью к внешним воздействиям;
- подпорные ступени в двигателях, имеющих одноступенчатую турбину высокого давления;
- высоконапорный осевой или осецентрибежный компрессор высокого давления с лопатками, изготовленными по технологии "Blisk" (блок лопатка + диск);
- кольцевая укороченная прямоточная камера сгорания с низким уровнем эмиссии вредных веществ и широким диапазоном условий запуска;
- одно- или двухступенчатая охлаждаемая турбина высокого давления с монокристаллическими рабочими лопатками (для снижения стоимости в некоторых случаях рассматривается применение немонокристаллических сплавов);
- шевронные сопла, применение которых может обеспечить снижение уровня шума двигателя на величину до 3,5 дБ (конфигурация шевронного сопла двигателя CF34-10 показана на рис. 4);
- применение композиционных материалов (канал внешнего контура и др.) и акустических покрытий нового поколения;
- двухканальная электронная система автоматического управления с полной ответственностью (FADEC), интегрированная с развитой системой контроля технического состояния двигателя;
- модульная конструкция двигателя, не требующая подгонки и регулировки при замене модулей в эксплуатации, минимальное время замены модулей в эксплуатации;
- сокращение числа трубопроводов путем размещения в стенках корпуса дренажных каналов и каналов для промывки компрессора;
- бороскопический осмотр с доступом 360°; возможность использования видеоскопа с высоким разрешением;
- широкое использование быстрофиксируемых и самоконтращихся соединительных элементов; отказ от использования контрольной проволоки;

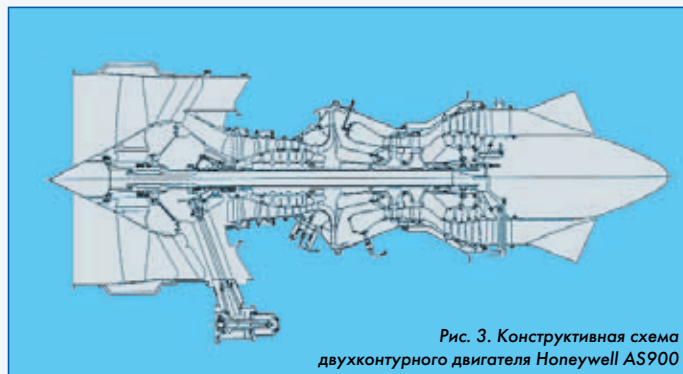


Рис. 3. Конструктивная схема двухконтурного двигателя Honeywell AS900

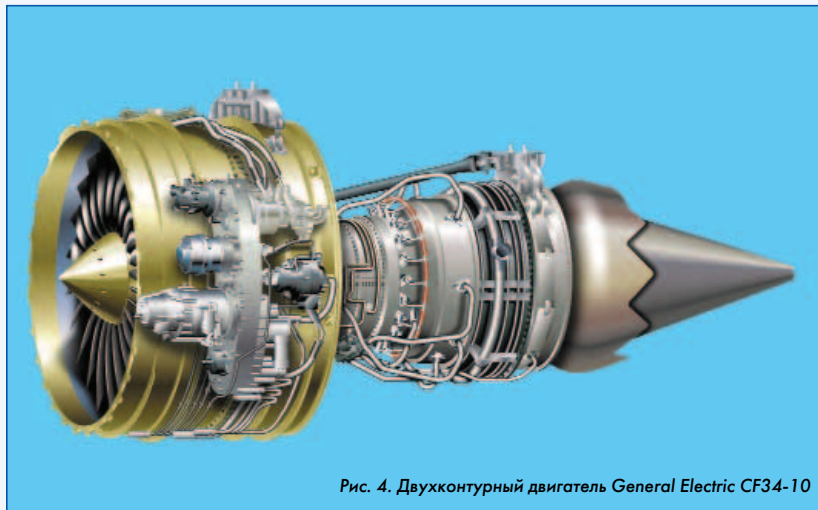


Рис. 4. Двухконтурный двигатель General Electric CF34-10

- сокращение общего числа деталей (на 30...50 % по сравнению с двигателями предыдущего поколения) и инструментов для обслуживания; упрощение технического обслуживания (максимум операций - "на крыле");

- наличие автоматически включаемого максимального взлетно-го режима (прирост тяги на 10 %), обеспечивающего безопасное завершение полета при отказе одного из двигателей на взлете;

- поставка двигателя в составе мотогондолы;
- инвариантность установки двигателя на самолете (на фюзеляже или под крылом);

- воздушный запуск с отбором воздуха от бортового вспомогательного ГТД;

- предусмотренные в конструкции базового двигателя возможности для дальнейшего развития по повышению тяги и улучшению экономичности;

- сокращение сроков создания двигателя (фирма General Electric заявила о планах сокращения до 18 месяцев периода испытаний, сертификации и запуска в серийное производство);

- создание на основе базового двигателя нескольких модификаций для применения на различных самолетах;

- в качестве возможного перспективного решения рассматривается применение редукторного привода вентилятора (в частности, редуктор применен фирмой Pratt&Whitney (Канада) в перспективном двигателе PW800, что, по утверждению фирмы-разработчика, позволит улучшить характеристики двигателя путем оптимизации значений частоты вращения вентилятора, компрессора и турбины низкого давления).

Характерной особенностью современного этапа развития двигателей данного класса является также широкая кооперация фирм различных стран при разработке и изготовлении ТРДД.

В результате реализации перечисленных технических решений в современных ТРДД для региональных самолетов достигнуты следующие показатели:

- удельный расход топлива на крейсерском режиме $C_{R \text{ крейс}} = 0,63...0,68$ кг/кгс·ч (в условиях $H = 10...12$ км, $M = 0,75...0,8$); удельная масса двигателя по отношению к взлетной тяге $g_{\text{дв взл}} = 0,19...0,22$ кг/кгс;

- эксплуатация по техническому состоянию с момента ввода в эксплуатацию, при этом ресурс основных деталей - 12 000...25 000 полетных циклов, наработка на "крыле" - не менее 10 000...12 000 ч;

- снижение стоимости обслуживания на 20...30 % по сравнению с двигателями предыдущего поколения;

- уровень эмиссии вредных веществ - на 40...50 % ниже существующих требований;

- уровень шума самолетов с двигателями нового поколения - на 15...20 дБ ниже существующих требований.

Исходя из сказанного, а также учитывая наличие за рубежом большой номенклатуры конкурентоспособных ТРДД, предназначенных для применения на региональных самолетах, крайне актуальной становится задача создания конкурентоспособного российского двигателя для перспективных региональных самолетов различных классов. По различным оценкам ЦАГИ и ГосНИИ ГА потребность российских авиакомпаний в период до 2015 г. может составить до 300-550 региональных самолетов различных классов, в том числе до 200 самолетов на 50-70 мест.

В принятой в 2001 г. Федеральной целевой программе "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" предусматривается создание на конкурсной основе нового регионального самолета и двухконтурного двигателя для него. В соответствии с техническим заданием на конкурс, проведенный в начале 2003 г., представлялись технические предложения, предусматривавшие создание региональных самолетов вместимостью 50-90 пассажиров. В качестве базового варианта самолета в техническом задании рассматривался самолет на 70-75 пассажиров с потребной тягой двигателей 5...7 тс.

На конкурс были представлены три проекта:

- семейство самолетов RRJ - Russian Regional Jet (техническое предложение ОАО "ОКБ Сухого", ОАО "Ил", ОАО "ОКБ им. А.С.Яковлева");

- самолет Ту-414 (техническое предложение ОАО "Туполев");
- самолет М-60-70 (техническое предложение ФГУП "ЭМЗ им. В.М. Мясищева").

По итогам конкурса победителем признан проект семейства самолетов RRJ с двигателем SM146, разрабатываемым совместно фирмами ОАО "НПО "Сатурн" (Россия) и Snecma Moteurs (Франция).

Предполагается, что на всех самолетах семейства RRJ (60-95 пассажиров) будет устанавливаться один и тот же двигатель с различной настройкой системы управления (для обеспечения требуемого значения взлетной тяги).

До настоящего времени данные двигателя SM146 в открытой печати не опубликованы. Известно, что двигатель разрабатывается на базе демонстрационного газогенератора DEM 21, испытания которого проведены фирмой Snecma Moteurs в 2002 г. ОАО "НПО "Сатурн" отвечает за разработку вентилятора, подпорных ступеней, турбины низкого давления и некоторых других элементов двигателя.

В проекте SM146 предполагается использование целого ряда перспективных технических решений, что позволяет рассчитывать на создание в ближайшем будущем лет конкурентоспособного на внутреннем и внешнем рынках двигателя для перспективных региональных самолетов. **ПА**

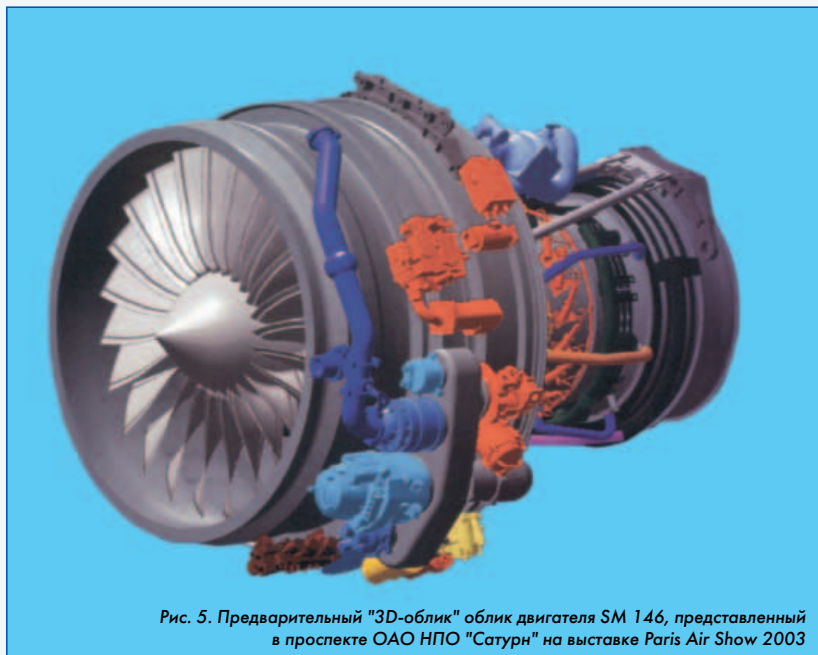


Рис. 5. Предварительный "3D-облик" облик двигателя SM 146, представленный в проспекте ОАО НПО "Сатурн" на выставке Paris Air Show 2003

ДВИГАТЕЛИ 2004

Восьмой
международный салон

ВВЦ, 12-16 апреля

Только здесь Вы сможете ознакомиться с новейшими достижениями ведущих фирм мира в области авиационного, космического, транспортного, энергетического и промышленного двигателестроения.

В рамках Салона пройдет научно-технический симпозиум

“Двигатели и экология”

Не упустите шанс, планируйте свое участие в нашем Салоне

По вопросам выставки и симпозиума
обращаться по адресу:
105118, Москва, проспект Буденного, 19
Тел./Факс:(095) 369-8048, 366-4588
E-mail: assad@assad.ru <http://www.assad.ru>



Ассоциация
"Союз авиационного двигателестроения"

В.Г. Ш

"САЛЮТ" ИНТЕНСИВНО ВНЕДРЯЕТ CALS-ТЕХНОЛОГИИ

Юрий Елисеев, генеральный директор ФГУП "ММПП "Салют", д.т.н., профессор

В последние годы необходимым условием обеспечения устойчивого положения предприятий на внутреннем и внешнем рынках является широкое внедрение информационных технологий поддержки всех этапов жизненного цикла продукции - так называемых CALS-технологий. Применение CALS-технологий обеспечивает сокращение продолжительности производственного цикла, уменьшение затрат и повышение качества продукции. Минимальный совокупный эффект от внедрения CALS-технологий оценивается в 30%. Для предприятия, выпускающего такие сложные и наукоемкие изделия, какими являются авиационные двигатели, отставание в освоении CALS-технологий может привести к ощутимым потерям как на внешнем, так и на внутреннем рынках.

ФГУП "ММПП "Салют" использует различные элементы CALS-технологий для поддержки следующих основных этапов жизненного цикла продукции:

- проектно-конструкторских работ;
- технологической подготовки производства;
- изготовления продукции;
- проведения испытаний;
- сервисного обслуживания и ремонта;
- финансово-экономической деятельности;
- управления предприятием и маркетинга.

Программа разработки и внедрения элементов CALS-технологий на предприятии реализуется с 1996 г. К 2003 г. количество автоматизированных рабочих мест увеличилось более чем в 40 раз и достигло 2500 единиц.

На этапе изготовления деталей применение элементов CALS-технологий основывается на использовании оборудования с ЧПУ для формообразующих и контрольных операций. За последние четыре года было приобретено более 400 современных станков таких известных фирм, как Starrag, Liechti, Willemin, Fehlmann, Micron, WFL, Boehringer, Cincinnati, AGIE, Sodick, Gleason-Pfauter, Kliengelberg, Ipsen, LK, Tesa, Opton и многих других.

Для информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) ГТД применяются как коммерческие программные продукты (Microsoft Office, CAD/CAM/CAE и CFD-пакеты), так и разработанные на предприятии специализированные программы. Для управления проектированием и подготовкой документации используется система автоматизированного документооборота Motiva.

Конструкторское бюро располагает пакетом программ для выполнения полного комплекса проектных работ и использует такие CAD/CAM/CAE и CFD-системы, как Unigraphics 18, AutoCAD 2002 rus с надстройками Genius 14.0 COMMERCIAL, Mechanics 2000, VARIO RT FOR GENIUS 14 EN NT 95 CD CLN, ANSYS 5.5, Star-CD Suite Version 3.100B, FLOWER, HYDROWEB, PHOENICS и др. Применение CAD-системы Unigraphics для трехмерного моделирования и AutoCAD для подготовки чертежной документации позволило исключить этап изготовления макетных прототипов. Профилирование проточной части и расчет параметров течения воздушного потока выполнялись с помощью пакета программ ANSYS.

На базе собственных разработок и научно-технического сотрудничества технологической службы ММПП "Салют" с разработчиками освоены и внедрены новые технологии проектирования и производства с малыми припусками таких ответственных деталей, как крупно- и малогабаритные лопатки, рабочие колеса центробеж-

ных ступеней, диски компрессоров и турбин, крупногабаритные корпуса особо сложных форм.

Локальная компьютерная сеть КБ позволяет передавать информацию между подразделениями, обеспечивая соблюдение конфиденциальности и обновление базы данных (БД).

В КБ CALS-технологии использовались при проектировании:

- центробежных колес компрессора;
- модернизированных турбин для двигателя АЛ-31Ф с более высокой температурой газов перед турбиной по сравнению с турбиной серийного изделия;
- новой системы управления двигателя (совместно с НПО "ЭГА");
- компрессоров низкого давления для различных модификаций двигателя АЛ-31Ф;
- поворотных сопел для различных модификаций АЛ-31Ф.

Для повышения конкурентоспособности предприятия и расширения рынка в 2000 г. был организован ОГК-4. Основной его задачей является создание промышленных ГТУ для энергетики, газовой промышленности и флота. В ОГК-4 спроектирован ряд двигателей и установок, уже ведутся испытания некоторых из них. Так, в Ямбурге запущена установка на базе двигателя АЛ-21 с силовой турбиной ДЦ-59, изготовленной в Запорожье. Для замены вырабатывающих ресурс установок других предприятий разработана и изготавливается стационарная ГТУ ГТЭ-20С. Для нее была спроектирована новая свободная силовая турбина мощностью 20 МВт с газогенератором на базе АЛ-21. Недавно эта турбина достигла проектной мощности. По договоренности с Мосэнерго разработана установка МЭС-60 для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии с электрическим к.п.д. 52%.

Компонентами единой информационной CALS-среды ОГК-4 являются:

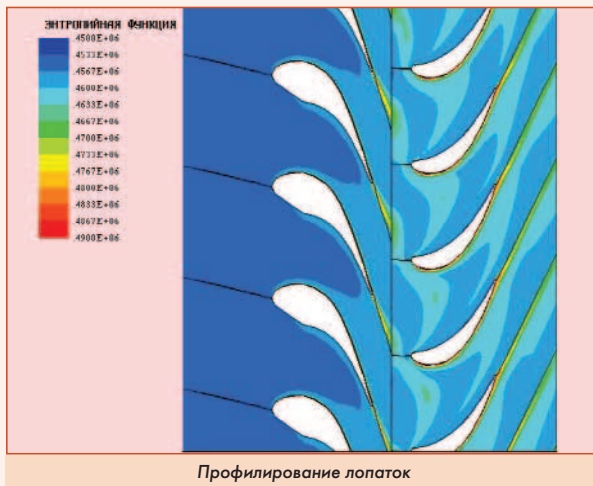
1. Наличие современных средств вычислительной техники и оборудования:

- около 40 высокопроизводительных графических станций (позволяют создавать 3D-модели двигателей);

- многопроцессорные компьютеры для проведения газодинамических, теплофизических и прочностных расчетов отдельных деталей и целых узлов;

- компьютерная сеть, обеспечивающая непрерывную связь через Internet;
- файловый сервер данных отдела;
- сканеры и струйные плоттеры больших форматов.

2. Информационный менеджер проектов с общей для всех документов БД, хранящейся на сервере отдела. Сейчас это КОМПАС-МЕНЕДЖЕР - программа российской фирмы "АСКОН". На базе информационного



Профилирование лопаток

менеджера сформирован электронный архив ОГК-4.

3. Лучшие системы автоматизированного проектирования мировых и отечественных лидеров Unigraphics, AutoCAD, КОМПАС.

4. Комплексные системы программ для выполнения газодинамических, теплофизических и прочностных расчетов разного уровня (FlowER, Star-CD, ANSYS, MSC.Nastran, MSC.MARC).

В отделе главного технолога и в технологическом бюро цехов организовано автоматизированное получение полного комплекта технологической документации, проектирование оснастки и выпуск чертежей. В технологических подразделениях внедрены такие пакеты, как ТехноПро, СИТЕП и TECHCARD, имеющие в качестве CAD-составляющих системы T-FLEX и AutoCAD. Значительный опыт применения современных информационных технологий накоплен при использовании программного комплекса КИМОС в процессе подготовки серийного производства конических зубчатых передач с круговой формой зубьев двигателя АЛ-31Ф. Оптимизированные наладочные установки сохраняются в памяти компьютера станка и при необходимости легко вызываются по номеру управляющей программы, причем наладка станка осуществляется автоматически.

На заводе организована система сквозного проектирования и изготовления оснастки. С внедрением систем Unigraphics, Solid Edge и Cimatron, а также налаживанием внутризаводской сети передачи информации удалось значительно сократить сроки подготовки производства деталей с длительным и трудоемким циклом изготовления.

Для разработки электронных математических моделей деталей, изготавливаемых литьем, на заводе была собрана специальная группа конструкторов, которая освоила методы формирования САД-файлов в программных системах Unigraphics, Solid Edge и Cimatron. Благодаря этому, а также наличию установки ThermoJet удалось в кратчайшие сроки обеспечить литьем производство регулируемого сопла с управляемым вектором тяги.

В отделе главного сварщика CALS-технологии реализуются по двум направлениям:

- внедрения современного высокопроизводительного оборудования, способного обмениваться производственной информацией в среде заводской локальной сети;
- создания базы данных технологических, конструкторских и организационных документов.

Только в рамках первого направления в 2001 г. закуплены, установлены и запущены лазерный комплекс Bystar для раскроя листа и установка для плазменного напыления фирмы Sulzer metco. Математическое обеспечение установок позволило включить их в локальную заводскую сеть для отслеживания производственной информации о продукции.

Для проведения различных испытаний авиадвигателя и для отыскания неисправностей используется автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) "Регистрация и осциллографирование". АСУ ТП "Испытания камеры сгорания" предназначена для проверки стабильности параметров камер сгорания авиадвигателей.

Отслеживание качества изделий в эксплуатации возложено на эксплуатационно-ремонтный отдел. Осуществлен перевод ЭТД в бумажном виде по двигателю АЛ-31ФН на электронные носители. В рамках концепции CALS-технологий проводятся работы по созданию ЭТД по двигателю АЛ-31ФН на электронном носителе в интерактивном виде.

Внедрению CALS-технологий на предприятии способствовали новые подходы в кадровом сопровождении научно-производственных программ. На первый план вышла задача обучения персонала. Дело в том, что многие специалисты предприятия заканчивали вузы, когда компьютеров почти не было. Кроме того, в институтах при традиционной подготовке не дается объем специальных знаний, который позволил бы



Демонстрируются детали и узлы современных ГТД, изготовленные с применением CALS-технологий

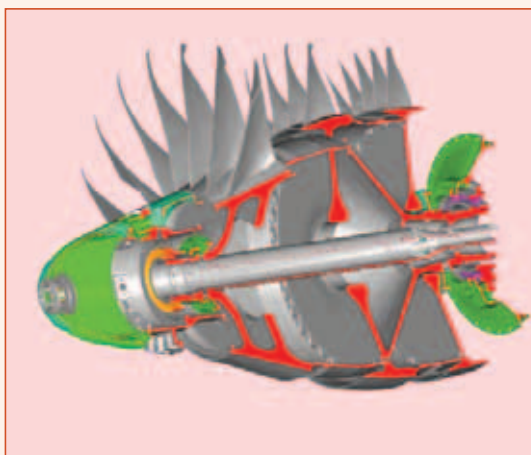
выпускнику сразу создавать конструкции и технологии на машинных носителях в среде автоматизированных систем. Поэтому после приобретения компьютеризированной техники и соответствующих программно-методических комплексов подготовка персонала предприятия стала неотложной и чрезвычайно важной задачей.

В 1998 г. объединенные подразделения отделов технического обучения ММПП "Салют" и подразделения учебно-научного комплекса "Аэрокосмические конструкции и технологии" Российского государственного технологического университета им. К.Э. Циолковского (МАТИ) были преобразованы в Институт целевой подготовки специалистов (ИЦПС) по двигателестроению. В учебно-научный процесс включились специалисты базового предприятия и МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, РГТУ им. К.Э. Циолковского, РГУ инновационных технологий и предпринимательства, МАМИ, ВВИА им. Н.Е. Жуковского, МГТУ СТАНКИН, что позволило существенно улучшить учебно-методическое и научное обеспечение подготовки кадров и расширить спектр направлений, специальностей и специализаций с учетом требований научно-производственного центра. Обучение персонала предприятия осуществляется на факультетах подготовки и повышения квалификации ИТР, а также подготовки и переподготовки рабочих.

Помимо обучения средствам САПР, АСТПП и управления проектами, в ИЦПС ведется обучение специалистов английскому и немецкому языку, через аспирантуры московских вузов ИЦПС готовит специалистов высшей квалификации. Ежегодно в компьютерных классах проходят обучение 500 человек.

Изменение объектов производства под влиянием требований конкурентоспособности на внешних и внутренних рынках и структурная перестройка технологических систем обуславливают переход от кадрового обеспечения к кадровому и учебно-научному сопровождению наукоемких программ НПЦ для всех стадий ЖЦ создаваемых в соответствии с этими программами сложных технических систем. Основным механизмом, обеспечивающим этот переход, является интеграция НПЦ и учебно-научных учреждений, обеспечивающая прежде всего совместное использование интеллектуальной собственности.

По прогнозам западных специалистов, к 2010 г. свыше 80 % промышленных предприятий будут сопровождать свою продукцию на всех стадиях ЖЦ соответствующим электронным описанием. Те страны, которые не смогут этого сделать, потеряют внешние рынки сбыта для своих изделий.



Вентилятор КНД-952



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ОБКАТНОМ ЗУБОШЛИФОВАНИИ НА СТАНКАХ ФИРМЫ "РЕЙСХАУЭР"

Александр Калашников, директор представительства фирмы "Рейсхауэр", профессор

Фирма "Рейсхауэр" (Швейцария) - мировой лидер станкостроения - основана более 200 лет назад в городе Цюрихе как кузнечная мастерская.

С середины XIX века фирма получает мировую известность как производитель высококачественного металлообрабатывающего и измерительного инструмента. Важным этапом в становлении фирмы явилось создание совершенно новых конструкций станков для шлифования резьбы в 1928 г. и зубьев шестерён в 1945 г. В настоящее время прецизионные зубо- и резбошлифовальные станки фирмы "Рейсхауэр" широко используются в промышленно развитых странах в автомобиле- и тракторостроении, моторостроении, самолётостроении, редукторостроении и других областях промышленности для производства высококачественных конкурентоспособных продуктов. С 1937 г. фирма "Рейсхауэр" поддерживает тесные деловые контакты с Советским Союзом. За этот период времени поставлены многие сотни станков для промышленных предприятий нашей страны.

Современные условия эксплуатации зубчатых передач в ответственных узлах, агрегатах, двигателях и машинах требуют от них повышения вращающих моментов, снижения массы и размеров, плавности и бесшумности вращения, увеличения прочности и долговечности работы. В связи с этим существенно возросли требования, предъявляемые к точности изготовления и шероховатости поверхности зубьев цилиндрических передач.

В результате анализа существующих технологических процессов можно сделать вывод, что наиболее эффективной операцией финишной обработки рабочих поверхностей зубьев является зубошлифование. По сравнению с другими операциями оно позволяет не только существенно уменьшать погрешности изготовления зубьев, возникающие на предварительных механических операциях и при термической обработке, но и стабильно получать поверхности зубьев с параметрами точности в заранее заданном диапазоне.

Следует также отметить, что зубошлифование стабильно обеспечивает шероховатость поверхности зубьев Ra 0,3...1,6 мкм.

Значительным преимуществом зубошлифования является возможность воспроизведения различных модификаций боковой поверхности зуба. Под модификациями понимают заранее заданные конструктором отклонения (симметричные и несимметричные) от теоретического профиля прямых и косых зубьев. Эти отклонения способствуют созданию благоприятных условий зацепления во время передачи вращающих моментов при повышенных деформациях (тепловых или под нагрузкой) и смещении элементов зубчатого колеса и несущих конструкций. Создание метода непрерывного зубошлифования червячным шлифовальным кругом явилось важным этапом развития финишной обработки закалённых зубчатых колёс.

Непрерывное обкатное зубошлифование является одним из наиболее производительных и точных методов шлифования зубьев. В качестве инструмента используют червячный шлифовальный круг 1 (рис. 1), исходный контур которого имеет форму зубчатой рейки. Эвольвентный профиль зуба образу-

Технические параметры	Модель станка			
	RZ 150	RZ 362 RZS	RZ 400	RZ 820
Метод зубошлифования	Обкатной	Обкатной	Обкатной	Обкатной
Внешний максимальный диаметр заготовки, мм	150	360	400	820
Минимальный диаметр окружности впадин зубьев, мм	10	10	10	50
Максимальная длина заготовки, мм	350	745	-	1185
Число зубьев	6-150	6-600	5-999	10-600
Модуль, мм	До 3	0,1-7	0,5-8	0,5-8
Угол наклона зубьев, °	0...±40	0...±45	0...±45	0...±30
Максимальная масса заготовки, кг	3	60 с оправкой	300	300 с оправкой
Частота вращения, мин ⁻¹	1100...4375	100...2300	1000...4010	1100...2150
Масса станка, кг	-	6600	-	7700
Червячный шлифовальный круг:				
число заходов	1-7	1-3	1-7	1-3
наружный диаметр, мм	275... 206	350...280	300...205	400...280
ширина, мм	125	104	125	84...104

ется посредством движения обката червячного шлифовального круга 1 и зубчатого колеса 3, находящихся в беззазорном зацеплении. Точечный контакт на нескольких левых и правых боковых поверхностях зубьев колеса 3 и витков круга 1 при их вращении обеспечивает непрерывный съём материала. Благодаря подачам круга в радиальном направлении 5 и заготовки в осевом направлении 4 шлифуется вся ширина зубчатого венца.

Зубошлифовальные станки фирмы "Рейсхауэр" способны шлифовать зубчатые колёса различной формы: валы, диски, зубчатые сегменты, зубчатые долбяки, дисковые шеверы. Эти станки стабильно обеспечивают точность выше, чем 4-3 степень точности по ГОСТ 1643-81; на них могут быть выполнены практически все модификации по профилю и длине зуба, встречающиеся в промышленности.

Важнейшей составляющей непрерывного обкатного шлифования является автоматическая профильная правка червячного шлифовального круга (рис. 2, а). Наибольшее распространение получила правка с помощью двух металлических кругов, покрытых слоем алмазных зёрен (чаще природных), связанных никелем гальваническим способом. Левые и правые боковые поверхности витков круга 1 и

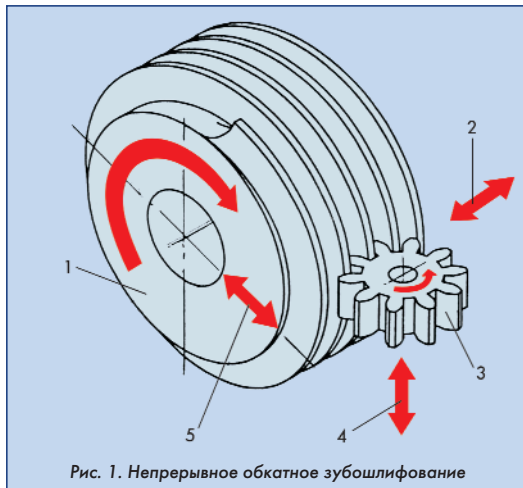


Рис. 1. Непрерывное обкатное зубошлифование

дно их впадины правят одноконусными алмазными кругами 3 и 4, а наружный диаметр протачивают торцом дискового алмазного круга 2 (рис. 2, б). Частота вращения одноконусных кругов до 8000 мин⁻¹. Правку производят после использования всей ширины круга, время правки 2...5 мин при нормальной эксплуатации. Массивные червячные шлифовальные круги допускают большое число правок (100...150) при шлифовании 5...30 колёс между правками.

На станках моделей RZ 150 и RZ 400 имеется возможность с помощью алмазного ролика 5 производить правку по точкам для воспроизведения любых модификаций на головке и ножке зуба (рис. 2, в). Такая правка является гибкой, её применяют в опытном и мелкосерийном производстве. Непременным условием качественного зубошлифования является применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на базе минеральных масел с низким пенообразованием, которые предназначены для отвода тепла от заготовки и инструмента и смыва отходов шлифования в специальные резервуары.

В целях сохранения режущих свойств круга и устранения образования прижогов на поверхности зубьев СОЖ подается в зону шлифования под давлением 500...2000 кПа и промывает поры круга от металлической стружки. Высокое давление позволяет СОЖ преодолевать воздушную подушку, возникающую при шлифовании, и свободно поступать непосредственно в зону резания. Специальная установка, расположенная вне станка, производит очистку СОЖ с помощью центрифуги или фильтрующего материала (размер частиц остаточного загрязнения менее 5...10 мкм) и её охлаждение.

При непрерывном обкатном шлифовании применяют массивные червячные шлифовальные круги (диаметром 275, 300, 350, 400 мм и шириной 84, 104, 125 мм), которые устанавливают на прецизионную планшайбу с коротким конусом. Они обеспечивают стабильность силы резания при шлифовании, малейшие вибрации поглощаются массой инструмента. Перед установкой на станок круги динамически балансируются в двух плоскостях с помощью трёх грузиков на планшайбе с точностью 20...40 г·мм, а встроенное в станок балансировочное приспособление автоматически поддерживает высокую точность балансировки круга в течение всего срока службы.

Возможность направленного изменения профиля инструмента для обработки зубчатых колёс с различными параметрами обусловила повсеместное применение правящих шлифовальных кругов. Чаще всего материалом служит электрокорунд белый высшего качества или смесь спечённого корунда (30 %) и электрокорунда белого. Электрокорунд белый при затуплении округляется, быстро теряет свои режущие свойства и требует частой профильной правки. Спечённый корунд имеет рифлёную поверхность, которая в процессе шлифования под действием силы резания равномерно выкрашивается, образуя новые режущие кромки. Достигается высокая производительность, сокращается время шлифования.

Значительно расширены технологические возможности непрерывного обкатного шлифования при обработке на станке RZ 400 (рис. 3). Конструктивное расположение узлов станка существенно

отличается от применяемого до настоящего времени, что позволяет решать ранее невыполнимые технологические задачи. Шлифовальный шпиндель 2 установлен в жёсткой поворотной инструментальной бабке 1 и совершает все движения, необходимые для ведения шлифования и правки. Заготовка 3 осуществляет только вращение (без линейных перемещений), что обеспечивает ей высокую жёсткость и удобство для автоматической и ручной загрузки.

При шлифовании станок стабильно обеспечивает по нормам кинематической точности, плавности работы и пятна контакта точность зубьев выше 3-й степени. Он может работать с многозаходными шлифовальными кругами со скоростью до 63 м/с.

С помощью интегрированной системы программного обеспечения на базе диагонального шлифования на станке может быть произведён регулярный микрорельеф на поверхности зубьев, аналогичный достигаемому при зубохонинговании. По сравнению с обычным шлифованием происходит изменение систематических шлифовальных резов, при этом высота микронеровностей уменьшается приблизительно в два раза. Регулярный микрорельеф исключает взаимное обкатывание шлифовочных резов - эффект "стиральной доски", что способствует снижению виброактивности передачи (особенно при частоте вращения более 3000 мин⁻¹), хорошему удержанию смазочной плёнки на поверхности зубьев и не требует щадящего режима в начальный период эксплуатации.

Известно, что образование в поверхностных слоях зубьев внутренних напряжений сжатия повышает сопротивление зубчатых зацеплений усталостным разрушениям и возникновению микротрещин, а образование внутренних напряжений растяжения снижает это сопротивление. Специальные математические программы позволяют производить шлифование на станке RZ 400 с такой мощностью, которая обеспечивает действие в поверхностных слоях заготовки преимущественно механических напряжений сжатия. Внутренние напряжения сжатия (кривая 2), полученные в поверхностных слоях зубьев при непрерывном обкатном шлифовании зубчатых колёс ($m = 2...3,2$ мм, припуск на сторону 0,08...0,12 мм) абразивным (электрокорунд и спечённый корунд) червячным шлифовальным кругом на станке RZ 400, приведены на рис. 4. Для сравнения приведены также кривые внутренних напряжений сжатия, полученные при прерывистом профильном шлифовании двусторонним коническим кругом из кубического нитрида бора (кривая 1) и при зубохонинговании абразивным хоном с внутренним зацеплением (кривая 3).

Таким образом, при шлифовании зубьев на станке RZ 400 получают поверхностный слой со свойствами, характерными для методов "холодной" обработки: хонингования, притирки и дробеструйной обработки.

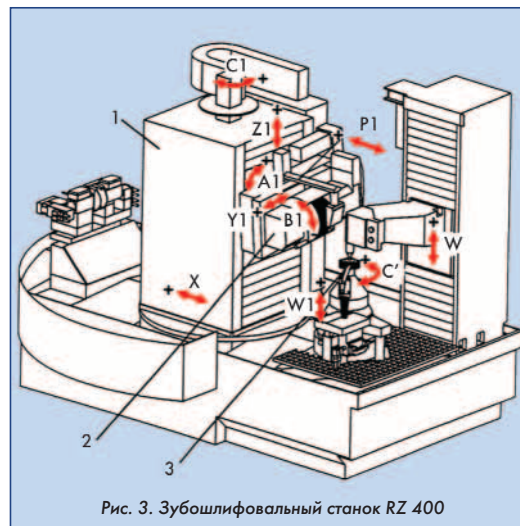


Рис. 3. Зубошлифовальный станок RZ 400

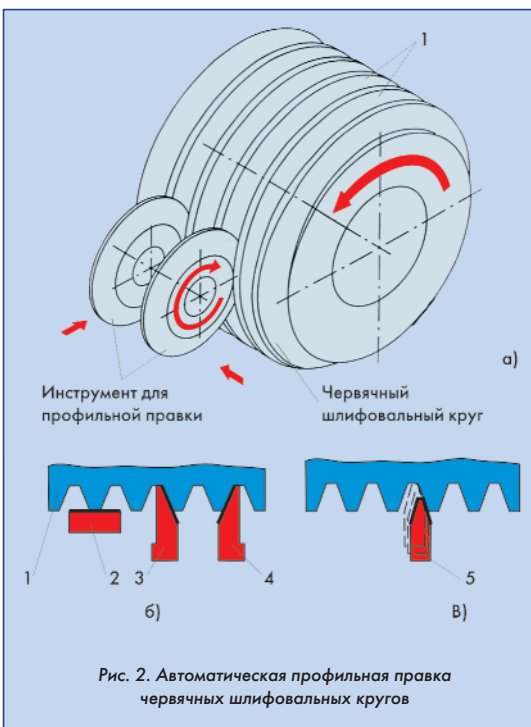


Рис. 2. Автоматическая профильная правка червячных шлифовальных кругов

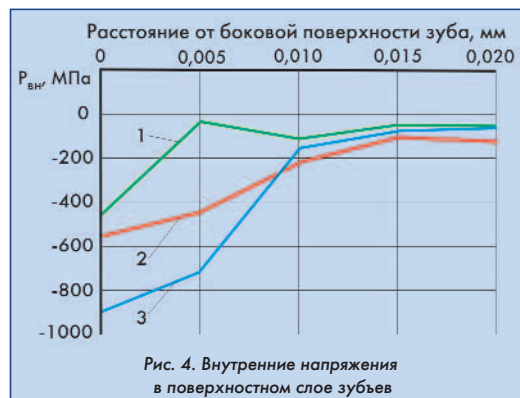


Рис. 4. Внутренние напряжения в поверхностном слое зубьев

СОВЕРШЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОАО "УМПО"



Валерий Лесунов, генеральный директор ОАО "УМПО"

В конце 1970-х годов Уфимское моторостроительное производственное объединение приступило к освоению производства турбореактивного двигателя четвертого поколения АЛ-31Ф конструкции А. Люльки для самолетов типа Су-27. Конструкция двигателя предъявляла высокие требования к применяемым технологическим процессам и к допускам на размеры деталей, что потребовало радикального технического перевооружения предприятия и внедрения новых технологий. Освоение АЛ-31Ф стало для объединения настоящим технологическим прорывом и подняло производство на качественно новый уровень. Серийный выпуск двигателей АЛ-31Ф на УМПО был начат в 1981 г. Несмотря на то, что АЛ-31Ф находится в эксплуатации уже более 20 лет, по техническим параметрам он по-прежнему остается современным и по ряду показателей превосходит лучшие зарубежные аналоги.

На пороге XXI века в НТЦ им. А. Люльки ОАО "НПО "Сатурн" под руководством В.М. Чепкина продолжалось дальнейшее совершенствование двигателя АЛ-31Ф. На базе его последних серий путем введения в конструкцию системы управления вектором тяги была создана принципиально новая модификация АЛ-31ФП (форсажный, с поворотным соплом). Получился двигатель переходного поколения "четыре плюс", который обеспечивает самолету уникальные боевые возможности благодаря использованию поворотного в вертикальной плоскости реактивного сопла.

Осесимметричное сопло двигателя закреплено на кольцевом поворотном устройстве и может отклоняться на угол 15°. Отклонение сопел производится в плоскостях, расположенных V-образно под углом 32° к вертикальной плоскости симметрии самолета. Дифференциальное отклонение сопел обеспечивает управление как по тангажу, так и по курсу, позволяя одновременно получить как вертикальную, так и боковую составляющую вектора тяги.

Для освоения производства новых узлов АЛ-31ФП было закуплено и введено в эксплуатацию новейшее прогрессивное обо-

рудование, внедрены два изобретения, разработано и внедрено более 20 принципиально новых технологических процессов.

Высокое качество покрытия поверхностей деталей с требуемыми свойствами по микроструктуре и твердости обеспечено путем внедрения технологии ионно-плазменного азотирования. С ее помощью удалось обойтись без последующей механической обработки и увеличить ресурс деталей.

Специалисты объединения стали инициаторами применения ионной имплантации, позволившей значительно повысить эксплуатационные свойства высоконагруженных деталей, в частности, турбинных и компрессорных лопаток. Ионно-лучевое легирование поверхностного слоя металлических деталей позволило создать композиционные системы с уникальными структурами, значительно отличающимися от исходного материала. По сравнению с традиционными способами упрочнения техпроцесс ионной имплантации повышает предел усталости на 15...20 %, а коррозионно-усталостной прочности сталей и медных сплавов - в 1,5...2 раза.

Применение высокотемпературной газостатической обработки титановых отливок на установке ЯО6015 устранило проблему внутренних дефектов. На 15 % увеличена длительная прочность заготовок, на 30 % повысился выход годной продукции. Технология позволяет газостатировать отливки больших размеров из стальных, алюминиевых, титановых, магниевых, жаропрочных сплавов.

Производство оболочек сложной формы из титанового сплава ВТ потребовало разработки и внедрения технологии изотермической пневмоформовки. Применение разборных термофиксаторов с раздвижными секторами способствовало значительному повышению точности изготовления необрабатываемых поверхностей узлов.

Задача обработки конических шестерен 4 класса точности была успешно решена с внедрением зубошлифовального станка G-30 с числовым программным управлением.

Общий ресурс двигателя во многом зависит от качества балансировки, остаточного дисбаланса узлов и деталей. Благодаря вне-

дрению балансировочных станков ВМ-1000 и ВМ-8000 фирмы "Диамех" величина остаточного дисбаланса снижена в три раза, существенно уменьшен уровень вибрации, что способствовало значительному увеличению ресурса двигателя.

Автоматическая аргонодуговая сварка корпусных деталей в обитаемой камере "Атмосфера-24" обеспечила всестороннюю защиту сварного шва наиболее сложных конструкций из титанового сплава. Техпроцесс проходит в среде высо-



Приемка окончательно собранного изделия АЛ-31ФП



Монтаж коммуникаций двигателя АЛ-31ФП

коочищенного аргона с контролем состава примесей. Применение этой технологии позволяет получить требуемое качество, повысить усталостную прочность сварных соединений.

Для изготовления крупногабаритных конструкций из титановых и жаропрочных сплавов освоена электронно-лучевая сварка в вакууме высококонцентрированным лучом энергии. Такой способ соединения гарантирует минимальный уровень деформаций и напряжений деталей, уменьшение припусков, высокое качество сварного шва толщиной от 1 до 40 мм. Технология применима даже в тех случаях, когда невозможно осуществить другие методы сварки.

Значительному сокращению расходов способствовало внедрение высокоскоростной аргоно-дуговой сварки тонкостенных трубок из жаропрочных, дисперсионно упрочняемых сплавов ЭП-648 на трубосварочных станках MTU фирмы "MORI" (по сравнению с изготовлением цельнотянутых заготовок).

Плазменное напыление термобарьерных металлокерамических, а также высокотемпературных антифрикционных самосмазывающихся металлических покрытий на робототехнической установке ТСЗП-МФ-Р-1000 обеспечило повышение производительности труда, свело к минимуму влияние "человеческого фактора", гарантировало полную воспроизводимость покрытия. Толщина модифицированного слоя выдерживается с точностью до 0,05 мм с требуемой шероховатостью поверхности. Освоение технологии позволило защитить поверхности деталей от агрессивного воздействия внешних сред, значительно увеличило их ресурс, сократило расход материалов. Внедрение техпроцесса ускорило производство высоконагруженных узлов ПТД, в частности, поворотного реактивного сопла.

Пайка дугowym разрядом в вакууме полым катодом на установке ДРПК обеспечила упрочнение контактных поверхностей бандажных полок рабочих лопаток ТНД. Метод позволяет припаивать износостойкие пластины из жаропрочного сплава, что увеличивает ресурс деталей в 2...4 раза. Техпроцесс позволяет напавать пластины на окончательно обработанные детали, гарантирует, благодаря локальному нагреву, сохранение физико-химических и прочностных свойств основного материала лопатки. Становится возможным упрочнять и восстанавливать лопатки из сплавов с направленной кристаллизацией при сохранении их эксплуатационных свойств.

Для детонационного напыления износостойких покрытий на бандажные полки лопаток КНД 1-3 ступеней, экранов, створок

применяется установка "Аду-Обь". Срок службы деталей повышается от 1,5 до 10 раз. Исключаются деформация напыляемых деталей и структурные изменения основного материала.

Весь комплекс работ был выполнен собственными силами специалистов объединения, что дало возможность ОАО "УМПО" изготавливать детали, инструмент и оснащение повышенного класса точности из твердых, жаропрочных материалов с применением новых методов термообработки, сварки и нане-

сения защитных покрытий. Это позволило увеличить межремонтный ресурс двигателя с 500 до 1000 ч, а назначенный - до 2000 ч. Впервые в мире начато серийное изготовление авиадвигателя со сверхзвуковым всережимным, регулируемым, осесимметричным поворотным реактивным соплом для многоцелевого истребителя.

Двигатель АЛ-31ФП



В рамках контракта на лицензионное производство многофункциональных истребителей Су-30МКИ ОАО "УМПО" определено головным предприятием по оказанию технического содействия в производстве двигателя АЛ-31ФП. Совместно с НТЦ им. А. Льюльки ОАО "НПО "Сатурн" индийским партнерам передается техническая документация и технология производства двигателей, для них изготавливается большое количество оснащения, нестандартного оборудования, самих двигателей и заготовок. Работа ОАО "УМПО" по результатам выполнения экспортных контрактов дважды удостоена почетных дипломов "Лучший российский экспортер" (2001, 2002 гг.).

По решению научно-технического совета ОАО "УМПО" коллектив заводских специалистов, принимавших активное участие в освоении серийного производства двигателя АЛ-31ФП, выдвинут на соискание Государственной премии Республики Башкортостан в области науки и техники 2003 г. Внедренные технологии, в том числе уникальные, не имеющие аналогов на отечественных предприятиях авиастроительной отрасли, будут востребованы при серийном производстве двигателя пятого поколения, в создании которого УМПО участвует согласно постановлению правительства Российской Федерации. **П**

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

Тел.: (3472) 38-5802 - для справок;

38-7544 - отдел маркетинга;

38-5811 - отдел внешнеэкономических связей;

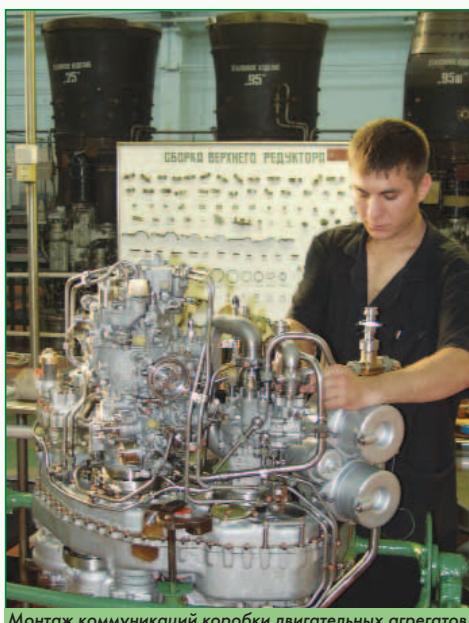
(095) 250-2216, 911-1311 - представительство в Москве.

Факс: (3472) 38-37-44.

Телекс: 162340 RICA RU

E-mail: umpo@umpo.ru

http://www.umpo



Монтаж коммуникаций коробки двигательных агрегатов



Этап контроля качества сборки

САУ В НЕБЕ



Юрий Дудкин, генеральный директор - главный конструктор ОАО "СТАР"

Современная кабина экипажа насыщена разнообразными приборами и датчиками контроля двигателя. Принятие в течение нескольких секунд полета или воздушного боя оптимального решения на основе их информации представляет собой сложнейшую задачу даже для самого высококлассного пилота. На помощь летчику приходят системы автоматического управления двигателем (САУ), разработкой, испытанием и внедрением в серийное производство которых и занимается наш коллектив. А аббревиатура СТАР расшифровывается как "Системы топливопитания и автоматического регулирования".

Должен подчеркнуть, что в своей сфере деятельности ОАО "СТАР" уникально. Это единственное в России предприятие, самостоятельно создающее и поставляющее комплексные САУ. В их числе САУ для двигателей перехватчика МиГ-31, вертолетов Ка-50, Ка-52, Ка-60, новейших пассажирских самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ту-214, Ил-114, Ан-38. Сегодня системы нашего производства действуют более чем на 50 типах воздушных судов: от Су-26М до Ил-96-300.

Наша история началась в июне 1943 г., когда в Перми при карбюраторном заводе № 33 (ныне АО "Инкар") был создан филиал Московского ОКБ № 315. В военные годы коллектив филиала занимался модернизацией и доводкой серийных карбюраторов для двигателей конструкторов А.Д. Швецова и В.Я. Климова. В годы войны ОКБ-315 и его пермский филиал работали под руководством Главного конструктора Ф.А. Короткова. Доктор технических наук, Герой социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, заслуженный деятель науки и техники Ф.А. Коротков - основатель отечественной школы разработки САУ авиационными двигателями. В 1946 г. начальником пермского филиала был назначен А.Ф. Полянский. Под его руководством в послевоенные годы была разработана система топливопитания для вертолета Ми-4, создан карбюратор для мотора "Дружба", спроектирована аппаратура для первых реактивных двигателей. В 1958 г. на Всемирной выставке в Брюсселе Ми-4 был награжден золотой медалью. Такую же медаль получила и "Дружба".

В 1957 г. пермский филиал ОКБ-315 преобразован в самостоятельное ОКБ № 33, а позднее - в Пермское агрегатное конструкторское бюро (ПАКБ). Его первым Главным конструктором стал А.Ф. Полянский - выдающийся ученый, инженер и организатор производства, лауреат Государственной премии СССР. Первыми самостоятельными разработками ПАКБ стали топливрегулирующие агрегаты для двигателей самолета Ту-124 и вертолетов Ми-6, Ми-10. В 60-70-е гг. созданы системы регулирования для двигателей самолетов Ту-134, Ил-76, Ил-62М, Ту-154М, вертолетов Ми-17, Ми-24, Ми-28, разработана САУ для двигателя танка Т-80.

В 1968 г. начаты поисковые работы в области электронной цифровой техники для управления режимами ГТД, и уже в 1974 г. был разработан первый серийный цифровой регулятор для двигателя вертолета Ми-14.

А.Ф. Полянский проявил исключительную настойчивость во внедрении в САУ цифровой электроники. Передовой замысел был одобрен АН СССР и МАП, но увидеть результат своих трудов Алексей Федорович не успел: внезапная смерть вырвала его из жизни в последний день 1973 г.

Преемником А.Ф. Полянского на посту Главного конструктора стал Г.И. Гордеев - лауреат Государственной премии СССР, доктор технических наук, профессор, почетный гражданин Перми. Под его руководством в 1975 г. для двигателя Д-30Ф6 перехватчика МиГ-31 была разработа-

на САУ с первым в мире электронным цифровым регулятором основного контура РЭД-3048. За создание этой САУ заместитель Главного конструктора ПАКБ В.Г. Олейников был удостоен Государственной премии СССР, а группа молодых разработчиков агрегата РЭД-3048 - премии им. Ленинского комсомола.

В 80-х годах специалисты предприятия оснастили САУ двигателя ТВ3-117 электронным регулятором ЭРД-3ВМ. В конце 80-х годов разработана электронная САУ для двигателя ПС-90А авиалайнеров Ту-204, Ту-214, Ил-96-300, Ил-76МФ. В 90-х годах создается электронная САУ для двигателя вертолетов Ка-60 и Ка-62.

В 1994 г. предприятие было преобразовано в ОАО и стало называться ОАО "СТАР". Тогда же зародилось и окрепло новое направление - разработка и поставка



Су-47 "Беркут"

САУ для наземных ГТУ, используемых в составе ГПА, передвижных и блочных электростанций. Сейчас эта тематика занимает весьма значительную долю в объеме производства.

Одна из последних разработок - электронно-гидромеханическая система управления винтомоторной силовой установкой для самолета Ан-140 с сертифицированным в 2000 г. универсальным цифровым регулятором РЭД-2000. Также создана САУ для силовой установки самолета Ан-38.

Коллектив предприятия приступил к созданию перспективных электронных цифровых систем на основе новых структурных принципов, современных технологий и элементной базы. Испытания первой такой системы для двигателя ПС-90А2 намечены на 2004 г. Эта САУ вместе с другими нашими системами будет демонстрироваться на Международном авиакосмическом салоне МАКС-2003, традиционными участниками которого мы являемся. Разрабатывается электронная САУ для двигателя семейства вертолетов Ка-60, САУ для ТВД самолетов местных авиалиний. Если же говорить о военной авиации XXI века, то специалистами нашего предприятия была создана САУ для двигателя новейшего самолета Су-47 "Беркут".

САУ НА ЗЕМЛЕ

Валерий Бурдин, заместитель генерального директора - главного конструктора ОАО "СТАР"

Работы по наземной технике занимают сегодня около половины всего объема производства ОАО "СТАР". Начало этому направлению было положено в 1993 г., когда по заказу Газпрома была создана САУ для ГТУ мощностью 2,5 МВт и начато серийное производство ее модификаций для передвижных электростанций ПАЭС-2500М и блочных электростанций мощностью 4 МВт.

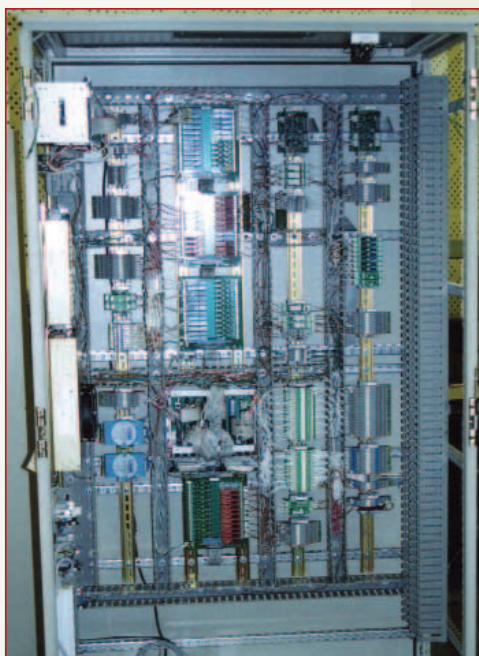
Хотя тогда мы еще не имели достаточного опыта разработки систем управления наземными ГТУ, поставленную заказчиком задачу удалось решить довольно быстро за счет применения авиационной аппаратуры. В ряде случаев для решения новых специфических задач были специально разработаны новые агрегаты - дозаторы газа, стопорные клапаны и другие. В целом, сегодня на севере Тюменской области работают около ста блочных электростанций, в модернизации которых принимал участие коллектив ОАО "СТАР".

В середине 90-х годов нами была успешно решена еще одна важная задача по созданию принципиально новой управляющей аппаратуры для ГТД ГПА, построенной на общепромышленных электронных модулях. Эта аппаратура в 1997 г. успешно прошла межведомственные испытания в "Самаратрансгазе" и была рекомендована к серийному применению на всех предприятиях Газпрома. С этого времени ОАО "СТАР" поставляет электронные САУ для широкой гаммы ГТУ мощностью от 10 до 25 МВт. Ядром каждой такой системы является блок управления двигателем БУД-96, выполненный на базе промышленных средств автоматизации ведущих мировых фирм. Разработка получила высокую оценку специалистов, отмечена дипломами и медалями Всероссийского выставочного центра в Москве. Сегодня наши системы действуют в составе 50 ГПА, которые стоят на трассах магистральных газопроводов, проходящих через всю Россию.

Мы продолжаем выпуск оборудования и для автономных электростанций. Сегодня ОАО "СТАР" поставляет аппаратуру для управления энергоблоками на базе ГТУ мощностью от 2 до 16 МВт. В числе заказчиков - наши партнеры из Перми ЗАО "Искра-Энергетика", Пермский моторный завод, НПО "Сатурн" из Рыбинска и концерн "Энергомашкорпорация".

Чтобы выполнить такие трудоемкие и масштабные задачи, нам пришлось решить крупные организационно-технические проблемы. На предприятии появилась служба поддержки заказчика, и из опытно-конструкторского бюро ОАО "СТАР" стало фирмой, несущей ответственность от разработки агрегата до эксплуатации его заказчиком в течение 15 лет.

Мы с оптимизмом смотрим в будущее, постоянно обновляем выпускаемую аппаратуру, а также ищем новые области приложения сил и новых заказчиков.



Созданная в ОАО "СТАР" система управления для газотурбинной электростанции мощностью 12 МВт (производства НПО "Сатурн")

ПОЛВЕКА В АВИАПРОМЕ

Борис Конторович, заместитель генерального директора - главного конструктора ОАО "СТАР"

Мне было двадцать девять лет, когда я впервые попал на заседание коллегии министерства. Было это в конце 1950-х годов. Предприятие называлось Пермским агрегатным конструкторским бюро (ПАКБ), руководил им Главный конструктор, лауреат Государственной премии СССР Алексей Федорович Полянский, а я был его заместителем. Конечно, я волновался, ведь предстояло обсуждать серьезные вопросы с такими именитыми людьми, как министр авиационной промышленности П.В. Деметьев, авиаконструктор А.Н. Туполев, другие выдающиеся деятели авиации.

В то время доказывать свою профессиональную зрелость приходилось не только мне, но и коллективу ПАКБ в целом. Став в 1957 г. самостоятельным, предприятие должно было своими собственными разработками завоевать в отрасли авторитет, показать, что коллектив его обладает значительным производственным и творческим потенциалом. Главным достоинством нашего коллектива уже тогда была постоянная устремленность на поиск нового и умение довести это новое до конечного результата, до внедрения в эксплуатацию. А.Ф. Полянский первоочередной задачей коллектива считал поиск новых технических решений и внедрение их в конкретные передовые разработки.

В 1960-х годах А.Ф. Полянский понял, что дальнейшее развитие систем управления авиадвигателем на базе традиционных гидромеханических решений себя исчерпало. Значительно усложнились законы регулирования, требовались САУ нового типа, способы создания которых предстояло найти.

Было решено сосредоточиться на применении электроники, уже имевшей достаточно развитую элементную базу. Это судьбоносное решение повлекло за собой целый комплекс организационно-технических мероприятий. Пермский политехнический институт уже готовил в то время инженеров электронного профиля, и большая группа выпускников по инициативе А.Ф. Полянского была принята на работу к нам. Сегодня многие из них стали опытными работниками, настоящими профессионалами. В эти же годы была создана материальная база электронного производства и заложена основа для самостоятельного производства систем электронного регулирования.

Первым электронным регулятором, который был создан нами в 1975 г. и успешно внедрен в эксплуатацию, был агрегат РЭД-3048, предназначенный для двигателя перехватчика МиГ-31. Электроника, дополненная соответствующей гидромеханической частью, позволила создать комплексную электронно-гидромеханическую САУ. В том же 1975 г. эта передовая разработка была отмечена Государственной премией СССР. Именно тогда наше предприятие приобрело свой уникальный профиль - способность самостоятельно разрабатывать и электронную, и гидромеханическую части САУ.

Этот опыт оказался особенно ценным в конце 1980-х годов, когда встала задача создания новых двигателей для военных и гражданских самолетов и новых, более совершенных систем управления этими двигателями. Новые САУ должны были обладать "полной ответственностью" - управлять двигателем на всех режимах. МАП объявило конкурс на лучшую разработку двигателя и на лучшую разработку САУ. По итогам конкурса наш проект был признан наиболее удачным, и именно нам было поручено создание САУ нового типа.

НАШИ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ САМОЛЕТОВ



Александр Новиков,
генеральный директор ОАО "ММП им. В.В. Чернышева", д.т.н., профессор

Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева в 2002 г. отметило свой 70-летний юбилей. Развитие завода началось с освоения и серийного производства звездообразных поршневых моторов конструкции А. Швецова, А. Назарова, М. Коссова.

В годы Великой Отечественной войны заводом выпускались авиадизели конструкции А. Чаромского - Ф. Тулупова - В. Яковлева, которые использовались на дальних бомбардировщиках Пе-8, Ер-2.

1947-1959 годы характеризуются организацией крупносерийного производства первых в стране турбореактивных двигателей с центробежным компрессором РД-500 и ВК-1, которые широко использовались на самолётах Ильюшина, Лавочкина, Микояна, Сухого, Туполева, Яковлева.

В 1952 г. на заводе начинается сборка и выпуск турбореактивного двигателя с осевым компрессором АМ-5А конструкции А. Микулина, Б. Стечкина, С. Туманского, который устанавливался на всепогодном истребителе-перехватчике Як-25. Не осталась без внимания на заводе и ракетная тема - изготавливались жидкостные реактивные двигатели С2-1150 конструкции А. Исаева. "Связки" двигателей устанавливались на два стартовых ускорителя межконтинентальной ракеты "Буря" конструкции С. Лавочкина.

1960-1986 годы характеризуются выпуском большого количества мощных двухвальных ТРДФ со сверхзвуковыми ступенями компрессора конструкции С. Туманского, Н. Мецхваришвили, К. Хачатурова: Р11В-300, Р11АФ-300, Р11Ф-300, Р11Ф2С-300, Р27Ф-2М-300, Р29-300, Р29Б-300, Р-35 тягой от 3,9 до 13,2 тс. Двигатели устанавливались на сверхзвуковые истребители конструкции Яковлева, Микояна, Сухого.

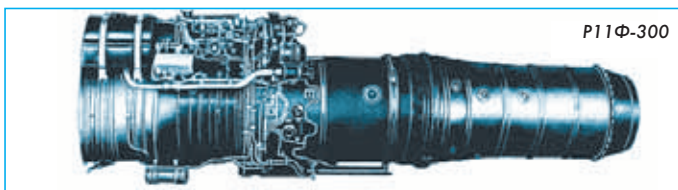
С этого времени началось успешное сотрудничество коллектива завода с КБ А.И. Микояна.

Уже с 60-х годов над просторами нашей Родины и за рубежом появились знаменитые МиГи. МиГ-21 до настоящего времени остается на вооружении многих стран мира.

Ну, а в 80-х годах началось изготовление и выпуск двухконтурного форсированного двигателя РД-33 тягой 8,3 тс конструкции С. Изотова для фронтового истребителя МиГ-29. По отзывам специалистов, МиГ-29 - лучший в мире фронтовой истребитель данного класса.

Вот уже более 20 лет наше предприятие совместно с разработчиком - ФГУП "Завод им. В.Я. Кли-

мова" работает над повышением надежности и ресурса двигателя. В настоящее время двигатели РД-33 сер. 2 выпускаются с межре-



Р11Ф-300

монтным ресурсом 350...700 часов и назначенным ресурсом 1200...1400 часов, двигателя РД-33 сер. 3 - с межремонтным ресурсом 1000 часов и назначенным ресурсом 2000 часов. Свои лучшие характеристики двигатель РД-33 подтвердил при эксплуатации более чем в 25 странах мира и во время демонстрационных полетов самолетов МиГ-29 на международных авиасалонах в Фарнборо, Ле Бурже, Берлине, Москве, Ганновере, Дубае, Бангалоре и др.

Совместно с КБ им. В.Я. Климова завод постоянно занимается модернизацией и модификацией двигателя РД-33. Все модификации сохранили в себе достоинства базового двигателя. В настоящее время проводятся работы по увеличению тяги до 9000...12 000 кгс и установке сопла с управляемым вектором тяги, что существенно улучшит характеристики самолета.

В рамках конверсии завод выпускает турбовинтовой двигатель со свободной турбиной ТВ7-117С для гражданского самолета Ил-114.

На этот высокоэкономичный ТВД получен сертификат типа, его производство также сертифицировано. В настоящее время на местных линиях начаты перевозки пассажиров.

На базе двигателя ТВ7-117С возможна разработка модификаций для установки на вертолеты Камова и Миля.

Сейчас на базе двигателя ТВ7-117С готовится выпуск двигателя ТВ7-117СМ, в конструкцию которого введены узлы, повышающие его эксплуатационную надежность, введена новая электронная система САУ и снижена масса на 60 кг.

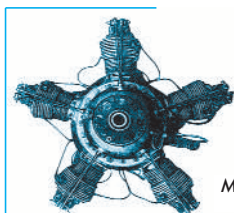
Кроме того, совместно с ТМКБ "Союз" доводится и отработывается двигатель РД-1700, предназначенный для учебно-тренировочных самолетов. На базе двигателя РД-1700 планируется создание семейства форсажных и бесфорсажных двигателей тягой 1700...4000 кгс.

Учебно-тренировочные самолеты будут обеспечивать подготовку пилотов для истребителей МиГ-29, Су-27, Mirage, Rafale, F-16, F-18, EF-2000.

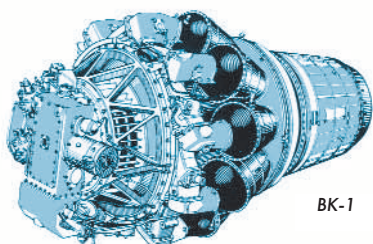
Сегодня "ММП им. В.В.Чернышева" - это стабильный, современный, модернизированный комплекс, включающий в себя ли-



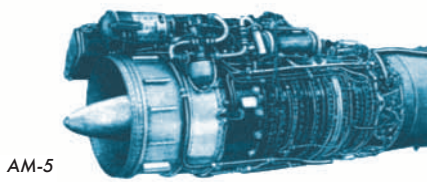
РД-33



МГ-11



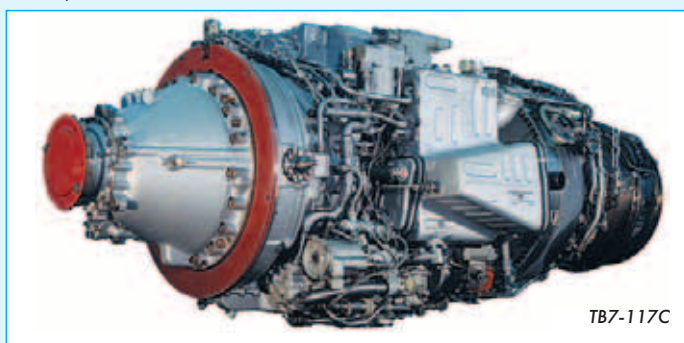
ВК-1



АМ-5



тейное, термическое, сварочное, гальваническое, кузнечно-прессовое, механообрабатывающее, механосборочное, испытательное производство.



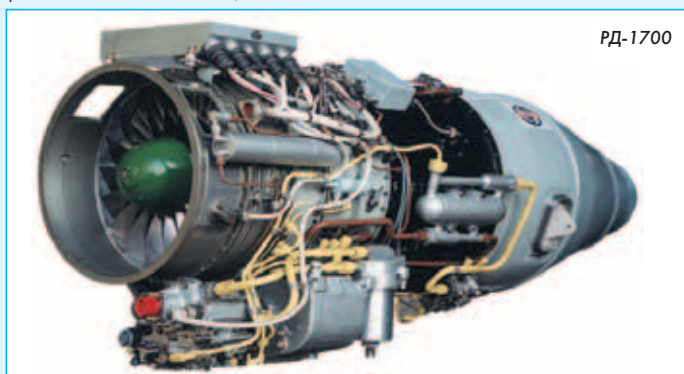
ТВ7-117С

Предприятие оснащено первоклассным оборудованием и осуществляет подготовку производства вновь внедряемых двигателей с изготовлением всех необходимых приспособлений, пресс-форм и инструмента ещё до выпуска этих двигателей.

Высокую надежность наших двигателей гарантируют квалифицированные кадры, высокотехнологичное оборудование и современная система качества, отвечающая требованиям международного стандарта ИСО 9002.

Наши двигатели эксплуатируются более чем в 40 странах мира, имеется устойчивая тенденция увеличения парка двигателей за рубежом, что обуславливается экспортным спросом на истребитель МиГ-29 и его модификации.

Заводом осуществляется сервисное обслуживание двигателей РД-33 за рубежом: от обучения личного состава до выполнения работ по бюллетеням, повышающим надежность двигателя и поз-



РД-1700

воляющим продлить его ресурс. Все двигатели, эксплуатируемые за рубежом, проходят ремонт, как правило, на нашем предприятии, что прежде всего гарантирует качество и обеспечивает заказчику получение практически нового двигателя, так как путем замены отдельных узлов и деталей и проведением определенных мероприятий мы доводим его до технического состояния под текущую серию двигателя. Такой ремонт может провести только завод-изготовитель двигателей.

Мы надеемся на долгосрочные, взаимовыгодные отношения с зарубежными странами и готовы к заключению новых контрактов.

Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышева уверенно вошло в новое тысячелетие. Залог стабильного завтра - это эксплуатация большого парка самолетов "МиГ" с двигателями нашего производства как в России, так и за рубежом.



Сегодня предприятие располагает перспективными экспортными заказами по линии ФГУП РСК "МиГ" и "Рособоронэкспорт".

Безусловно, развитие завода невозможно без освоения новых разработок. Наши постоянные партнеры - ФГУП "Завод имени В.Я. Климова" (Санкт-Петербург) и ТМКБ "Союз" - предоставили техническую документацию на новые двигатели, по которой ведется подготовка серийного производства:

- РД-33 серии 3 с повышенным ресурсом;
- РД-33МК для истребителей палубного базирования;
- РД-33Н с нижним расположением коробки агрегатов;
- ТВ7-117ВК - вертолетный вариант двигателя ТВ7-117С;
- РД-1700 для учебно-тренировочных самолетов.

Ждем ваших заказов!





ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ СТАНКИ MITSUBISHI ELECTRIC

ТОЧНО, БЫСТРО, ПРОСТО, НАДЕЖНО

Требования к сокращению производственного цикла, увеличению точности и снижению стоимости оснастки постоянно ужесточаются. Кроме собственно технических возможностей станка, реальная производительность определяется также временем, затрачиваемым на обслуживание, и стабильностью работы машины в полностью автономном режиме. В этом смысле "идеальный станок" должен по максимуму соответствовать всем вышеперечисленным требованиям.

В соответствии с запросами рынка компания MITSUBISHI ELECTRIC разработала серию FA-P электроэрозионных проволочно-вырезных станков. Высокоточные станки данной серии, в которых объединены последние достижения MITSUBISHI, можно охарактеризовать четырьмя ключевыми словами: "точно", "быстро", "просто", "надежно".

FA-P серия включает две модели FA-10P и FA-20P наиболее часто используемых габаритов и предназначена для решения самого широкого круга задач, от производства формообразующих элементов оснастки до изготовления деталей в основном производстве. В данной статье показаны отличительные особенности станков MITSUBISHI от аналогичных, имеющих на рынке.

Новые технологии, реализованные в станках FA-P серии

Высокоскоростное устройство автоматической заправки проволоки (AT-automatic threader, "автозаправка")

"Автозаправка" - это ключевой узел, который позволяет сделать проволочно-вырезной станок автономной машиной. На станках FA-P используется четвертое поколение "автозаправок" MITSUBISHI. Заправка проволоки осуществляется за 10 секунд. Высокая скорость и уверенная заправка обеспечиваются посредством системы датчиков (оптических, индукционных, давления воды, натяжения). Эта система четко отслеживает процесс подачи и прохождения проволоки через каждый элемент тракта протяжки. Оригинальная система вакуумного удаления обрезка может накапливать большое количество отходов и вытягивать обрезки длиной более двух метров. Благодаря закрытым алмазным направляющим фильерного типа, "термическим" ножницам, роликам из алюмооксидной керамики система "автозаправки" станков MITSUBISHI имеет непревзойденную надежность и не требует обслуживания.

Комплексная система адаптивного управления процессом электроэрозии "AutoMagic"

Система включает три модуля: PowerMaster (PM) - модуль управления параметрами процесса резания в зависимости от изме-

нения высоты заготовки. На него же возлагается корректировка режимов в случае обрыва проволоки и в процессе врезания. Это позволяет достичь максимальной производительности в каждой конкретной точке траектории и практически исключить обрывы. Второй модуль - CornerMaster (CM-R, CM-S), функцией которого

является обеспечение точной обработки углов и малых радиусов, при этом режимы корректируются не только на черновом проходе, но и на чистовых. TechnologyMaster (TM) - модуль, корректирующий режимы генератора в случае, когда невозможно обеспечить оптимальные условия проочки (например, при работе с "открытым" соплом), с целью обеспечения "вертикальной" точности на деталях.

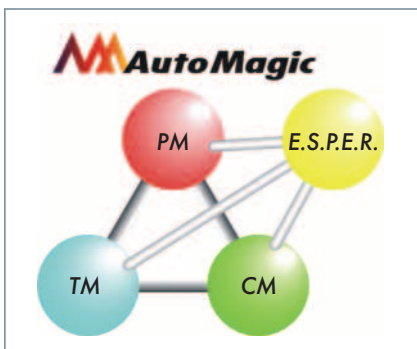
Основная идея "AutoMagic" заключается в том, чтобы получать высокую производительность и превосходную точность на сложных деталях, при этом не требуя от оператора специальных знаний или большого опыта работы, таким образом, чтобы он вообще не вмешивался в процесс обработки.

Генератор импульсов AE3-HS

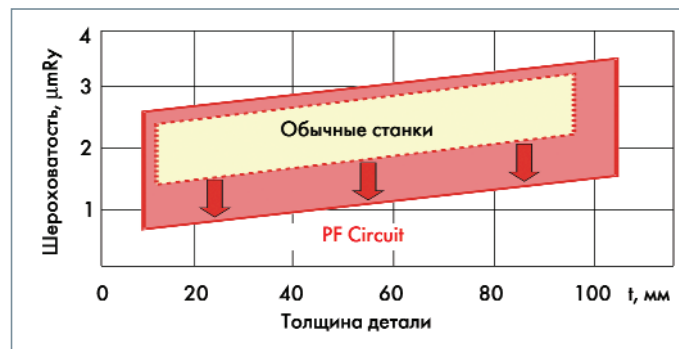
Как правило, все производители электроэрозионных проволочно-вырезных станков, рекламируя свои достижения, указывают скорость обработки только для первого, чернового прохода. Однако конечное изделие, пуансон или матрицу значительно чаще получают 3-, 4-, 5-проходной обработкой. В этом случае значение имеет не только скорость при черновом резе, но и скорость на всех последующих проходах. Генератор AE3-HS обладает одними из лучших в мире показателей по общей производительности, а по сравнению с предыдущей моделью общая производительность генератора AE3-HS на 20 % выше при условии работы на латунной проволоке. Процесс электролиза как на черновых, так и на чистовых проходах подавляется с помощью антиэлектролизной системы AC-типа (такой тип называется также "биполярным").

HL circuit - специальная схема генератора, применяемая на полуставных (так называемых "выравнивающих" проходах). Применение этой схемы и соответствующих режимов позволяет получать детали с отклонением от вертикальности стенки в пределах 1...2 мкм на высоте 80...120 мм и в пределах 2...3 мкм на высоте 150...180 мм.

PF circuit - схема для работы на финишных ("выхаживающих") режимах. Обеспечивает получение шероховатости на изделии в пределах Ra 0,15 мкм (10 класс).



нения высоты заготовки. На него же возлагается корректировка режимов в случае обрыва проволоки и в процессе врезания. Это позволяет достичь максимальной производительности в каждой конкретной точке траектории и практически исключить обрывы. Второй модуль - CornerMaster (CM-R, CM-S), функцией которого



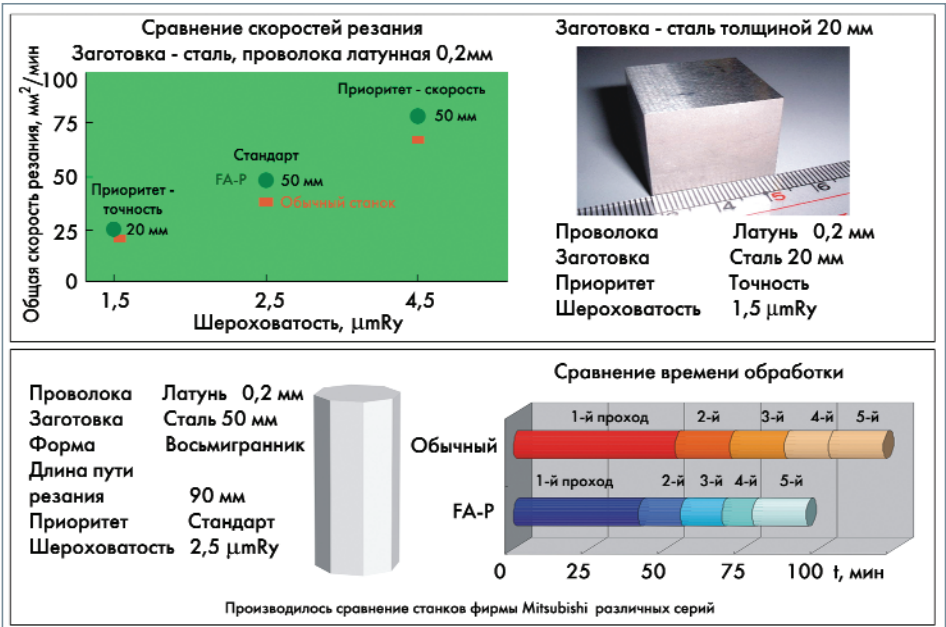
SL control - "функция высокой точности"

Традиционно при вырезке деталей с переменной высотой, например, вставок пресс-форм, в точке изменения высоты наблюдалось определенное отклонение от плоскостности, иначе говоря, перепад. Функция SL control, применяемая на чистовых проходах, позволяет устранить данные погрешности.

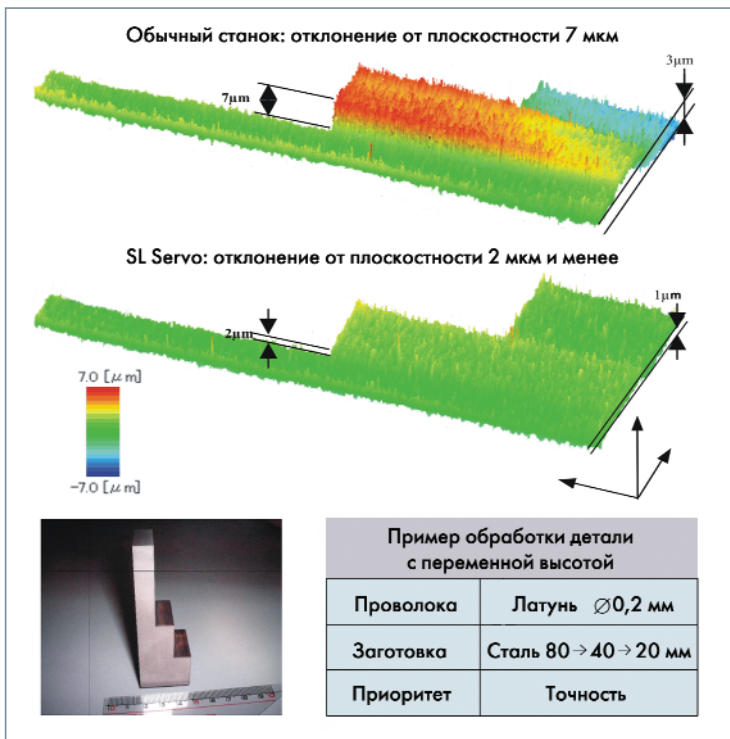
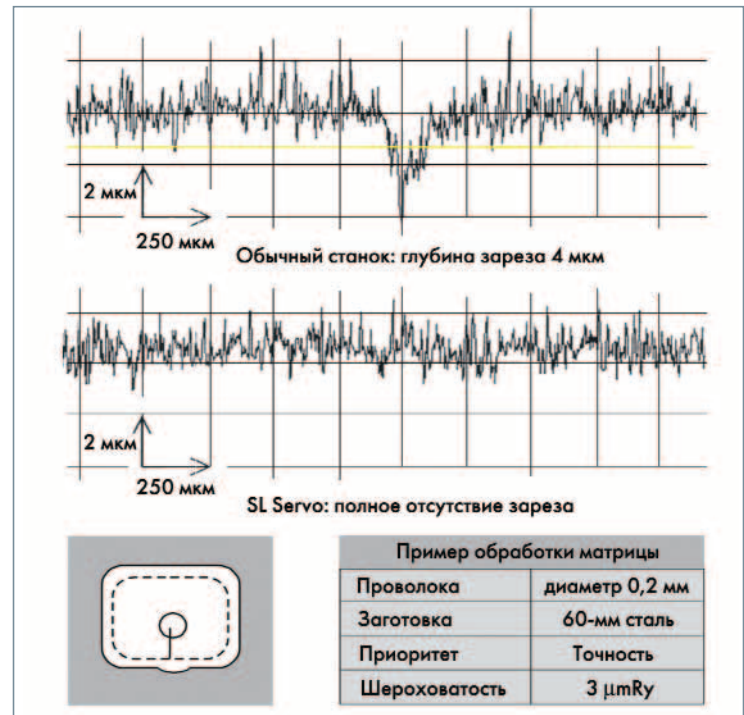
В дополнение к модулю CornerMaster функция SL control обеспечивает высокую точность изготовления наружных углов у высоких (60...80 мм) деталей. Получить высокую точность наружного угла не только в верхнем и нижнем сечении детали, но и в среднем традиционными методами углового управления весьма затруднительно, практически всегда будет наблюдаться, так называемый "провал" угла, однако использование SL управления позволяет получать наружные углы высоких деталей без отклонений от прямолинейности.

Вследствие того, что в месте выхода проволоки на контур проволока два раза проходит по одной и той же точке, всегда образуется небольшая риска, независимо от того, применяется подход по радиусу или перпендикуляр. Наличие такой риски недопустимо на деталях "безззорных" штампов или оснастки для порошковой металлургии. Функция EntranceMaster (EM) на базе SL control корректирует режимы таким образом, чтобы исключить зарез при чистовых проходах, а на черновом проходе EM исключает возможность зареза, корректируя траекторию подхода-отхода.

Как ни странно это будет звучать, но точность электроэрозионного станка на 50 % зависит не от точности его механических узлов, а от его электронной начинки. Практически все ведущие производители электроэрозионного оборудования используют линейные направляющие и ШВП одинакового класса точности, многие пришли к тому, что по жесткости конструкции эрозионный станок больше напоминает фрезерный. Надо полагать, что принципы качественной сборки мало чем отличаются в Японии и Европе. Но только сочетание точной и жесткой механики с хорошими "мозгами" может дать результат, удовлетворяющий конечного пользователя. И в этом смысле компания MITSUBISHI ELECTRIC предоставляет лучшее решение. Ведущий производитель систем промышленной автоматизации,



мировой лидер в создании адаптивных технологий поставляет на рынок только передовые, тщательно апробированные технологии. Электроэрозионные станки MITSUBISHI не только удовлетворяют текущим требованиям рынка, но и открывают новые горизонты электроэрозионной обработки.



Основные характеристики станков семейства FA-P		
Характеристика	FA10P	FA20P
Размеры заготовки (макс.), мм	800x600x215	1050x800x295
Перемещения по осям x, y, z, мм	350x250x220	500x350x300
Максимальная высота детали, мм	212	295
Наилучшая шероховатость, μmRy	1,0 (Ra 0,15, 10 класс)	
Гарантированная точность, мкм	\pm 3,0	
Автоматическая заправка проволоки	Стандарт	
Ход по осям U, V, мм		

ЗАО "АБАМЕТ"
 Россия, 127018, Москва,
 ул. Полковая, д. 13, стр. 5 (ОАО "Сандвик-МКТС").
 Тел.: (095) 232-9997. Факс: (095) 232-9998.
 E-mail: info@abamet.ru

АГРЕГАТЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ "МОЛНИИ". ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

ФГУП "Уфимское научно-производственное предприятие "Молния":

Евгений Распопов, генеральный директор - главный конструктор, к.т.н.

Александр Краснов, заместитель генерального директора - заместитель главного конструктора

Раис Юсупов, заместитель генерального директора - заместитель главного конструктора

Более шести десятилетий Уфимское научно-производственное предприятие "Молния" поставляет свою продукцию разработчикам и производителям авиационных и ракетных двигателей. За прошедшие годы сформировались уникальные конструкторские школы разработчиков электрических систем зажигания и электронных систем управления. Предприятие приобрело большой опыт конструирования, доводки, сертификации, производства и послепродажного обслуживания агрегатов систем зажигания и электронной автоматики, установленных на десятках тысяч самолетов и вертолетов гражданской и военной авиации почти ста стран мира.

Системы зажигания

ФГУП "УНПП "Молния", оставаясь единственным в стране разработчиком электрических систем зажигания авиационных и космических ГТД и ЖРД, выступает на рынке и как серийный производитель агрегатов и свечей зажигания для двигателей самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ил-114, Ан-38, Ан-3, Ил-76МФ, Ан-70Т, Бе-200, Ту-334, модификаций Су-30, вертолетов Ка-62, ряда беспилотных летательных аппаратов, наземных ГТУ.

За последние годы достигнут значительный прогресс в области создания нового поколения агрегатов зажигания и свечей. Масса агрегатов зажигания снижена в среднем в 1,5 раза при увеличении вдвое минимальной выходной энергии, вчетверо повышена стабильность выходных параметров, исключено применение для агрегатов, используемых в гражданской авиатехнике, элементов с радиоактивными изотопами, более чем в 2 раза повышен технический ресурс агрегатов.

Новые технические решения внедрены в агрегатах зажигания двигателей ПС-90А, ПС-90ГП1, ПС-90ГП2, Д30ЭУ1, Д30ЭУ2, ТВ7-117С 1 серии, РД-1700 и др.

Для двигателей самолетов семейства Су-30 разработана и поставляется система зажигания с ресурсом свечей в 3 раза большим, чем у серийной системы, поставляемой для двигателей самолетов Су-27.

В целях повышения ресурсов работы в 2...4 раза, снижения стоимости жизненного цикла проводится модернизация серийных агрегатов зажигания с одновременным повышением технического уровня до современных требований и заменой устаревших или снятых с производства ЭРИ, что позволяет применять их на новых типах двигателей.

Модернизированные агрегаты будут устанавливаться на двигатели Д-36, АИ-25, Д-18Т, Д-136, ТВ2-117, ТВ3-117, АИ-30

1-й серии, ВСУ-10, ТВД-20, ТА6, ТА8, ТА12, ТА12-60, Д30КУ, Д30КП, Д30 и их модификации, а также на другие ГТД авиационного и наземного применения.

За последние 10 лет в УНПП "Молния" разработаны и выпускаются серийно агрегаты и свечи зажигания для газоперекачивающих и энергетических установок ГТУ-4ПГ, ГТУ-10П, ГТУ-12П, ГТУ-16П, ГТУ-18ПС, ГТУ-25П, ГТУ-2,5П, ГТУ-4П, ГТУ-4ПМ, ГТУ-6П, ГТУ-6ПМ, ГТУ-12ПЭР, ГТУ-16ПЭР, ГТУ-25ПЭР, ГТЭ-65П, ГТЭ-180П, разработанных ОАО "Авиадвигатель" и производимых ОАО "Пермский моторный завод". Завершается ОКР и подготовлено производство агрегатов и свечей зажигания для двигателей НК-38СТ ГПА-16 "Волга", НК-36СТ ГПА-Ц-25 "Волга", приводного двигателя НК-37 для электростанций разработки ОАО

"СНТК им. Н.Д. Кузнецова", изготавливаемого ОАО "КМПО", двигателей АЛ-31СТ ГПА-Ц-16АЛ разработки ОАО "НПО "Сатурн", производство которых организовано на ОАО "УМПО", двигателей типа ДР-59, ремонтируемых ОАО "Тюменские моторостроители" и др.

Для двигателей АЛ-31СТ поставляется система зажигания плазменного

типа, обеспечивающая генерацию непрерывной плазменной струи. Такие системы зажигания позволяют сократить сроки и затраты моторостроительных предприятий на доводку пусковых характеристик камер сгорания и двигателей.

Новое поколение разрабатываемых и производимых УНПП "Молния" систем зажигания для ГТУ ГПА и электростанций отличается экологической чистотой (в агрегатах зажигания исключено применение ЭРИ с радиоактивными изотопами), повышенной стабильностью выходных параметров, увеличенным техническим ресурсом, обеспечивающим возможность их эксплуатации в пределах назначенного ресурса ГТУ без съема с двигателя.



Типовые свечи и агрегаты зажигания

Электронная автоматика

Разработанная УНПП "Молния" электронная аппаратура управления и защиты газотурбинных двигателей установлена на большинстве эксплуатируемых в настоящее время отечественных самолетов и вертолетов (Ан-24, Ан-72, Ан-74, Ан-124, Ан-225, Ту-134, Ту-154, Ил-62, Ил-76, Як-42, МиГ-23, МиГ-29, МиГ-31, Су-17, Ми-14, Ми-24, Ми-26, Ка-32 и др.). За полвека в УНПП "Молния" было создано несколько поколений различных типов этой аппаратуры. Как правило, они были совершенными для своего времени и по результатам многолетней эксплуатации продемонстрировали высокую надежность.

ции ранее разработанной. Как правило, модернизация сопровождается расширением по требованию заказчика функций, выполняемых аппаратурой. Например, наряду с функциями ЭСУ-34, модернизированная аппаратура ЭСУ-34М выполняет дополнительно функции контроля винта СВ-34 силовой установки самолета Ил-114. Модернизация ЭСУ-27 - сложнейшей по количеству выполняемых функций и их ответственности аппаратуры управления двигателем Д-27 самолета Ан-70 - также сопровождается включением в модернизированную аппаратуру ЭСУ-27М дополнительно функций контроля двигателя.



Электронная аппаратура управления (FADEC, два канала управления) и контроля ЭСУ-222 для маршевого двигателя AI-222 самолета Як-130. Масса 7,6 кг



Электронная аппаратура управления (FADEC, два канала управления) ЭСУ-22 для маршевого двигателя AI-22 самолета Ту-324. Масса 6,0 кг



Электронная аппаратура управления (FADEC) и контроля ЭРРД-14 для вспомогательного двигателя ТА-14. Масса 3,8 кг

Так, например, наработка на досрочный съем регуляторов РТ12-4М 2 серии (самолеты Ту-154М, Ил-62М, Ил-76) по результатам эксплуатации за 2002 г. превышает 1,5 млн ч. Это является одним из главных свидетельств высокого профессионализма коллектива УНПП "Молния".

Опыт работы, накопленный за многие годы, помогает предприятию успешно решать одну из наиболее сложных задач современного авиадвигателестроения - задачу создания электронной аппаратуры управления с полной ответственностью (FADEC).

С конца 1990-х годов разработки ведутся с использованием импортной элементной базы. В ряде случаев наряду с функ-

На основе аппаратных решений ЭСУ-222, ЭСУ-436, ЭСУ-22, ЭРРД-14(18), ЭСУ-27М путем изменения программного обеспечения при сравнительно небольших финансовых затратах за короткое время могут быть реализованы системы управления практически всех разрабатываемых и модернизируемых в настоящее время двигателей.

Ученые, инженеры и рабочие УНПП "Молния" постоянно нацелены на создание конкурентоспособных на мировом рынке, надежных и высококачественных образцов авиационной техники. Тесное сотрудничество с создателями летательных аппаратов и двигателей, с учеными Академии наук, ведущих отраслевых и учебных институтов, разработчиками гидро-



Электронная аппаратура управления ЭСУ-34 и модернизированная аппаратура управления и контроля ЭСУ-34М для воздушного винта самолета Ил-114



Электронная аппаратура управления (FADEC, два канала управления) и контроля ЭСУ-27М маршевого двигателя Д-27 самолета Ан-70. Масса 10 кг

циями управления в аппаратуре последнего поколения по требованию заказчика реализуются функции контроля состояния газотурбинных двигателей.

В настоящее время предприятие разрабатывает и производит аппаратуру типа FADEC нового поколения для различных двигателей:

- ЭСУ-222 для двигателя AI-222;
- ЭСУ-436 для двигателя Д-436;
- ЭСУ-22 для двигателя AI-22;
- ЭРРД-14, ЭРРД-18 для вспомогательных двигателей ТА-14, ТА-18 и их модификаций.

Одновременно с разработкой новой аппаратуры в УНПП "Молния" ведутся работы по модерниза-

механической аппаратуры, датчиков и информационно-измерительных систем позволяет создавать сегодня аппаратуру для двигателей самолетов, которые составят в недалеком будущем основу воздушного флота России.



ФГУП УНПП "Молния"
 Россия, 450052, Республика Башкортостан,
 Уфа, ул. Зенцова, 70.
 Тел.: (3472) 22-71-24.
 Факс: (3472) 51-80-91.
 E-mail: molniya@ufalink.com

ТЕХНОЛОГИИ "САПР"

ОБЕСПЕЧИВАЮТ УСПЕШНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

В последнее время практически каждая организация и предприятие решают вопросы, связанные с внедрением информационных технологий, сопровождающих весь жизненный цикл изделий. Уже не вызывает никаких сомнений то, что только при условии освоения САПР-технологий можно обеспечить выход продукции на мировой рынок и ее конкурентоспособность. Значительных успехов в данном направлении удалось достичь старейшему двигателестроительному заводу "Салют".

Редакция журнала "Двигатель" обратилась к главному инженеру ФГУП "ММПП "Салют" Валерию Александровичу Покладу с просьбой ответить на ряд вопросов о применении на заводе электронных технологий.



"Двигатель": В условиях ограниченного по объему госзаказа, необходимости диверсификации производства ведущие предприятия осваивают продукцию гражданского назначения. Расскажите, пожалуйста, как решается эта задача на ММПП "Салют"?

В. Поклад: Действительно, реализация крупных проектов гражданского назначения входит в число наших стратегических задач. Одно из основных направлений - разработка промышленных газотурбинных установок (ГТУ). Над решением указанной задачи работает конструкторское бюро промышленных газотурбинных установок. Здесь, в частности, разрабатывается проект создания парогазовой установки МЭС-60 по заказу Мосэнерго для одной из московских ТЭЦ. Вопрос о переходе серийного завода на новую продукцию является далеко не простым - сегодня мы решаем задачу изготовления опытных образцов на промышленных предприятиях в Наро-Фоминске, Омске и Санкт-Петербурге.

"Д": ММПП "Салют" - один из лидеров среди российских предприятий в области внедрения информационных технологий. Особенно актуально их использование при передаче конструкторской и технологической документации производственникам. Как решается эта задача при выполнении разработок, которые Вы назвали?

В.П.: Сегодня на предприятии внедряется масштабная система обмена электронной документацией, управления информацией об изделии. Именно КБ промышленных ГТУ является одним из ведущих в этом процессе. Система создания и управления электронными данными проходит здесь "обкатку". В конструкторском бюро внедрены сетевые технологии, создана эффективная информационная среда проектирования изделий.

"Д": Какое базовое программное обеспечение выбрано в КБ?

В.П.: В результате глубокого анализа существующих систем наши специалисты сумели отобрать взаимосвязанный комплекс САПР. В качестве базовых систем проектирования используется продукты Unigraphics и КОМПАС-3D. При прочностных расчетах - MSC-Nastran и ANSYS. Уже сейчас можно говорить о предварительных итогах реализации проекта по внедрению электронного документооборота в КБ. Отмечается существенный рост производительности - следствие корректной передачи информации, предотвращения потерь, ошибок в документации. Все это принципиально важно как для размещения заказов у смежников, так и для успешной работы с иностранными

партнерами, ведь электронная документация на изделия, которая к ним поступает, должна быть прочитана без потерь.

"Д": Нашел ли распространение опыт КБ промышленных ГТУ в производственных подразделениях?

В.П.: Безусловно. Проект организации единой системы работы с электронными данными реализуется, в частности, в цехе испытательных стендов. После оценки возможностей российской компании АСКОН - поставщика программных продуктов под маркой КОМПАС, в цехе началось поэтапное внедрение этих технологий при проектировании, технологической подготовке производства и, наконец, в области управления инженерными данными. Одновременно было произведено сравнение с другими программными продуктами в плане возможностей создания чертежей, схем (электрических, пневматических, гидравлических и кинематических), трехмерных моделей деталей и сборок, выполнения технических расчетов. За время работы в среде КОМПАС создана общая планировка цеха, разработаны электрические схемы для испытательных стендов, форматы технологических документов. В результате подразделения располагают большими массивами электронной документации, внедрены технологии управления этими данными. Руководством цеха сделано заключение "о необходимости дальнейшего использования информационных технологий в целях технологической подготовки производства, а также для реконструкции и модернизации испытательных стендов".

Эффективность использования новейших информационных технологий значительно повысится после включения локальной сети цеха в главную информационно-вычислительную сеть (ГИВС) ММПП "Салют". Это обеспечит организацию электронного документооборота между цехами и отделами и интеграцию систем в общую информационную среду предприятия.

"Д": Вы рассказали об успехах внедрения информационных технологий в сферу проектирования и производства. А с какими проблемами Вы встретились?

В.П.: Внедрение информационных технологий (без которых успешное развитие предприятия, безусловно, невозможно) не должно было отрицательно отразиться на выполнении производственных планов. Путь решения этой проблемы продемонстрировал коллектив механосборочного цеха. На протяжении довольно долгого времени в техотделе цеха был опробован целый ряд САПР. Однако программное обеспечение нескольких известных компаний не нашло положительной оценки, поскольку внедренческий процесс "не вписался" в производственный график. По нашему мнению, причина этого - недостаточная забота поставщика о дальнейшей судьбе программного продукта. И это касается не только качества курсов



гических процессов. Исследовав возможности различных программных продуктов, специалисты остановились на системе КОМПАС-АВТОПРОЕКТ, которая оказалась наиболее адаптируемой к специфике отдела. Конечно, были учтены возможности "системы быстрого реагирования" на пожелания заказчика. Поставленная в производственном комплексе цель была достигнута.

Эти же технологии начали использоваться в техотделе механического цеха, где решается задача перехода с производства товаров народного потребления на основное производство и где также необходима быстрая разработка новых техпроцессов, эффективная организация работы с базами данных.

"Д": *Какими Вы видите перспективы работы с ведущими поставщиками информационных технологий?*

В.П.: Целью дальнейшего сотрудничества должен стать рост конкурентоспособности предприятия благодаря созданию единого информационного пространства, реальному внедрению CALS-технологий. Успешная коммерческая эксплуатация базовых программных продуктов в ведущих проектных и производственных подразделениях доказывает эффективность

обучения. Постоянное участие разработчика, непосредственное общение с пользователями, учет замечаний, помощь в освоении способны сделать информационные технологии действительно работоспособными.

Сотрудничество с компанией АСКОН позволило добиться такого результата: САПР стал активно внедряться, начался процесс создания документации (эскизов и технологических процессов) в электронном виде. Ощувив реальное сокращение сроков выполнения работ и повышение качества документации, в техотделе заговорили о необходимости внедрения сетевых технологий, обмена электронными данными с конструкторскими бюро.

"Д": *Известно, насколько важна роль перспективных разработок в обеспечении конкурентоспособности предприятия. Как современные программные средства помогают решить эту задачу?*

В.П.: Внедрение новых технологий в производство, безусловно, предполагает поиск эффективного программного обеспечения. Производственный комплекс полимерных материалов со дня своего создания был хорошо обеспечен аппаратными средствами. Перед специалистами сразу была поставлена задача - наладить работу с электронной документацией, электронной моделью изделия в соответствии с международными стандартами группы ISO 10303. Необходимо было оперативно приступить к созданию новых техноло-



этой стратегии, что подтверждается ростом производственных показателей, повышением оперативности работы со смежниками, российскими и иностранными заказчиками. **А**

ИНФОРМАЦИЯ

3 июля 2003 года компания АСКОН, известный российский разработчик решений САПР, провела сертификацию новой версии своей системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D V6. Данная система соответствует действующим нормативным документам, что подтверждено сертификатом соответствия № РОСС RU.МЕ20.Н00737, выданным 17 июня 2003 г.

КОМПАС-3D V6 - один из основных модулей комплекса автоматизированных систем конструкторско-технологической подготовки производства КОМПАС V6. Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

КОМПАС-3D удачно интегрируется с известными системами CAD/CAM/CAE, в частности, с системой программирования объемной обработки на станках с ЧПУ Гемма-3D (разработчик НТЦ Гемма), с системами инженерного анализа APM WinMachine и MSC/Nastran, с библиотеками стандартных конструктивов "Технома" компании Глосис и т.д.

АСКОН - лидирующий российский



разработчик и интегратор решений в области промышленной автоматизации. Компания второй год подряд признается лучшим отечественным разработчиком САПР по итогам премии "Компьютерная элита" (учредители - ИД "КомпьютерПресс" и Институт маркетинговых исследований GfK MR Russia).

Ведущие специалисты компании обладают 20-летним опытом работы в сфере высоких технологий. В настоящее время коллектив АСКОН насчитывает более 200 человек, компания располагает сетью представительств в основных промышленных регионах России, в странах СНГ. АСКОН сосредоточен на реализации крупных корпоративных проектов по созданию комплексов конструкторско-технологической подготовки и планирования производства CAD/CAM/PDM/ERP/MRP.

Заказчиками компании являются более 1600 предприятий России и других стран, в том числе АВТОВАЗ, "Уралвагонзавод", "ЧТЗ-Уралтрак", "Сургутнефтегаз", ММПП "Салют", "Норильский никель", "Верхне-Салдинское Metallургическое Объединение", Самарский завод "Электроцит" и др. **А**

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТА18-100

В декабре 2002 года научно-производственному предприятию "АЭРОСИЛА" был вручен Сертификат типа № СТ211-ВД Авиарегистра МАК на вспомогательный газотурбинный двигатель (ВД) ТА18-100 эквивалентной мощностью 269 кВт. Этот двигатель нового поколения разработан в рамках федеральной целевой программы развития гражданской авиационной техники.

Двигатель ТА18-100 разработан для применения в составе вспомогательной силовой установки на новейших гражданских самолетах: ближнемагистральном Ту-334 и многоцелевом самолете-амфибии Бе-200. ВСУ современного пассажирского и транспортного самолета - самостоятельный многоцелевой агрегат, призванный решать множество задач и все "на отлично".

Основное назначение двигателя ТА18-100 - обеспечение бортовых сетей сжатый воздух для запуска маршевых двигателей и систем кондиционирования, а также электроэнергии переменного тока.

Основные требования к бортовому источнику энергии современного ЛА известны: он должен быть надежным, простым по конструкции и дешевым в производстве, требовать низких затрат на техническое обслуживание, эксплуатироваться по техническому состоянию, быть экономичным. Исходя из этого, конструктивная схема двигателя выбрана максимально простой и надежной - одновальной с двухпорным ротором, одноступенчатым центробежным компрессором, противоточной кольцевой камерой сгорания и центростремительной турбиной.


Двигатель имеет модульную схему. Конструктивно он состоит из трех основных модулей: турбокомпрессора, камеры сгорания, редуктора и навесных агрегатов, обеспечивающих работу систем двигателя. Турбокомпрессор функционально включает в себя одноступенчатый центробежный компрессор с радиальным лопаточным диффузором и спрямляющим аппаратом, а также охлаждаемый сопловой аппарат и одноступенчатую центростремительную турбину. Камера сгорания противоточная кольцевого типа с одноканальными центробежными форсунками. Редуктор с прямозубой цилиндрической передачей, приводом ручной прокрутки ротора двигателя и обгонной муфтой в приво-

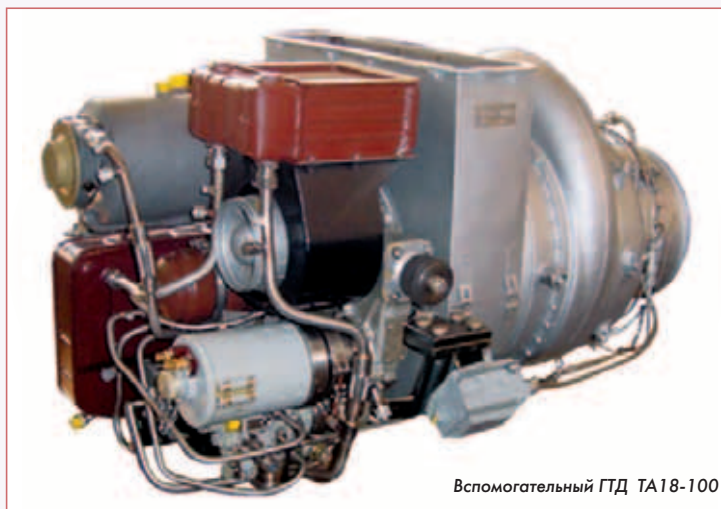
де стартера. Через редуктор к двигателю подсоединены генератор переменного тока французской фирмы THALES AES, топливный насос-дозатор Омского машиностроительного КБ, маслоагрегат, вентилятор и стартер СТ-137 разработки саратовского КБ "Электроприбор". Запуск и управление двигателем осуществляют электронный регулятор режимов двигателя ЭРРД 14-100 и агрегаты зажигания со свечами производства Уфимского научно-производственного предприятия "Молния". По желанию заказчика возможна установка на двигателе стартера французской фирмы THALES AES, генератора переменного тока П60НЖЧ12КВ (разработки московского ОАО "Аэрэлектромаш"), агрегатов зажигания и свечей французской фирмы ESET).

На ТА18-100 работает электронная цифровая система управления с полной ответственностью, развитыми функциями контроля и диагностики. Запуск двигателя осуществляется автоматически электростартером от двух аккумуляторных батарей типа 20НКБН-25-У3. Диапазон температур наружного воздуха, в котором обеспечивается нормальная работа двигателя от -50 до +45 °С.

Назначенный ресурс ТА18-100 составляет 12 000 ч, 15 000 запусков.

Уровень надежности двигателя соответствует требованиям ОСТ 1 03562-90. При этом наработка двигателя на досрочный сьем 5000 часов (10 000 циклов), а наработка двигателя на неисправность 2000 часов (4000 циклов).

В декабре 2002 года были завершены сертификационные испытания ВД ТА18-100 на соответствие АП ВД и получен Сертификат типа № СТ 211-ВД. Двигатель сертифицирован с межремонтным ресурсом 1000 часов, 2000 запусков; завершаются испытания на ресурс 2500 часов (5000 запусков) и предусмотрена возможность поэтапного увеличения ресурса в процессе серийного производства. 



Вспомогательный ГТД ТА18-100

Параметры	Двигатель	
	ТА18-100	ТА6А
Отбор воздуха: расход, кг/с давление, кгс/см ² (ата), не менее	1,27	1,35
	4,52	4,50
Отбор электрической энергии переменного тока: мощность, кВА частота, Гц напряжение, В	до 60	40
	400	400
	115/200	115/200
Эквивалентная суммарная мощность (при одновременном отборе N _{эл} =30 кВА), кВт	264	285
Расход топлива, кг/ч	151	220
Удельный расход топлива, кг/кВт·ч	0,57	0,77
Высотность запуска, м	11000	3000
Высотность режимной работы, м	11000	7000
Масса (без генератора), кг	152	292
Удельная масса, кг/кВт	0,585	1,025

ГИДРАВЛИКА GIDRAVLIKA

Удобно устроившись в самолетном кресле, мы и не задумываемся о том, какие устройства обеспечивают комфорт в пассажирской кабине авиалайнера. Между тем, работа кондиционера, да и всей бортовой системы энергоснабжения на земле была бы невозможна без вспомогательных газотурбинных двигателей производства ФГУП УАП "Гидравлика". Эти



же малоразмерные ПД обеспечивают запуск маршевых двигателей самолета как на земле, так и в полете. Надежные, компактные, обладающие большим ресурсом, они находят применение на большинстве типов российских летательных аппаратов.

Как и живой организм, самолет или вертолет не могут функционировать без "сосудистой системы", по которой перекачиваются разнообразные жидкости. Ответить на вопрос, какой надежностью и долговечностью должны обладать эти системы, могут на Уфимском агрегатном предприятии "Гидравлика". Именно эта организация является ведущим в России производителем самых современных металлических и фторопластовых гибких трубопроводов, предназначенных для применения в составе самых разнообразных систем. Изделия "Гидравлики" позволяют транспортировать любую жидкость или газ при температуре от -270 до +450 градусов и давлениях от вакуума до 650 атмосфер. За организацию уникального производства гибких металлических трубопроводов, создание принципиально новых конструкций для аэрокосмической техники, транспортных средств и других объектов группе специалистов ФГУП УАП "Гидравлика" в 1999 г. была присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники.

Гибкие трубопроводы, уплотнительные прокладки из самых различных материалов далеко не исчерпывают уникального перечня продукции "Гидравлики". Весомую долю в общем объеме производства составляют авиационные фильтры. Ассортимент велик - выпускаются фильтры и системы очистки для топлива, масел и воздуха, причем с самыми широкими рабочими параметрами. Тонкость фильтрации может достигать 1 микрона.

Еще один вид продукции - гидро- и электроагрегаты, применяемые в гидравлических, топливных, воздушных и электрических бортовых системах.

В современных образцах техники широко используются и обратные клапаны, и гидрозамки, и автоматы защиты электросети, изготовленные ФГУП УАП "Гидравлика".

Опережающее внедрение новых технологий по сравнению с родственными предприятиями, постоянное стремление к высочайшему качеству продукции и неустанный инженерно-технический поиск - вот слагаемые того фундамента, на котором базируется авторитет "Гидравлики" не только в нашей стране, но и в мире. При этом продукция уфимцев популярна не только в авиации, но и в химической, судостроительной, автомобильной, нефтегазовой, машиностроительной отраслях промышленности.

Обладая совершенной конструкторской базой, предприятие имеет большой потенциал в освоении новых технологий и новых видов продукции. Перспективные планы связаны со все более активным применением современных авиационных технологий при изготовлении продукции самого широкого назначения, особенно предназначенной для автомобильной промышленности. Сегодня "Гидравлика" уже является основным поставщиком фильтров тонкой очистки топлива для инжекторных двигателей, поставляемых на конвейер "АвтоВАЗа". Разработанные и производимые предприятием компенсаторы для выхлопной системы двигателей, трубки подвода и слива масла, трубки тормозной системы (для автомобилей "КамАЗ", "МАЗ") получили высокую оценку у потребителей. ФГУП УАП "Гидравлика" имеет сертификат системы качества ИСО 9001.

За 65 лет своего существования ФГУП УАП "Гидравлика" сумело не только развернуть совершенное производство высокотехнологичной продукции, но и накопило ценные традиции, приобрело верных и преданных партнеров. Опираясь на многолетний опыт, коллектив предприятия с оптимизмом смотрит в будущее. Мы приглашаем заинтересованные фирмы к деловому взаимовыгодному сотрудничеству на основе взаимоуважения и гарантии точного и своевременного выполнения заказов. Надеемся, что наше сотрудничество будет способствовать развитию и процветанию промышленности России.

За 65 лет своего существования ФГУП УАП "Гидравлика" сумело не только развернуть совершенное производство высокотехнологичной продукции, но и накопило ценные традиции, приобрело верных и преданных партнеров. Опираясь на многолетний опыт, коллектив предприятия с оптимизмом смотрит в будущее. Мы приглашаем заинтересованные фирмы к деловому взаимовыгодному сотрудничеству на основе взаимоуважения и гарантии точного и своевременного выполнения заказов. Надеемся, что наше сотрудничество будет способствовать развитию и процветанию промышленности России.



ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ ROBOFIL ФИРМЫ CHARMILLES (ШВЕЙЦАРИЯ)

Владимир Полуянов, к.т.н.

В электроэрозионных проволочно-вырезных станках, впервые в мире разработанных в СССР, как и в электроэрозионных копировально-прошивочных станках, в качестве диэлектрической жидкости первоначально использовался керосин, в связи с чем из-за требований пожарной безопасности обработка на этих станках выполнялась только с погружением детали. После введения деионизированной воды в качестве рабочей жидкости

оказалось возможным существенно упростить конструкцию станков и исключить необходимость заполнения жидкостью и опорожнения рабочей ванны, используя так называемую струйную или поливную технологию подвода жидкости в зону обработки. Первой такую технологию в начале 90-х годов прошлого столетия использовала фирма CHARMILLES, существенно снизив стоимость станков и затраты при их эксплуатации, но сохранив при этом высокие технологические показатели станков погружного типа. Как показала практика, около 95 % работ на вырезных станках может эффективно осуществляться на станках поливного типа. Остальные работы в случае трудностей подвода рабочей жидкости в зону обработки без использования специальных приспособлений и приемов целесообразно осуществлять на станках погружного типа. В связи с этим фирма CHARMILLES наряду с поливными станками предлагает и станки погружного типа.

Наибольшей популярностью в последние годы пользуются такого рода станки моделей ROBOFIL 240 и ROBOFIL 440, предлагаемые на рынке стран СНГ. Эти станки достаточно хорошо известны потребителям. Станок модели ROBOFIL 240 демонстрировался в ФГУП "Станкоимпорт" в Москве в связи с проведением Первого московского технологического форума (7-11 апреля 2003 г.).

Основными отличительными особенностями станков моделей ROBOFIL 240 и ROBOFIL 440 являются:

- неподвижный стол, обеспечивающий их исключительную точность независимо от массы обрабатываемой детали, кото-

рая практически не ограничена. Стол выполнен в виде рамки из закаленной нержавеющей стали - замкнутого прямоугольника больших размеров (толщина рамки 75 мм для станка ROBOFIL 440);

- станины станков из полимербетона (ренокаст), обеспечивающего наилучшую термическую стабильность;

- оптические линейки по всем пяти осям станков, позволяющие поддерживать неизменной точность станков на протяжении всего времени их эксплуатации;

- исключительные возможности обработки поверхностей с наклонными образующими: наклон под углом 30° независимо от положения по оси Z на всем диапазоне перемещения от 0 до 220 мм (ROBOFIL 240) и от 0 до 400 мм (ROBOFIL 440);

- встроенная система защиты от столкновений по пяти осям, исключающая любой риск поломки станков или повреждения деталей;

- закрытые безлюфтовые направляющие проволоки, обеспечивающие высокую точность обработки;

- автоматическая заправка проволоки с использованием системы ThermoCut, не имеющей подвижных деталей и не требующей технического обслуживания;

- быстрая - за 40 с - автозаправка проволоки любого типа: мягкой или твердой латунной, медной или латунной с цинковым покрытием (диаметром от 0,1 до 0,3 мм).

- быстрое - за 30 с - заполнение рабочей ванны и слив рабочей жидкости из нее (при высоте детали 200 мм);

- программируемый уровень жидкости в рабочей ванне без необходимости вмешательства оператора;

- наличие полных технологий обработки для 26 различных комбинаций материалов обрабатываемых деталей и используемой проволоки;

- значительные величины перемещений по осям U и V, равные ходам по осям X и Y, позволяющие отводить верхнюю головку станка в нерабочее положение, обеспечивать возможность установки детали больших размеров на неподвижном столе и свободный доступ к зоне обработки;

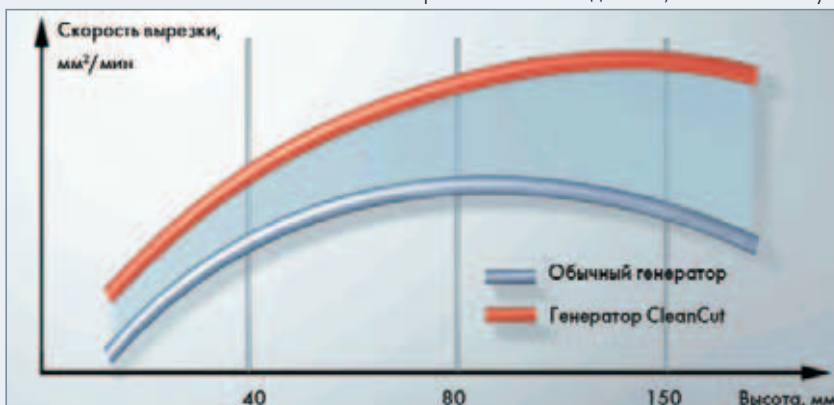
- компьютерная система управления на базе Windows NT с сенсорным экраном для более удобной эксплуатации;

- гарантированная высокая точность обработки деталей в соответствии с нормами ISO 230-4, VDI 3441.

Отработанная концепция обработки деталей в погруженном состоянии в совокупности с отлаженным программным обеспечением, прошедшим жесткую проверку на практике, позволяют предсказывать результаты обработки заранее, еще до включения станка (экспертные системы CT Expert, Profil Expert и Pilot Expert). Станки моделей ROBOFIL 240 и ROBOFIL



Станки ROBOFIL 240
и ROBOFIL 440



440 готовы к дальнейшей автоматизации, например, путем оснащения их роботами, осуществляющими загрузку деталей.

На станках моделей ROBOFIL 240 и ROBOFIL 440 возможна обработка деталей размерами до 1000x550x220 мм и 1200x700x400 мм, соответственно.

Максимальные перемещения по осям X, Y и Z - 350x220x220 мм и 550x350x400 мм, а по осям U и V - 350x220 мм и 550x350 мм.

В 2002 г. фирма CHARMILLES сообщила о начале производства принципиально новых станков моделей ROBOFIL 240cc и ROBOFIL 440cc, оснащенных новыми генераторами типа CleanCut. Эти станки продемонстрировали скорость резки более 400 мм²/мин и впервые за 15 лет побили "мировой рекорд", прежде составлявший 320 мм²/мин.

Генератор CleanCut создает импульсы с максимальным напряже-

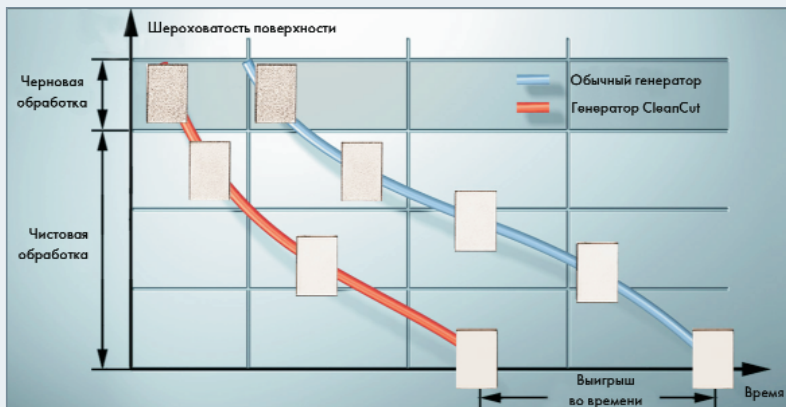


Станок ROBOFIL 240 cc

нием поджига, увеличенным на 25 %, и с максимальной амплитудой тока, увеличенной втрое, - с 400 А у станков ROBOFIL 240 и ROBOFIL 440 до 1200 А у станков ROBOFIL 240cc и ROBOFIL 440cc.

Обычно повышения скорости вырезания достигают путем увеличения энергии разрядов, а также ценой получения более грубой поверхности и глубокого термоизмененного (переплавленного) слоя. С генератором CleanCut достигается противоположный эффект. Он действительно сводит к минимуму измененный слой и обеспечивает более чистую поверхность, благодаря чему требуется меньшее число последующих чистовых проходов.

После выполнения черного прохода на станке с генера-



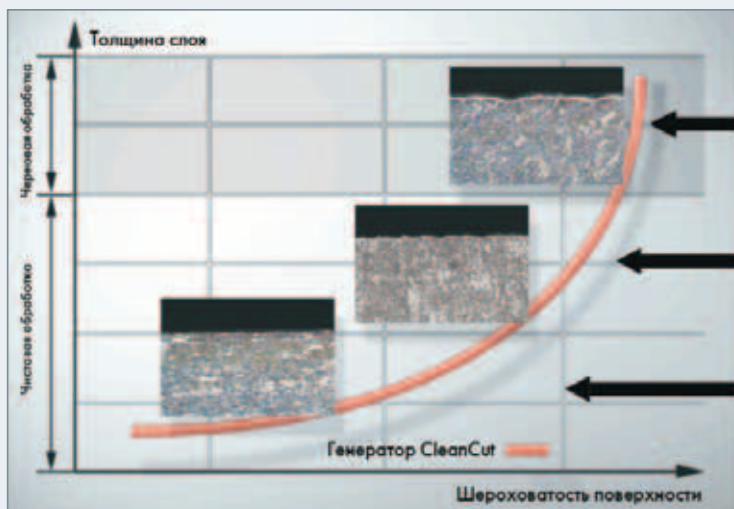
тором CleanCut измененный слой в 4 раза меньше толщины слоя, получаемого после черного прохода на станке с традиционным генератором.

Если же черновую обработку с генератором CleanCut вести на несколько меньшей скорости, а не на максимальной, то толщина измененного слоя уменьшается до нескольких микрон. Это означает, что обработанная поверхность в большей степени сохраняет физические и металлургические свойства основного материала. Дополнительные повторяющиеся чистовые проходы с этим генератором также не изменяют свойств обработанной поверхности.

Генератор CleanCut не вызывает ни электролиза, ни электро-



Станок ROBOFIL 440cc



химической коррозии на всех режимах от черного до финишного. Другой особенностью этого генератора является его универсальность. Его программируемые режимы (генератор имеет цифровое управление) позволяют эффективно обрабатывать стали, карбид вольфрама, карбид бора, титан, алюминий, поликристаллические алмазы, композиционные и другие различные труднообрабатываемые материалы. Например, при обработке карбидов генератор CleanCut сохраняет целостность материала, обеспечивает меньшее разрушение (ослабление) кобальтовой связи.



CHARMILLES
MIKRON

По всем вопросам, связанным с технологическими возможностями электроэрозионных станков ROBOFORM и ROBOFIL, а также фрезерных станков для высокоскоростной обработки и их приобретением, можно обратиться к эксклюзивному дистрибьютеру станков ООО CHARMILLES & MIKRON DIFFUSION.

Тел.: (095) 219-9604, 218-9246.

Факс: (095) 232-3625, E-mail: lazer@orc.ru

МЕЧТАЛ О САМОЛЕТАХ, А СЕРДЦЕ ОТДАЛ КОРАБЛЯМ

К 75-летию генерального конструктора В.И. Романова

Юрий Бондин, генеральный директор ГП НПКГ "Зоря"- "Машпроект"



Виктор Иванович Романов родился 14 сентября 1928 г. в селе Кологриево Ардатовского района Горьковской области. Он был первым из четверых детей в семье Ивана Дмитриевича и Натальи Федоровны Романовых. В начале войны отца призвали в армию, и Виктор остался в семье за старшего. Нелегкие мужские заботы легли на плечи тринадцатилетнего мальчишки. С четырнадцати лет Виктор начал работать на торфоразработках, но его всегда манили пролетающие в небе самолеты. Семилетку окончил с отличием и в 1944 г. без экзаменов поступил в Горьковский авиационный техникум и аэроклуб. В 1948 г. после окончания техникума В.И. Романов был направлен в Уфу (Черниковск) на авиамоторный завод в конструкторское отделение на инженерную должность. Поступил в вечерний авиационный институт и опять - в аэроклуб, где занятия проходили по воскресеньям. В 1950 г. В.И. Романов окончил обучение в аэроклубе с отличием. Но летать ему не довелось, пришлось молодому специалисту работать на заводе.

Творческий путь

В 1954 г. в Николаеве на Южном турбинном заводе было создано специальное конструкторское бюро, предназначенное для разработки и производства газотурбинных установок для морского флота. КБ возглавил главный конструктор С.Д. Колосов. С авиационных заводов набирались специалисты для работы в новом направлении. К концу 1954 г. Виктора Ивановича Романова перевели в Николаев. Его незаурядные способности и исключительная работоспособность были замечены руководством и стали залогом творческого роста.

Начинал он инженером-конструктором в отделе редукторов, где занимался редукторами для ускорительных установок кораблей, трудился над созданием уникального реверсивного редуктора для первого в мире главного газотурбинного агрегата МЗ, который устанавливался на большом противолодочном корабле проекта 61.

Через три года Романова перевели в отдел турбин, а в 1959 г. он был назначен начальником этого отдела.

В отделе турбин Виктор Иванович занимался разработкой и доводкой двигателей первого поколения М2, Д2, МЗ, М8, главным конструктором которых был Сергей Дмитриевич Колосов. Двигатель М2 являлся основой первой отечественной судовой газотурбинной установки большой мощности и по своим параметрам превосходил все известные зарубежные и отечественные судовые газотурбинные двигатели.

В 1961 г. с целью интенсификации новых разработок КБ газотурбинных установок выделилось из состава завода в самостоятельную организацию - Союзное проектное бюро "Машпроект". Разработка и доводка изделий второго поколения проходили под руководством главного конст-

руктора Якова Ханановича Сороки (1963-1968 гг.). К 1965 г. в эксплуатации находилось более 130 газотурбинных двигателей, к этому времени был накоплен достаточный опыт эксплуатации, выявлен ряд дефектов, обусловленных работой двигателей в воздушно-морской среде. В конструкторском бюро широким фронтом проводились работы, направленные на увеличение экономичности, надежности и ресурса двигателей. Были созданы газотурбинные агрегаты типа М5, М7, М9, М12 для водоизмещающих кораблей различного класса. Результаты напряженного труда специалистов "Машпроекта" были отмечены Ленинской премией, а Романов, как начальник отдела турбин, в 1966 г. получил высокую государственную награду - орден Ленина.

С 1965 г. началось создание агрегатов для кораблей нового типа - на воздушной подушке и подводных крыльях. Для корабля на воздушной подушке типа "Джейран" конструкторы "Машпроекта" спроектировали агрегат ДТ-4. Мощность от двух двигателей по 18 000 л.с. через систему редукторов передавалась на четыре воздушных винта и четыре вентилятора. Для корабля на подводных крыльях типа "Ураган" была разработана установка М10, состоявшая из всережимного двигателя мощностью 20 000 л.с., горизонтальной и вертикальной трансмиссии, верхнего и нижнего редукторов. Нижний редуктор, заключенный в специальную гондолу, передавал вращение на гребной винт.



"Молния".
Ракетный катер (проект 12411)



"Джейран".
Малый десантный корабль на
воздушной подушке (проект 1232)

Конструктор

В 1967 г. В.И. Романов был назначен заместителем главного конструктора по эксплуатации, в 1968 г. - главным конструктором - начальником СПб "Машпроект".

В 1969 г. приемная комиссия подписала акт о принятии в эксплуатацию первого корабля с газовым реверсом. К двум двигателям типа М2 вместо обычных турбин винта были пристыкованы новые реверсивные турбины. Испытания подтвердили эффективность нового вида реверса, быстроту дейст-

вия, что способствовало улучшению маневренных качеств корабля. При работе двигателей "враздрай" корабль разворачивался практически на месте. Осевая реверсивная турбина была запатентована в 1975-1979 годах в Англии, ФРГ, США, Японии. В 1992 г. вышла книга В.И. Романова и Ф.И. Кирзнера "Реверсивные газовые турбины". В ней излагались теоретические и экспериментальные данные, был рассмотрен ряд оригинальных конструктивных схем реверсивных турбин, проанализированы результаты многолетней деятельности большого коллектива специалистов.

К 1974 г. под руководством В.И. Романова были завершены работы, связанные с созданием двигателей второго поколения, начатые Я.Х. Сорокой. Ведущие специалисты СПб "Машпроект" во главе с Виктором Ивановичем Романовым удостоились Государственной премии СССР.

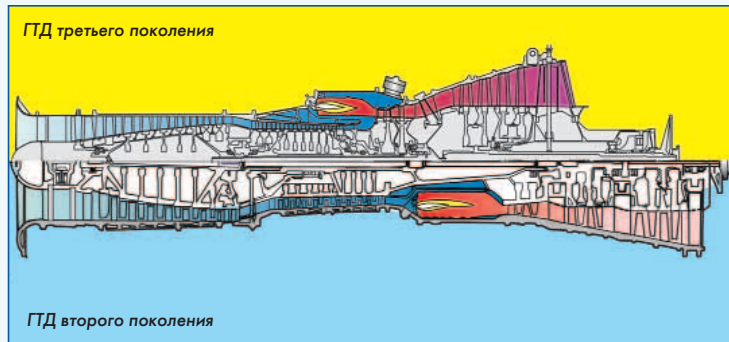
Главные газотурбинные агрегаты к этому времени хорошо зарекомендовали себя на кораблях ВМФ. Однако отличия в требованиях, предъявляемых к двигателям для кораблей на подводных крыльях, на воздушной подушке и водоизмещающих кораблей при существовавших принципах

проектирования вызвали необходимость разработки двух типов двигателей примерно одинаковой мощнос-

ти, что значительно усложняло серийное производство и эксплуатацию. Практически удваивалась номенклатура выпускаемых двигателей при относительно небольших объемах производства некоторых типов ГТД.

На основе анализа требований, изучения условий их эксплуатации В.И. Романов выдвинул концепцию разработки унифицированного ряда высокоэкономичных двигателей, пригодных как для водоизмещающих кораблей, так и для кораблей с динамическими принципами поддержания, и применения в проектах газотурбинных двигателей научно-технических решений, обеспечивающих их высокий уровень на длительный период.

Для реализации этой концепции стало необходимым проведение комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на оптимизацию параметров цикла, обеспечение надежности элементов конструкции, создание новых жаропрочных и жаростойких материалов, сохраняющих свои качества в агрессивной среде продуктов сгорания дизельного топлива, смешанных с морским воздухом, который отличается высокой влажностью и соленостью. Разрабатывалась технология отработки ГТД с имитацией морских условий, развивалась научно-исследовательская база и методы поузловой доводки двигателей. Выполнение этих работ позволило создать мощностной ряд газотур-



бинных двигателей третьего поколения с высокими параметрами цикла: температурой газа перед турбиной 1100...1150 °С при степени повышения давления 15...21, что превышало соответствующие параметры двигателей второго поколения по температуре на 250-300 °С, а по давлению в 1,5 раза.

Изменилась конструктивная схема двигателей третьего поколения. Увеличение окружных скоростей роторов позволило сократить количество ступеней компрессоров, а турбины компрессоров стало возможным изготавливать одноступенчатыми. Противоточная камера сгорания размещалась вокруг компрессора высокого давления, что привело к уменьшению длины и массы двигателя. Внедрение двухпорных роторов турбокомпрессора высокого давления и гибких валов турбин низкого давления и винта обеспечило возможность сокращения количества опорных подшипников. Предусматривался отбор мощности от силовой турбины вперед и назад, что

значительно облегчило размещение силовой установки на некоторых кораблях. Форсирование двигателя по мощности на 20 % при допустимом снижении ресурса давало возможность использования их для кораблей на подводных крыльях и воздушной подушке.

Конечно, не все шло гладко. Чтобы добиться реализации новых идей пришлось преодолевать сопротивление оппонентов, принимать комиссии по проверкам, "выстаивать" у края стола партийного контроля ЦК КПСС. Но В.И. Романов настойчиво и упорно вел коллектив по намеченному пути, и в результате родилось целое поколение новых двигателей, которые и сегодня сохраняют конкурентоспособность на мировом рынке. В 1981-1982 годах была завершена отработка и проведены межведомственные испытания базовых двигателей М75 (UGT 3000), М70 (UGT6000), а в 1985-1989 годах - двигателя М90 (UGT15000).



"Москва" (ранее - "Слава").
Ракетный крейсер (проект 1164)



"Сивуч".
Малый ракетный корабль (проект 1239)



"Зубр".
Малый десантный корабль на
воздушной подушке (проект 12322)

На базе унифицированных двигателей и редукторов создавались агрегаты различных схем, отвечающие требованиям заказчика, среди которых МТ70, М15, М20, не имеющие аналогов в мировой практике. Эти агрегаты обеспечили строительство практически всей номенклатуры кораблей с динамическими принципами поддержания и малых водоизмещающих кораблей для Военно-Морского Флота.

Наряду с созданием ГТД и ГТА третьего поколения Виктор Иванович Романов направлял усилия коллектива на существенное улучшение экономичности газотурбинных установок путем утилизации тепла выходящих из турбины газов. Еще в 1971 г. была разработана первая ГТУ с утилизацией тепла (установка Т1 "Пегас"), в ходе опытной эксплуатации которой выявлялись преимущества агрегата этого типа, а также определялись основные недостатки, связанные со сложностью и громоздкостью утилизационного контура. В результате анализа накопленного опыта удалось существенно упростить схему, уменьшить габариты и массу контура в агрегате М25 мощностью 25 000 л.с., предназначенном для ролкера проекта "Атлантика". Мощность паровой турбины 7 000 л.с. получена путем утилизации тепла отработавших газов ГТУ без затраты топлива. Наряду с внедрением теплоутилизационного контура в агрегате внедрена и другая новинка: применено газотурбинное топливо, более дешевое по сравнению с дизельным. Утилизация тепла применялась также в агрегатах М21, предназначенных для крейсеров типа "Слава". Этот агрегат с малогабаритной утилизационной установкой, размещенной на одной раме с маршевой группой, является уникальным по своим данным и наиболее экономичным из всех применяемых на кораблях ВМФ.

Еще одно направление деятельности проектного бюро под руководством Романова, начатое в конце 1960-х годов, - использование газотурбинных двигателей для выработки электроэнергии. Актуальность указанной тематики диктовалась необходимостью обеспечения электроэнергией отдаленных районов Сибири. Северянам требовалась плавучая электростанция



Судно с горизонтальным способом грузообработки (ролкер)
типа "Капитан Смирнов" (проект 1609 "Атлантика")

мощностью 24 000 кВт. Председатель Совета Министров СССР Н.А. Косыгин, побывав на Черноморском флоте, увидел на кораблях газотурбинные двигатели примерно такой же мощности. "Машпроекту" было поручено создание турбогенератора мощностью 12 000 кВт для плавучей электростанции "Северное сияние". Котлы-утилизаторы, установленные на выходных трактах турбин, выдавали по 18 тонн пара в час, снабжая тепло саму станцию и отапливая расположенный неподалеку поселок. Были изготовлены шесть электростанций с двумя агрегатами на каждой, все они до сих пор находятся в эксплуатации. Позднее с использованием установок "Машпроекта" разрабатывались энергопоезда и стационарные электростанции.

В 1975 г. Романов приступил к созданию газотурбинных установок для привода нагнетателей магистральных газопроводов. Это были годы, когда интенсивно развивалась газовая промышленность. Из-за нехватки собственных агрегатов приходилось покупать американские, английские, итальянские двигатели. Предприятие посетил министр газовой промышленности С.А. Оруджев. Он побывал в КБ и цехах, осмотрел образцы продукции и сказал: "Мне это годится". Затем министр обратился в областной комитет партии, получил там поддержку. С пониманием отнеслось к этой важнейшей для страны задаче и Министерство судостроения. Вскоре вышло соответствующее постановление Совета Министров об использовании судовых газотурбинных двигателей для приводов нагнетателей газа. Предусматривались, в частности, разработка и серийный выпуск блочных газоперекачивающих агрегатов мощностью 10 000 кВт. Для этой цели направлялись средства на развитие СПБ "Машпроект" и ЮТЗ "Заря". В частности, был построен новый корпус научно-исследовательского отделения, на морской испытательной станции - ряд боксов для испытаний газовых двигателей, а в городе Кривой Рог - новый завод и филиал конструкторского отделения. В 1989 г. В.И. Романова назначили главным конструктором - Генеральным директором Научно-производственного объединения "Машпроект" с филиалом КБ "Энергия" в Кривом Роге.

Газовая промышленность СССР (а ныне - России, Украины, Казахстана) получила более пятисот газоперекачивающих агрегатов, успешно работающих на магистральных газопроводах. Нарботки лидерных двигателей второго поколения достигли 100 000 часов.

Организатор

С развалом Советского Союза в деятельности Романова наступил новый этап, который проходил в период становления сложных экономических отношений. Украинское правительство оценило деятельность Романова, назначив его генеральным конструктором морского газотурбостроения. В 1990-х годах он направлял дальнейшие работы, связанные с совершенствованием двигателей третьего поколения. На их базе "Машпроект" разработал двигатель четвертого поколения М80 (UGT 25000) мощностью 25 МВт. Вскоре удалось заключить контракт на поставку этих двигателей для ВМФ Китайской народной республики.

Учитывая резко уменьшившийся объем работ для отечественного морского флота, были разработаны модификации двигателей мощностью 6, 10, 16, 25 МВт для привода генераторов и нагнетателей газа. В неимоверно сложных финансовых условиях под руководством В.И. Романова создавались принципиально новые одновальные двигатели для энергетики мощностью 2,5 МВт и уникальный малогабаритный, но одновременно самый мощный и легкий двигатель на 110 МВт. Особенностью новой разработки являлось отсутствие финансовой возможности изготовления образцов для доводки. Первые же изготовленные экземпляры направлялись в опытно-промышленную эксплуатацию: № 2 - на Ивановскую ГРЭС (Россия), №1 - в п. Каборга Николаевской области (Украина).

Проводились работы по снижению эмиссии вредных выбросов (СО и NO_x) "сухим способом" и с впрыском пара. Разрабатыва-

лась уникальная технология "Водолей" с котлом-утилизатором, подачей пара в двигатель и улавливанием воды из уходящих газов в контактном конденсаторе, очисткой и возвратом её в цикл.

Вся деятельность Романова была направлена на выживание предприятия в тяжелых экономических условиях, дальнейшее развитие газотурбинной техники. Благодаря поддержке всего коллектива это ему удалось, в то время как многие крупные предприятия не сумели удержаться на плаву.

В ноябре 2001 г. на правительственном уровне было принято решение об объединении Производственного объединения "Зоря" и Научно-производственного предприятия "Машпроект" в единый газотурбинный комплекс. Виктор Иванович после 33 лет плодотворнейшей деятельности в качестве руководителя передал бразды правления молодежи, но продолжил трудиться на предприятии. В настоящее время он курирует работы по газотурбинному двигателю ГТД 110.

Ученый

Предприятие "Машпроект", руководимое Романовым, определялось как научно-производственное. Выполнение новых разработок, расчетов, исследований, проводимых при создании газотурбинной техники, внедрение совершенных технологий создавали неограниченное поле деятельности для пытливого ума. В СПБ "Машпроект" огромное внимание уделялось подготовке специалистов высокой квалификации, в том числе кандидатов и докторов наук. Число работников, имеющих ученую степень, достигло 38 человек.

Виктор Иванович Романов занялся своей диссертацией лишь в 1992 г. К этому времени на предприятии уже трудились 25 кандидатов наук, защитившихся на работах, выполняемых в "Машпроекте". Диссертация готовилась как кандидатская, но по масштабности рассмотренных проблем она сразу потянула на докторскую. В ней рассматривалась концепция создания унифицированных газотурбинных двигателей третьего поколения - детище Романова, а также разработка и обоснование программы развития отечественного корабельного газотурбостроения в период с 1970 до 2000 г., комплектование надводных кораблей ВМФ высокоэффективными газотурбинными установками мирового уровня, в том числе с утилизацией тепла для повышения мощности и экономичности. В работе также было представлено обоснование новой конструктивной схемы ГТД, рассматривалась возможность создания охлаждаемых лопаток и теплонапряженных узлов двигателя, применения специальных сплавов и материалов, а также ряд других вопросов.

Основные результаты выполненных исследований Виктор Иванович неоднократно докладывал на научно-технических советах всех уровней, ежегодно принимал участие в работе комиссий Академии Наук СССР (впоследствии России) и ведущих стран мира по газовым турбинам.

Доктор технических наук, академик Нью-Йоркской академии наук (1991 г.), член Академии инженерных наук Украины (1992 г.) и Академии наук судостроителей Украины (1997 г.), член Амери-



Пограничный сторожевой корабль (проект 11351)


канского общества инженеров механиков (ASME), заслуженный конструктор Украинской ССР (1988 г.), автор более 25 изобретений - таковы далеко не все "научные регалии", которых удостоился В.И. Романов.

Кроме того, Виктор Иванович - дважды лауреат Государственной премии СССР за создание и внедрение в серию и эксплуатацию газотурбинных агрегатов второго поколения с большим ресурсом и высокой экономичностью (1974 г.) и создание новых материалов для газовых турбин (1985). Уже после распада СССР В.И. Романов стал лауреатом премии АССАД им. А.М. Ляльки за создание газотурбинного двигателя ГТД 15000 (1994 г.) и узлов ГТД 25000 (1995 г.). Он награжден орденом Ленина (1966 г.) и орденом Октябрьской революции (1971 г.), а также получил награду президента Украины - орден "За заслуги" III степени (1998 г.).

Человек

Работа для В.И. Романова - норма его существования. Остается удивляться и восхищаться, как человек может непрерывно и результативно трудиться, решать ежедневно массу самых разнообразных проблем, встречаться с десятками людей, держать в памяти цифры, события, факты, давать обещания и не забывать их выполнять. Виктор Иванович постоянно вел большую общественную работу. Он неоднократно избирался депутатом городского, областного, Верховного Совета Украины, стал почетным гражданином города Николаева.

Надежным тылом для В.И. Романова является его семья. Поддерживала Виктора Ивановича и трудилась вместе с ним супруга Таисия Васильевна. По стопам отца пошел сын - Вячеслав Викторович, создавая вместе с ним двигатель ГТД 110. Сегодня он - директор по энергетике газотурбинного комплекса "Зоря"- "Машпроект". Окончила энергетический институт, живет и работает в Москве дочь Любовь Викторовна. У Романовых четверо внуков. Виктор Иванович любит путешествовать на автомашине, кататься на лыжах, мастерить на даче. В преддверии 50-летия, которое Научно-производственный комплекс "Зоря" - "Машпроект" будет отмечать 7 мая 2004 г., Виктор Иванович трудится над книгой, в которой будет обобщен бесценный опыт становления и развития морского, а затем и промышленного газотурбостроения.

Многотысячный коллектив Научно-производственного комплекса газотурбостроения "Зоря" - "Машпроект" сердечно поздравляет Виктора Ивановича Романова с 75-летием, желает ему крепкого здоровья и творческого долголетия. 



Компрессорная станция "Новопсков", оснащенная установками "Зоря"- "Машпроект"



Электростанция в Мозыре с ГТЭ-15 и теплоутилизационным контуром

ПОД НЕБОМ ГОЛУБЫМ



Пилотажная группа ВВС Италии "Фречче триколер"

Самолеты MB 339.

Основана в 1961 г. на авиабазе в Риволто.

Программа: 10 самолетов + сольные полеты.



Авиационная группа высшего пилотажа ВВС России "Русские витязи"

Самолеты Су-27 и Су-27УБ.

Образована 05.04.1991 г. на базе 1-й эскадрильи 237 гв. ЦПАТ.

Программа: 6, 4, 2 самолета + сольные полеты.

Мы привыкли, что МАКС - это зрелище: захватывающее, убедительное, профессионально исполненное на земле и в небе. За этим как-то забывается, что МАКС прежде всего - выставка для специалистов. Специалистов всех стран, ибо то, что предлагают Российские и иностранные специалисты в подмосковном Жуковском, в силу многих причин не увидишь ни в каком ином месте. Поэтому на эту неделю мировой авиационный бизнес концентрируется здесь. И задача организаторов подмосковного Салона прежде всего - обеспечение интересов отечественного авиакосмического комплекса.

Здесь, на прекрасном летном поле Летно-Испытательного Института, выставляются все российские компании, работа которых связана с авиацией, космосом и обеспечением жизнедеятельности этих отраслей. На статической стоянке будут выставлены летательные аппараты всех стран СНГ и 33 крупнейших авиакомпаний мира. Немалая часть из этих аппаратов будет показана и в полете. В обширную программу летного показа включены пролеты транспортных, пассажирских, боевых самолетов и вертолетов, машин бизнес-класса, спасательных, десантных и пожарных. Кроме того, впервые в практике отечественных выставок, в этом МАКС примут участие самолеты ВВС США: F-15C, F-16, C-130A, KC-135, а F-15C посетители МАКС смогут увидеть в воздухе.

И тут надо вспомнить, что МАКС все-таки еще и зрелище. Незабываемое, яркое, неповторимое. И если первые три дня в программе полетов будут показательные пролеты и полеты летчиков-испытателей ЛИИ (что само по себе своей уникальностью исполнения всегда вызывало живой интерес), то в три заключительных дня Салона к ним прибавится еще и показательная программа пяти ведущих мировых пилотажных групп.

Проведение такой плотной летной программы возможно только на аэродроме ЛИИ, на котором обеспечен полный траекторный контроль по всей трассе полетов. Только это может сделать зрелище безопасным как для зрителей, так и для самих летчиков.

Чистого неба нам всем!



Пилотажная группа РОСТО "РУСЬ"

Самолеты L-39.

Образована в 1987 г. на базе Вяземского учебного авиационного центра ДОСААФ СССР.

Программа: 6 самолетов + сольные полеты.



Пилотажная группа ВВС Франции "Патруль де Франс"

Самолеты "Альфа джет".

Дата основания: предтечей группы считается созданная в 1931 г. на базе центра боевой подготовки эскадрильи, называвшаяся "Патруль де Этамп". Название "Патруль де Франс" группа получила в 1953 году.

Программа: 6, 9, 11 самолетов + сольные полеты.



Авиационная группа высшего пилотажа ВВС России "Стрижи"

Самолеты МиГ-29, МиГ-29УБ.

Основана 06.05.1991 г. на базе 2-й эскадрильи 237 гв. ЦПАТ.

Программа: 6, 4 самолетов + сольные полеты.

МАКС

19-24
августа

2003

Москва
Жуковский

МАКС

ОАО "АВИАСАЛОН",
Россия, 140182,
Московская область, Жуковский,
Летно - исследовательский
институт им. М.М. Громова.
Тел.: (095) 556-5905, 556-5472
Факс: (095) 787-6651, 787-6652.
E-mail: maks@pt.comcor.ru
Web-site: <http://www.maks.ru>



НПО  **SATURN**



SUKHOI

www.maks.ru

ПЕРМСКИЕ ГТУ НА РЫНКЕ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

"Взаимоотношения Газпрома с поставщиками газотурбинных установок строились на основе долговременных соглашений о сотрудничестве. В этой сфере деятельности Газпрома ведущее место занимают предприятия пермского региона, где производятся двигатели ПС-90 различных модификаций и комплектные газоперекачивающие агрегаты для дожимных и линейных компрессорных станций".

Богдан Владимирович Будзуляк, член правления ОАО "Газпром"
Из интервью журналу "Двигатель", № 3, 2002

Виктор Пыхтеев, генеральный директор ЗАО "Искра-Авигаз"

Юрий Решетников, генеральный директор ОАО "Пермский моторный завод"

Виктор Чичелов, генеральный директор ООО "Пермтрансгаз"

В 1991 г. ОАО "Газпром" взяло курс на радикальную реконструкцию газотранспортной сети и инициировало программу разработки газоперекачивающих агрегатов (ГПА) нового поколения. За 20 лет должно быть заменено 80 % парка ГПА. К такому решению руководство Газпрома привело сложившееся к началу 1990-х годов неудовлетворительное техническое состояние компрессорных станций - основных элементов развитой газотранспортной структуры.

Парк газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций на 1 января 1991 г. состоял из 5685 ГПА общей мощностью 48 600 МВт. Общая мощность газотурбинных приводов составляла 83 % совокупной мощности всего парка ГПА, который формировался с 1960-х годов и включал 20 типов агрегатов единичной мощностью от 2,5 до 25 МВт (табл. 1). Около 12 % ГПА (по мощности) были представлены зарубежными образцами. Стремительное развитие газовой промышленности в 1970-1980-х годах потребовало резкого увеличения поставок ГПА. К их производству были подключены авиационная (Самарский научно-технический комплекс "Двигатели НК") и судостроительная (Николаевские "Машпроект" и ПО "Зоря") отрасли промышленности. На разработку и развитие производства ГПА в этих отраслях было выделено более 1 млрд рублей (минсудпрому СССР - 640 млн рублей, минавиапрому СССР - 380 млн рублей).

К началу 1990-х годов значительная часть оборудования компрессорных станций выработала технический ресурс и устарела морально. Длительная эксплуатация выявила следующие недостатки применяемых ГПА:

- низкая эффективность (к.п.д. отечественных газовых турбин составлял в среднем 27 %, а средний к.п.д. зарубежных - 33 %);
- устаревшие системы управления (низкая надежность, структурная избыточность);
- высокие затраты на ремонтно-техническое обслуживание;
- высокие уровни выбросов оксидов азота, превышающие установленные нормы.

Часть компрессорных станций из-за дефицитности агрегатов необходимого типоразмера оснащалась ГПА мощностью 10 и даже 6 МВт вместо 16- и 25-мегаваттных.

Программа обновления парка ГПА, подготовленная в 1991 г., была призвана устранить эти недостатки, радикально повысить

эффективность оборудования КС, снизить расходы на транспортировку газа, улучшить экологические характеристики.

Инвестиции Газпрома в разработку и производство ГПА нового поколения привели к оживлению рынка газоперекачивающего оборудования и, в первую очередь, к активизации разработчиков и производителей газовых турбин. В числе ведущих разработчиков и изготовителей авиационных двигателей, испытывавших в 1990-е годы острый дефицит инвестиций и заказов со стороны государства, в эту работу включились ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермские моторы" (с 1997 г. - ОАО "Пермский моторный завод"). Инициатором сотрудничества пермских авиадвигательных предприятий с Газпромом выступило руководство ООО "Пермтрансгаз".

Более того, ООО "Пермтрансгаз" взяло обязательство о предоставлении своих компрессорных станций в качестве полигона для испытания и доводки разрабатываемых в Перми ГТУ и ГПА нового поколения. Эта инициатива получила поддержку ОАО "Газпром" и администрации Пермской области.

Первый договор между ОАО "Газпром" и ОАО "Авиадвигатель" на разработку газотурбинной установки мощностью 12 МВт, получившей обозначение ГТУ-12П, был подписан в марте 1992 г. Установка, созданная на основе газогенератора авиационного двигателя четвертого поколения ПС-90А, прошла межведомственные испытания в августе 1995 г. и была принята в опытно-промышленную эксплуатацию на КС "Ординская".

Наличие сертифицированного современного двигателя, сильного конструкторского коллектива, заинтересованное и активное участие специалистов Газпрома позволило ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод" в короткие сроки создать и освоить в производстве газовую турбину нового поколения с к.п.д., равным 34,5 % (в условиях ISO).

В целях снижения затрат на НИОКР и удешевления серийного производства проектирование ГТУ велось с условием максимальной возможной унификации с базовым двигателем ПС-90А. При этом должны были обеспечиваться повышенные ресурсные показатели по сравнению с авиационным прототипом, а также удовлетворяться все заданные заказчиком технические, эксплуатационные и экологические характеристики. В конструкцию базового газогенератора были введены следующие принципиальные изменения:

- спроектирован новый входной корпус с обогреваемыми маслом элементами воздушного тракта и упрощенным центральным приводом;
- применены более дешевые марки материалов лопаток и дисков турбины с повышенной коррозионной стойкостью;



ГТУ-25П готовится к отгрузке на КС "Игринское"

Таблица 1

Структура парка ГПА на 01.01.1991 г.

Тип ГПА	Мощность, МВт	К.п.д. ГТУ, %	Количество агрегатов	Наибольшая наработка, тыс. ч
Газотурбинные агрегаты				
ГТ-700-4	4	16	14	156,2
ГТ-700-5	4,25	25	89	168,9
ГТК-5	4,4	26	25	149,8
ГТ-750-6	6	27	251	111,8
ГТ-6-750	6	24	177	123,0
ГТН-6	6	24	139	80,5
ГТН-9-750	9	19	5	151,0
ГТК-10	10	29	1016	108,8
ГТНР-10	10	32	1	8,1
ГПА-Ц-6.3	6,3	24	764	108,4
ГТК-10И	10	25,9	238	93,8
ГТК-25И	25	27,8	129	92,8
"Центавр"	2,62	25,3	38	60,7
ГТК-16	16	25	9	75,0
ГПУ-10	10	27	276	67,3
"Коберра-182"	12,9	27,5	42	75,1
ГПА-Ц-16	16	27,5	412	41,6
ГТН-16	16	29	63	19,4
ГТН-25	25	28,1	113	40,6
ГПУ-16	16	30	4	0
Итого	-	-	3805	-
Электроприводные агрегаты				
A3-4500-1500	4,5	-	57	169,5
СТМ-4000, СТД	4	-	721	166,3
СТД-12,5	10	-	374	68,1
ЭГПА-25	2,5	-	6	3,3
Итого:	-	-	1158	-
Газомотокомпрессоры				
"Купер"	0,736	-	20	254,7
10ГК, 10ГКМ	0,736	-	80	170,0
10ГКН, 10ГКНА	1,1	-	495	95,9
МК-8	2,06	-	111	73,1
ДР-12	5,5	-	16	23,2
Итого	-	-	722	-

- утолщены корпуса компрессоров, камеры сгорания и турбины;
 - разработаны новая форсунка, фронтное устройство и жаровые трубы в камере сгорания.

Силовая турбина и задняя опора были спроектированы заново с учетом требований, предъявляемых к промышленным ГТУ. Подшипниковые узлы и трансмиссия силовой турбины были выполнены с соответствующими запасами прочности, что позволило без существенных изменений использовать их в конструкции последующих более мощных моделей.

Конструкция ГТУ-12П послужила базовой для разработки газовых турбин мощностью 10, 16 и 25 МВт, составивших ряд унифицированных ГТУ для объектов Газпрома.

Повышение мощности и к.п.д. при разработке ГТУ-16П было достигнуто путем увеличения расхода воздуха и степени сжатия компрессора благодаря введению дополнительной ступени на входе в компрессор и повышению температуры газов перед турбиной. Компрессор ГТУ-16П имеет степень сжатия $\pi_k^* = 22$ в компактном однокаскадном модуле, что является уникальным не только для России, но и для всего мирового рынка ГПА. Установка ГТУ-16П прошла межведомственные испытания и принята в опытно-промышленную эксплуатацию в январе 1998 г. на компрессорной станции "Ординская", принадлежащей ООО "Пермтрансгаз".

ГТУ-25П мощностью 25 МВт характеризуется к.п.д., равным 40% (в условиях ISO). Эта установка в наибольшей степени использует параметрический потенциал двигателя ПС-90А. Увеличение мощности более чем вдвое по сравнению с ГТУ-12П достигнуто благодаря переходу к двухвальной схеме газогенератора (газогенератор ГТУ-12П надстроен каскадом низкого давления от ПС-90А) и применению новой, специально спроектированной турбины низкого давления.

Первый образец ГТУ-25П прошел цикл заводских испытаний. В августе 2003 г. начинается его монтаж на компрессорной станции "Игринская" ООО "Пермтрансгаз" для замены агрегата ГТН-25. До конца текущего года запланировано провести межведомственные испытания этого образца и получить заключение о целесообразности серийного производства.

Еще одна пермская газовая турбина - ГТУ-10П мощностью 10 МВт с к.п.д. 34,7% - создана в 1999 г. и предназначена для станций подземного хранения газа и дожимных компрессорных станций. Ее основное отличие от ГТУ-12П - высокооборотная силовая турбина с частотой вращения 9000 об/мин. Два агрегата с ГТУ-10П смонтированы на Карашурском ПХГ и находятся в опытно-промышленной эксплуатации.

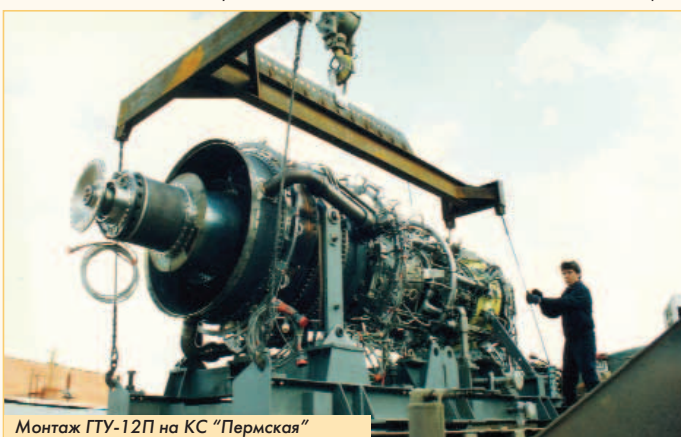
Параллельно с разработкой ГТУ для привода нагнетателей газа ОАО "Авиадвигатель" по заказу Газпрома вело разработку ГТУ для автономных электростанций. Первая энергетическая установка ГТУ-2,5П мощностью 2,5 МВт была разработана и сдана заказчику - ООО "Тюментрансгаз" в мае 1995 г. Вторая ГТУ-4П мощностью 4 МВт в декабре 1997 г. вступила в строй в составе электростанции ТЭС-4000, расположенной на территории ОАО "Пермские моторы".

По состоянию на май 2003 г. ОАО "Пермский моторный завод" изготовило 107 установок ГТУ-2,5П и ГТУ-4П, а ЗАО "Искра-

Авигаз" и ЗАО "Искра-Энергетика" поставили и смонтировали электростанции ПАЭС-2500М, ЭГ-2500М, ТЭС-4000, ГТЭС-4, "Урал-4000", ЭГЭС-4 на объектах Газпрома, Башкирэнерго, Сургутнефтегаза и других компаний.

В настоящее время изготовлена, прошла цикл заводских испытаний и подготовлена к отправке заказчику (в Иваново) первая установка ГТУ-6П мощностью 6 МВт для электростанции "Урал-6000" производства ОАО "Авиадвигатель".

Общими принципами, заложенными в конструкцию ГТУ обеих групп (механический привод, энергопривод) для обеспечения высокой эффективности, удобства и низкой стоимости эксплуатации, были следующие:



Монтаж ГТУ-12П на КС "Пермская"



Б.В. Будзуляк, А.А. Иноземцев, А.Г. Ананенков во время визита в Пермь в марте 2003 г.



Первая ГПА-12 "Урал" на КС "Пермская"

- оснащение ГТУ электронной системой автоматического управления, контроля и диагностики;
- размещение командных агрегатов и датчиков измерения давления вне моторного отсека ГТУ;
- внутренняя теплоизоляция деталей, узлов, масляных полостей;
- покрытие деталей газозвдушного тракта коррозионностойкими покрытиями;
- удобство и низкая стоимость обслуживания ГТУ благодаря развитой модульности конструкции.

Первые успешные шаги ОАО "Авиадвигатель", связанные с разработкой газотурбинных установок для механического привода и для привода генераторов электростанций, привели к образованию кооперации и организации производства на пермских предприятиях законченных объектов "под ключ" - ГПА и ГТЭС.

В 1994 г. в Перми было образовано ЗАО "ПМ-Авигаз" (с 2000 г. - ЗАО "Искра-Авигаз"), которому была поручена координация работ между пермскими участниками программы создания ГТУ и ГПА и ОАО "Газпром", а также организация поставок оборудования для ГПА в варианте реконструкции. Позднее функции ЗАО были дополнительно расширены.

Кроме ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод" кооперация по новому для Перми виду бизнеса объединила следующие предприятия:

- ОАО "НПО "Искра" - головной разработчик и поставщик блочно-комплектных ГПА, разработчик ГТЭС;
- ЗАО "ПМ-Авигаз" - поставка ГПА в варианте реконструкции; поставка, монтаж и обслуживание ГТУ и блочных электростанций,

- координация работ между пермскими предприятиями и Газпромом;
- ЗАО "Искра-Энергетика" - головной изготовитель и поставщик ГТЭС;
- ОАО "СТАР" - разработчик и поставщик систем автоматического регулирования и топливпитания ГД;
- ОАО "Редуктор-ПМ" - изготовитель редукторов для ГТУ;
- ХК ОАО "Привод" - изготовитель и поставщик генераторов электростанций;
- предприятия-поставщики комплектующих агрегатов и систем.

Непосредственное участие в создании и внедрении в эксплуатацию пермских ГПА и ГТУ принимают ООО "Пермтрансгаз" и ООО "ВНИИГАЗ".

Появление ГТУ-12П, а следом за ней ГТУ-16П привело к существенному изменению рынка газовых турбин и ГПА (табл. 2). Если в программе Газпрома 1991 г. пермские ГТУ и ГПА не фигурировали, то с середины 1990-х годов пермские ГТУ попадают во все планы реконструкции и нового строительства ГПА на первых позициях. Так, по результатам тендеров оборудования для строительства КС магистральных газопроводов "Голубой поток" (Россия-Турция) и "Ямал-Европа" в составе выбранных ГПА используются пермские ГТУ-12П/16П. На компрессорных станциях "Голубого потока" будут работать 10 пермских турбин, из них пять ГТУ-12П уже смонтированы и запущены в эксплуатацию в декабре 2002 г. Объем поставок ПМЗ для газопровода "Ямал-Европа" - 35 комплектов ГТУ-16П. Три ГПА-16 "Урал" с ГТУ-16П поставляются по результатам тендерных торгов на компрессорную станцию "Волгоградская".

Всего за последние годы ОАО "Пермский моторный завод" изготовило и отгрузило на объекты Газпрома 78 установок (шесть ГТУ-10П, 27 ГТУ-12П, 44 ГТУ-16П, одна ГТУ-4ПХГ) для ГПА и 86 ГТУ для электростанций.

Заказ Газпрома пермским предприятиям на 2003 г. составляет 60 газовых турбин для ГПА (11 ГТУ-10П, 10 ГТУ-12П, 39 ГТУ-16П). Предварительно согласованный заказ ОАО "Газпром" на 2004 г. только для механического привода включает 60 ГТУ-10/12/16П, одну ГТУ-25П и четыре комплекта ГТУ-4ПХГ.

В 2002 г. руководством ЗАО "Искра-Энергетика" подписаны договоры на поставку в 2003-2004 годах шестнадцати комплектов ГТУ-12П с еще одним крупным заказчиком - ОАО "Сургутнефтегаз".

С учетом результатов эксплуатации на объектах пермские газотурбинные установки постоянно совершенствуются в целях повышения надежности, снижения затрат на ремонт и обслуживание, улучшения технических и экологических характеристик. **П**

Таблица 2

Основные показатели газотурбинных приводов ГПА нового поколения (в условиях ISO)

Марка ГПА	Марка двигателя	Тип двигателя	Номинальная мощность, МВт	К.п.д., %	Температура газов перед турбиной, °С	Степень сжатия	Расход газа за СТ, кг/с	Частота вращения силовой турбины, об/мин
ГПА-2,5	ГГ-2,5	Судовой	2,87	28,4	951	12,0	14,9	13 000
ГПА-4 "Урал"	ГТУ-4ПХГ	Авиа	4,08	24,2	780	7,32	28,7	7014
ГПА-Ц-6,3С	ДТ-71	Судовой	6,7	31,9	1015	13,9	31,0	8200
ГПА-Ц-6,3А	Д-336	Авиа	6,3	31	1009	15,9	31,9	8200
ГТН-6У	ГТН-6У	Промышленный	6,3	30,5	920	12,0	32,3	8200
ГПА-Ц-6,3Б	НК-14СТ	Авиа	8,0	32,0	930	9,5	37,2	8200
ГПА - 10 "Урал"	ГТУ-10П	Авиа	10,3	34	977	14,6	44,5	9000
ГПА-10 МН70	ДН-70	Судовой	10,7	36	1184	19,6	37,4	4800
ГПА-12 "Урал"	ГТУ-12П	Авиа	12,4	34,6	1090	15,8	46,1	6500
ГПА-Ц-16С	ДГ-90	Судовой	17,5	35,5	1075	19,6	71,7	5300
ГПА-Ц-16АЛ	АЛ-31СТ	Авиа	16,0	35	1167	18,1	57,7	5300
ГПА-16 "Урал"	ГТУ-16П	Авиа	16,5	37	1143	19,6	57,2	5300
ГПА-16 "Волга"	НК-38СТ	Авиа	16,0	38	1203	25,9	54,6	5300
ГТНР-16	ГТНР-16	Промышленный	16,5	34	940	7,1	92,4	5200
ГТН-25-1	ГТН-25-1	Промышленный	25,0	31	1090	13,0	101,5	5600
ГПА-Ц-25	НК-36СТ	Авиа	25,0	36,4	1147	23,1	101,2	5000
ГПА-25 МН 80	ДН-80	Судовой	26,7	36,6	1227	21,0	89,8	3300
ГПА-25 "Урал"	ГТУ-25П	Авиа	25,6	40	1239	28,5	80,7	5000

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧНОЙ МНОГОКАМЕРНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ

Валентин Шерстянников, д.т.н., лауреат премии имени Н.Е. Жуковского

Среди проблем, стоящих на пути создания перспективных ракет, выделяется проблема разработки двигателя тягой 250...500 тс при удельном импульсе 250...270 с, сохраняющего работоспособность в условиях воздействия высоких перегрузок. При этом двигатель должен обладать свойством быстрого выхода на режим (время запуска 0,1 с), отличаться высокой плотностью компоновки и иметь небольшую удельную массу.

Этим требованиям могли бы удовлетворить традиционные двигатели твердого топлива. Однако создание твердых топлив со скоростями горения 100...400 мм/с, удельным импульсом 250...270 с и высокими физико-механическими свойствами представляет сложную научно-техническую проблему, не решенную промышленностью. В связи с этим, наряду с созданием твердотопливных двигателей, целесообразно исследовать возможности применения в перспективных ракетах и других типов двигателей.

Существующие ЖРД не удовлетворяют предъявляемым требованиям по динамическим характеристикам (большое время выхода на режим и существенный выброс топлива на запуске), а также по экономическим показателям. В результате анализа энергетических и энергомассовых характеристик была показана принципиальная возможность решения данной задачи с помощью многокамерных ЖРД, основными характеристиками которых являются:

- применение высококалорийного самовоспламеняющегося жидкого топлива (АТ и НДМГ), которое хорошо освоено отечественной промышленностью и является относительно дешевым;
- многокамерная конструкция ДУ с вытеснительной системой подачи топлива при малом относительном перепаде давления между баком и камерой сгорания ($\Delta P/P = 0,2...0,25$);
- неохлаждаемая камера сгорания повышенной расходонапряженности с коротким соплом;
- схема запуска с пусковыми мембранами свободного пролива, расположенными непосредственно на входе форсунок камеры сгорания.

Следует отметить, что применение вместо обычного однокамерного ЖРД многокамерной ДУ позволяет значительно уменьшить габариты сопловой части установки и ее массу. Использование ДУ модульной конструкции способствует сокращению продолжительности и объема отработки, а также уменьшению производственных затрат на изготовление двигателей благодаря общей простоте конструкции.

Для подтверждения возможности достижения требуемых характеристик проведены расчетные исследования и испытания моделей применительно к многокамерной ДУ.

Многокамерная конструкция ЖРД рассматриваемого типа открывает хорошие возможности для исследования процессов в камере сгорания и системе подачи методом масштабного физического моделирования. Для стендовой модели ДУ была изготовлена модель камеры сгорания (рис. 1).

Стендовая модель ДУ обладала следующими свойствами:

- в натурном виде воспроизводился рабочий процесс камеры сгорания благодаря использованию модельной камеры со всеми элементами смесеобразования и организации горения топлива как у натурного изделия;
- в системе подачи топлива воспроизводилась работа натуральных пусковых мембранных узлов, процессы заполнения предфорсуночных полостей (при запуске) и энергетические параметры ДУ на установившемся режиме (воспроизводились натурные значения давлений и перепадов давления);
- не моделировалась динамика функционирования системы наддува;
- не моделировались механические свойства натурной ДУ в отношении жесткости и собственных частот колебаний стенок баков системы передачи тягового усилия.

Эти особенности стендовой модели ДУ должны учитываться при переносе результатов модельных исследований на натурную установку.

Математическое моделирование процесса запуска

На первом этапе работ - до создания физической модели ДУ - было проведено математическое моделирование процесса запуска на ЦВМ для определения возможности запуска ЖРД за очень короткое время (менее 0,1 с) без существенных потерь топлива из-за выброса первых порций компонентов. Кроме того, при осуществлении "пушечного" запуска ЖРД опасались возникновения значительных забросов давления в камере сгорания, способных разрушить двигатель. Система уравнений динамики ДУ была разработана на основе математической модели ЖРД, работающего на стабильных самовоспламеняющихся компонентах топлива.

Было исследовано более десяти вариантов запуска ДУ, в которых варьировались сочетания внешних и внутренних факторов, влияющих на функционирование ДУ в указанном режиме. Результаты расчетов свидетельствовали, что реально воз-

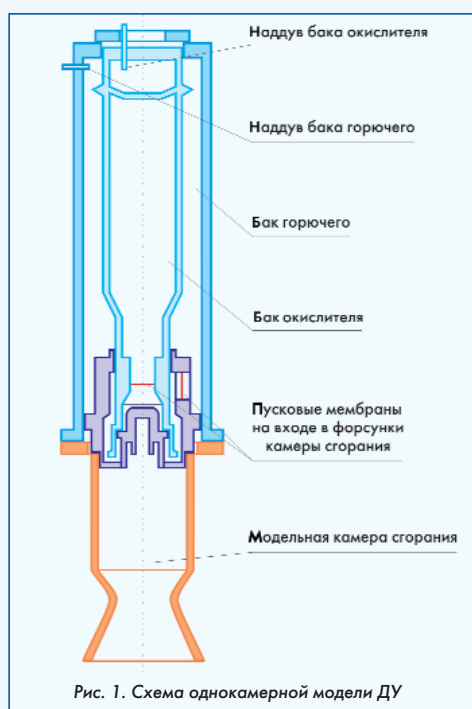


Рис. 1. Схема однокамерной модели ДУ

возможные отклонения таких факторов, как гидравлические сопротивления форсунок, объемы предфорсуночных полостей, времена задержки горения и коэффициенты полноты сгорания не оказывают определяющего влияния на показатели процесса запуска. Выяснилось, что наиболее сильно влияют на запуск динамические характеристики системы наддува. При времени нарастания давления наддува в баках порядка 0,01...0,03 с и свободных объемах, не превышающих 4...6 % от объема бака, процесс запуска протекал без существенных забросов давления (при времени выхода на режим $0,9 P_{к.ном}$ не более 0,1 с) и выбросе топлива в пределах 1 % от его общего количества.

Для обеспечения возможности переноса полученных на модели результатов на натурные ДУ были введены следующие критерии экономичности процесса запуска:

а) временные эквиваленты величины выброса и суммарной затраты топлива при запуске

$$\tau_{выбр} = m_{выбр} / G_{\Sigma ном}; \tau_{затп} = m_{0,9 P_k} / G_{\Sigma ном},$$

где $m_{выбр}$ - масса выброса опережающего компонента;

$m_{0,9 P_k}$ - суммарный расход топлива при запуске;

$G_{\Sigma ном}$ - удельный расход топлива на номинальном режиме работы ДУ.

Временной эквивалент выброса или затрат топлива на запуск можно рассматривать как время, в течение которого мог бы работать двигатель на номинальном режиме, расходуя топливо, выброшенное или затраченное на запуск, соответственно. Использование таких эквивалентов позволяет в определенной мере распространять полученные при моделировании результаты на двигатели подобного типа, но других размеров (другой тяги);

б) относительные показатели экономичности - относительный выброс и относительная затрата топлива на запуск

$$\mu_{выбр} = m_{выбр} / m_T; \mu_{затп} = m_{0,9 P_k} / m_T,$$

где m_T - масса заправляемого топлива.

Этот показатель учитывает особенности двигательной установки и позволяет сравнивать между собой требования к экономичности запуска ЖРД различного типа.

Результаты математического моделирования подтвердили возможность достижения требуемых значений параметров запуска рассматриваемой ДУ.

Испытания моделей ДУ

Модельная камера сгорания была выполнена неохлаждаемой в виде отдельного блока, стыкуемого с форсуночной головкой.

В целях повышения экономичности рабочего процесса в камере сгорания при достаточной устойчивости процесса по отношению к низкочастотным и высокочастотным колебаниям было разработано несколько вариантов форсуночных головок, в том числе:

- с семью форсунками;
- с 61-й форсункой.

Головки набирались из центробежных двухкомпонентных форсунок с тангенциальным подводом компонентов как по прямой, так и обратной схеме. При прямой схеме окислитель образует внутренний конус распыливания, а горючее - наружный; при обратной схеме конус горючего проходит внутри, а окислителя - снаружи. Опыт создания ЖРД свидетельствует, что прямая схема позволяет получить умеренную экономичность при высокой устойчивости процесса в камере по отношению к высокочастотным колебаниям. Обратной схеме присуща более высокая экономичность, но при этом большая предрасположенность к высокочастотным колебаниям при повышенной устойчивости к колебаниям на низких частотах.

Автономные испытания моделей ДУ проводились в земных условиях. Целями испытаний являлись:

- исследование процесса запуска двигателя и оценка его параметров при выходе на режим;
- определение показателей экономичности и устойчивости рабочего процесса в камере сгорания с различными форсуночными головками.

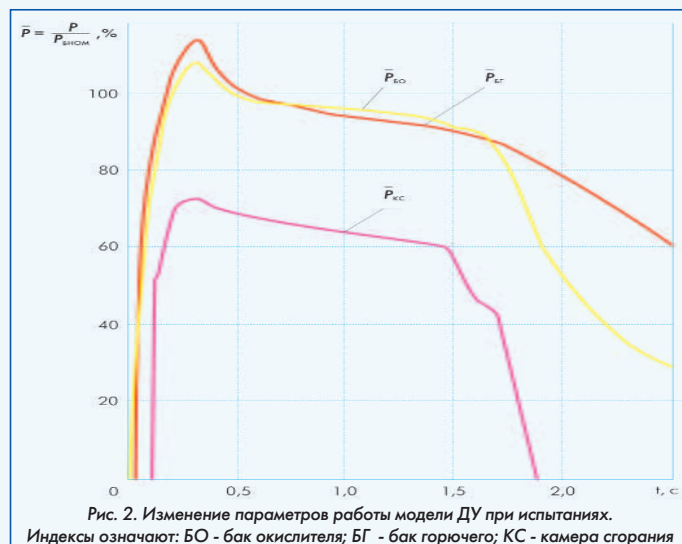


Рис. 2. Изменение параметров работы модели ДУ при испытаниях. Индексы означают: БО - бак окислителя; БГ - бак горючего; КС - камера сгорания

Проведенные испытания однокамерной и шестикамерной моделей ДУ подтвердили возможность получения значений параметров камеры сгорания, которые удовлетворяют основным требованиям по динамике запуска, устойчивости рабочего процесса и экономичности. Было исследовано несколько вариантов ДУ с различными форсуночными головками камеры сгорания и различными схемами стеновой системы наддува баков ДУ.

Полученные результаты свидетельствовали о том, что процесс запуска ДУ, как правило, протекал без существенных забросов давления в камере сгорания (рис. 2). Время запуска от момента подачи команды на наддув баков до момента достижения давления, равного $0,9 P_{к.ном}$, составляло 0,1...0,5 с, при этом время, потребное для наддува баков, равнялось 0,03...0,35 с.

Анализ показал, что существенное влияние на процесс запуска оказывают динамические характеристики стеновой системы наддува, изменяющиеся в широких пределах в зависимости от ее конструктивного исполнения. При времени наддува баков менее 0,03 с время выхода ДУ на режим 90-процентной тяги не превышало 0,1 с.

При испытаниях однокамерной модели ДУ в ряде случаев наблюдались интенсивные низкочастотные (в диапазоне частот 90...290 Гц) колебания давления в камере сгорания с амплитудой $(0,3...0,5) P_{к.ном}$. Для выяснения механизма колебаний были привлечены известные теоретические модели таких процессов. Поскольку для ДУ исследованного типа характерен относительно малый перепад давлений между топливными баками и камерой сгорания $(\Delta P = (P_б - P_к) / P_к \cong 0,2)$, то было высказано предположение о "расходном" механизме низкочастотной неустойчивости в сочетании с возможной внутрикамерной неустойчивостью (механизм Крокко). Расчет проводился по упрощенной математической модели "расходного" механизма с учетом влияния внутрикамерной неустойчивости. Уравнения математической модели для рассматриваемого случая имеют вид:

$$\tau_{пр} \frac{d\bar{P}_к}{dt} + \bar{P}_к(t) = \bar{G}_T(t - \tau_3) + n[\bar{P}_к(t) - \bar{P}_к(t - \tau_3)];$$

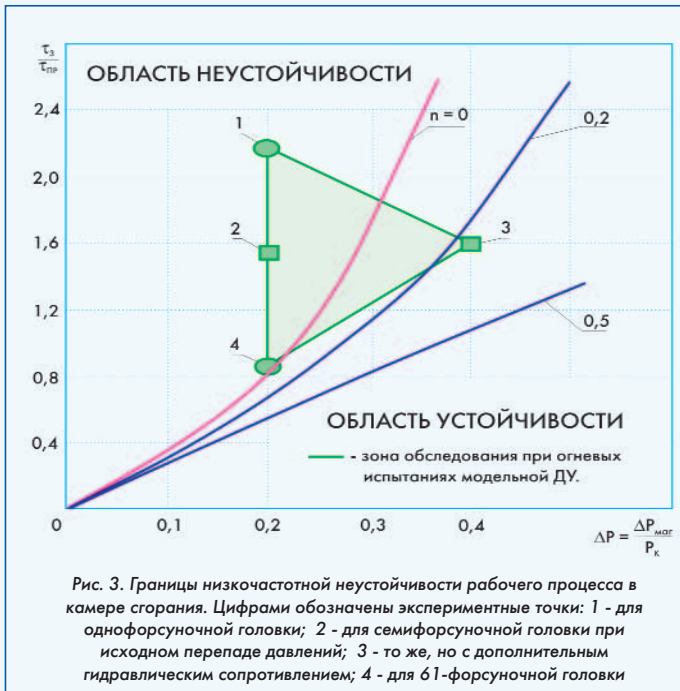
$$\bar{G}_T(t) \cong -\frac{1}{2\Delta P^*} \bar{P}_к(t),$$

где $\bar{P}_к$ - относительное отклонение давления от номинального; \bar{G}_T - относительное отклонение суммарного расхода от номинального;

τ_3 и $\tau_{пр}$ - времена задержки горения и пребывания газов в камере сгорания;

ΔP^* - относительный перепад давлений в системе подачи топлива на номинальном режиме;

n - показатель взаимодействия, зависящий от свойств топлива и др.



Была рассчитана граница устойчивости системы и значения частот колебаний на границе для значений $n = 0 \dots 0,5$. Величины τ_z и $\tau_{пр}$ были определены экспериментально. Для испытывавшихся моделей ДУ и зарегистрированной частоты колебаний $f_{зкс} = 90 \dots 290$ Гц они составляли:

$$\tau_z = (1 \dots 3) \cdot 10^{-3} \text{ с}; \tau_{пр} = (1 \dots 1,4) \cdot 10^{-3} \text{ с}.$$

Нетрудно убедиться в том, что при исходном перепаде давлений $\Delta P = 0,2$ рабочие точки 1 и 2, соответствующие однофорсуночной и семифорсуночной головкам камеры сгорания, лежат в области неустойчивости. Рабочая точка 61-форсуночной головки (точка 4) при том же перепаде давлений располагается на границе зоны устойчивости. Рабочая точка семифорсуночной головки при повышении перепада давлений до $\Delta P = 0,4$ (точка 3) расположена в зоне устойчивой работы.

Таким образом, результаты теоретического анализа, проведенного по модели "расходного" и внутрикамерного механизма низкочастотной неустойчивости, согласуются с данными, полученными при испытаниях.

В связи с этим основные практические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости рабочего процесса ДУ по отношению к низкочастотным колебаниям, были связаны:

- с улучшением диспергирования топлива путем увеличения числа форсунок камеры сгорания;
- с улучшением динамических свойств системы подачи благодаря повышению перепада давления между баками и камерой сгорания.

Проведенные испытания моделей ДУ с камерами сгорания, имеющими различные форсуночные головки, а также испытания с повышенным гидравлическим сопротивлением системы подачи показали, что наиболее эффективным способом обеспечения устойчивости рабочего процесса по отношению к низкочастотным колебаниям является применение камеры сгорания с 61-й форсункой обратной схемы, обеспечивающей хорошее распыливание топлива и высокую экономичность рабочего процесса. Устойчивость рабочего процесса при использовании семифорсуночной головки камеры сгорания была обеспечена постановкой дополнительного гидравлического сопротивления в системе подачи топлива, увеличивающего относительный перепад давлений между баком и камерой сгорания до $\Delta P = 0,4$.

Потеря полного импульса по данным испытаний определялась выражением:

$$\delta J_B = (J_{БК} - J_{БДУ}) / J_{БК},$$

где $J_{БДУ}$ - полный импульс заправленного топлива ДУ, определяемый по интегралу давления P_K за весь цикл работы;

Предлагает со склада в Москве:

- **Авиационные масла производства фирмы NYCO S.A.**
 - **CASTROL-98 (ТУРБОНИКОЙЛ-98)**, аналог масла БЗ-В
 - **ГИДРОНИКОЙЛ FH-51**, аналог гидравлической жидкости АМГ-10
 - **ТУРБОНИКОЙЛ-210А**, аналог масла ИГМ-10
 - **ТУРБОНИКОЙЛ-321**, аналог масла МС-8П
 - **ТУРБОНИКОЙЛ-306**, аналог маслосмеси СМ-4,5
- **Авиационные масла отечественного производства.**
- **Специальные и технические жидкости.**
- **Вакуумное масло ВМ-4.**
- **Контейнеры UniCUBE фирмы Van Leer France SNC емкостью 1000 дм³.**

Прямые поставки.

Осуществляются во все регионы России и на экспорт.
Гибкая система скидок.

Полное соблюдение норм таможенного законодательства РФ.
Сертификат ЦС ГосНИИ ГА.

За более подробной информацией обращайтесь:

Тел./Факс: 213-0425, 213-2352

E-mail: unilon@mail.ru

125319, Москва, ул. Коккинаки, 4, офис 401.

11 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ

$J_{БК}$ - полный импульс давления камеры сгорания.

Анализ показал, что потеря полного импульса зависит от типа форсуночной головки и от условий работы ДУ. По результатам испытаний однокамерной модели ДУ суммарная потеря полного импульса из-за выброса топлива на запуске, неточности настройки гидравлических сопротивлений и неодновременности выработки баков, включая погрешность измерения, в среднем составляла 13 %. В основном потери были обусловлены неточностью выдерживания соотношения расходов компонентов и неодновременностью выработки топлива из баков.

Испытания шестикамерной модели ДУ показали, что двигательная установка в условиях взаимного влияния камер сгорания и газодинамического взаимодействия газовых струй работала устойчиво, и ее динамические характеристики соответствовали предъявленным требованиям.

Резюмируя изложенное, можно констатировать:

1. Схема запуска ДУ с пусковыми мембранами на входе в форсунки позволяет обеспечить надежный "пушечный" запуск двигателя без существенных забросов давления в камере сгорания со следующими показателями:

а) время выхода на режим (до момента достижения давления $0,9 P_{к.ном}$) - не более 0,1 с;

б) неэффективная потеря топлива при запуске вследствие выброса опережающего компонента и неполноты горения при завязке процесса в камере не превышает 1 % общего количества топлива.

2. Наиболее эффективным способом обеспечения устойчивости рабочего процесса по отношению к низкочастотным колебаниям является применение камеры сгорания с достаточно большим числом форсунок обратной схемы (окислитель снаружи, горючее внутри), обеспечивающих тонкий распыл топлива топлива и высокую экономичность рабочего процесса. Устойчивость рабочего процесса при малом числе форсунок в камере сгорания может быть обеспечена постановкой дополнительного гидравлического сопротивления в системе подачи топлива, увеличивающего относительный пе-

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ В НУЖНОМ МЕСТЕ В НУЖНОЕ ВРЕМЯ

Рост населения, развитие экономики, промышленное освоение новых районов и продвижение цивилизации в ранее необжитые районы во второй половине XX века привели к серьезным техническим, экономическим и экологическим проблемам развития национальных энергетических инфраструктур. В сложившихся условиях настало время территориально распределенных электростанций, объединяющих небольшие установки по выработке электроэнергии. Этим электростанциям предстоит полностью изменить способ получения и распределения электрической энергии в ближайшем будущем. Распределенные электростанции, состоящие из наборов небольших генераторов, расположенных в непосредственной близости к потребителям и управляемых центральным компьютером по сети интернет/интранет, должны играть важную роль в будущем рынке электроэнергии.

Существенный прорыв в технологии газовых микротурбин, вышедших из стадии опытно-конструкторских разработок и ставших реальным товаром, выдвигает их в число главных претендентов на роль основного электрогенерирующего агрегата для организации локальных систем электроснабжения.

Газомикротурбинные электрогенераторы обладают замечательными свойствами: повышенная экологическая чистота, дешевизна электроэнергии, возможность утилизации тепла, близость к потребителю, отсутствие необходимости в дорогостоящих линиях электропередач и подстанциях, транспортабельность, многотопливность (природный газ, сжиженный газ, попутный газ, шахтный газ, биогаз), большой межремонтный ресурс и низкая стоимость эксплуатации. Установки могут применяться на буровых платформах и скважинах, шахтах, очистных сооружениях, а так же как резервные, вспомогательные и основные источники электроэнергии в госпиталях, аэропортах, жилых массивах, малых предприятиях и даже на крупных производствах для питания вспомогательных систем и снижения затрат сетевой энергии. Внедрение газомикротурбинных электрогенераторов дает существенный экономический эффект для конечного потребителя, обеспечивая его качественным, бесперебойным электроснабжением.

В ряду малых электрогенерирующих установок особое место занимают микротурбины, разработкой, производством и продажей которых занимаются десятки фирм в развитых странах Европы и Америки. В этой области одним из технологических лидеров по многим показателям является фирма Capstone Turbine Corporation (США).

Высокие технические и эксплуатационные характеристики микротурбин Capstone являются следствием оригинальной конструкции

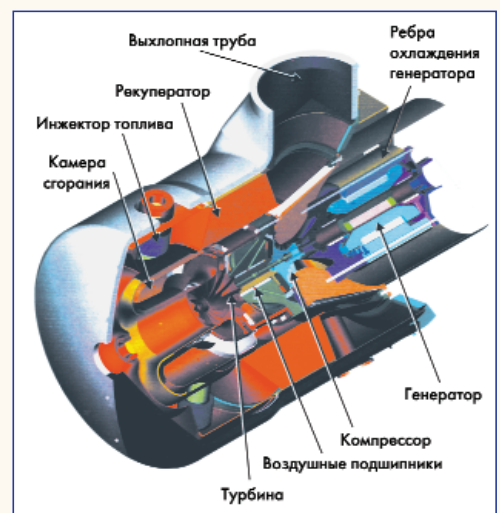
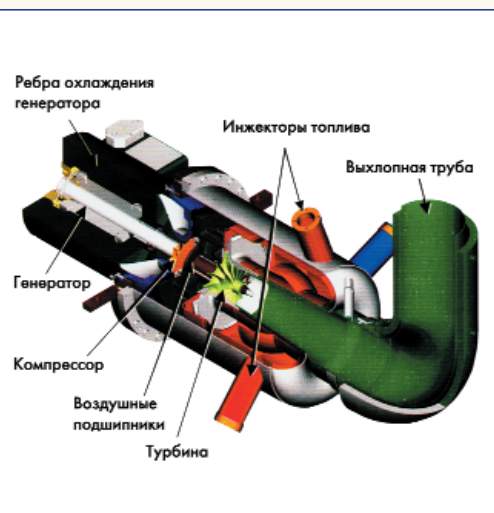


и тщательной проработки всех конструктивных элементов и узлов с использованием новейших достижений в области материаловедения, термодинамики, электротехники, управления и механики. Обширные полевые испытания десятков прототипов, доводка всех элементов в течение десяти лет позволили в 1998 г. представить на рынок законченный

коммерческий продукт. Совершенствование и разработка новых вариантов базовой модели непрерывно продолжается с учетом опыта промышленной эксплуатации в различных условиях применения более 2500 установок. Турбина выполнена в виде конструкции с одной движущейся деталью - вращающимся валом, на котором соосно расположены электрогенератор, компрессор и непосредственно турбина. Ротор вращается со скоростью 96 000 об/мин при номинальной нагрузке и поддерживается воздушными подшипниками, которые не требуют жидкой смазки и периодического обслуживания. Их устройство запатентовано фирмой Capstone Turbine Corporation. Другим замечательным свойством турбины является компоновка всех основных узлов. В одном небольшом по габаритам объеме размещены компрессор, камера сгорания, рекуператор, непосредственно турбина и постоянные магниты электрогенератора. Генератор не требует жидкого охлаждения, поскольку охлаждается набегающим потоком воздуха. Благодаря своим конструктивным особенностям установка обладает высокими потребительскими свойствами: работает почти без вибраций, не излучая большого шума в окружающее пространство даже без применения специальных шумопоглощающих кожухов.

Высокоскоростной генератор производит ток частотой до 1600 Гц, который конвертируется в постоянный ток, а затем преобразовывается в выходной ток номинальной частоты и напряжения. Электрическая система обеспечивает высокое качество выходного напряжения в соответствии с международными стандартами ISO.

Тщательные рабочие испытания и опыт эксплуатации турбины показали надежную работу топливной системы и камеры сгорания, которая пригодна для работы на различных видах топлива: природный, шахтный, сжиженный, попутный газы, причем с весьма высоким (до 7%) содержанием сероводорода, биогаз, а так же жидкое дизельное топливо и керосин. Нетребовательность к качеству топлива (загрязненности его примесями) сочетается с малой концентрацией вредных веществ в выбрасываемых продуктах сгорания. Это было продемонстрировано в ходе специальных испытаний и подтверждено



сертификатами официальных органов по охране окружающей среды. Уровень вредных выбросов установки столь низок, что он стал базовым при разработке новых экологических стандартов для малых электростанций (в штате Калифорния).

Контроль и управление осуществляются микропроцессорной системой автоматического управления. Благодаря высокой степени автоматизации, высококачественной и надежной системе управления установка работает в автоматическом режиме, не требуя постоянного присутствия персонала при нормальном режиме работы. В критической ситуации система автоматически выключает установку и запоминает ее рабочие параметры в момент аварийного отключения. Система управляет режимами автоматического пуска, остановки, контролирует параметры, поступающие от датчиков расхода топлива, температуры, скорости вращения ротора, электрической нагрузки и т.д.

В цифровой системе управления реализованы сложные алгоритмы, обеспечивающие устойчивость работы и многофункциональность применения установки. В частности, при использовании микротурбины в качестве резервного источника электроэнергии возможен автоматический запуск при пропадании напряжения в сети. Система управления обеспечивает работу как в полностью автономном варианте, так и в режиме совместной работы с сетью для снятия пиковых нагрузок и передачи дополнительной электроэнергии в сеть.

При помощи пульта оператора осуществляется ручное управление и программирование различных режимов функционирования системы управления. Кроме того, возможно удаленное управление через каналы связи и сети интернет/интранет, для обеспечения координированного управления группами установок, расположенными в разных местах, но работающими как единое целое.

Для первоначального пуска турбины установка снабжена аккумуляторными батареями.

Около 60 вариантов комплектации микротурбин, выпускаемых фирмой Capstone Turbine Corporation, способно удовлетворить потребности самых широких слоев потребителей. Следует отметить, что варианты индивидуальных кожухов могут быть различными, а индивидуальный арктический контейнер оборудован каталитическим газовым обогревателем и каплеотбойником. В зависимости от требуемой мощности и размера контейнера в нем могут быть смонтированы две и более микротурбины без кожуха. Возможен монтаж микротурбин на колесном шасси. Модель без рекуператора сжигает больше газа при том же выходе энергии и при повышенной температуре выхлопа, что позволяет использовать ее для утилизации попутного газа на нефте- и газопромислах.

Помимо электричества турбина может вырабатывать тепло, для чего она оснащается специальным устройством, утилизирующим теплоту выхлопных газов. Такие энергетические системы, совместно вырабатывающие электричество и тепло, относятся к классу CHP (Common Heat Production). В случае микротурбин их называют микро-CHP. Специально для микротурбин Capstone Turbine Corporation сконструировано несколько типов таких теплообменников, рассчитанных на совместную работу с одной, двумя, четырьмя и более микротурбинами. Их производят в США, Европе, Японии. Возможно применение российских утилизаторов тепла соответствующих по производительности, размерам соединительной арматуры и другим параметрам конструкции микротурбины. Применение установок микро-CHP резко повышает общий к.п.д. (до 80...90 %) и решает задачи теплоснабжения для отопления и получения горячей воды.

В целом, микротурбины могут использоваться для решения следующих основных задач:

- резервирование энергоснабжения в случае нарушений в централизованной электросети;
- автономное электроснабжение отдаленных поселков, отдельно стоящих зданий, строительных площадок, нефтяных месторожде-

Параметр	C30	C60
Электрическая мощность, кВт	30	60
Электрический к.п.д., %	28 (± 2)	28 (± 2)
Общий к.п.д. в случае утилизации тепла, %	80	80
Напряжение на выходе, В	400...480	400-480
Максимальный ток в фазе, А	46	100
Частота тока, Гц	50/60	50/60
Масса, кг	478	758
Масса аккумуляторных батарей, кг	173	363
Габариты, мм	1900x714x1344	2108x762x1956
Топливо	газ, керосин, дизельное	газ
Давление топлива на входе, бар	0,3...3,8	5,2-5,6
Расход топлива при номинальной нагрузке, нм ³	12	22
Температура выхлопных газов, С°	270	305
Выход тепловой энергии, кДж/ч	305 000	571 000
Выброс NO _x при 15 % O ₂ , ppm	< 9	< 9
Уровень шума на расстоянии 10 м, dBA	58	70
Частота вращения турбины, об/мин	96 000	96 000
Срок службы до капитального ремонта, ч	60 000	60 000

ний, нефтяных вышек, удаленных станции связи и других объектов, где электрическая сеть недоступна;

- снижение максимальной (пиковой) нагрузки;
- получение дополнительной мощности;
- повышение полезной отдачи путем одновременного производства тепла (кондиционирования) и электричества;
- оптимизация потерь за счет коррекции коэффициента мощности для обеспечения качества и надежности энергоснабжения;
- использование альтернативного топлива, получаемого из ныне бросовых источников энергии (попутный газ, биогаз, шахтный газ, газ сточных вод).

Преимуществами рассматриваемых установок являются легкость установки и запуска в работу без больших финансовых затрат на проектные, строительные, монтажные работы; простота и неприхотливость в эксплуатации, малые габариты, низкий уровень загрязнения и шума. С помощью модема возможны дистанционные управление и контроль состояния микротурбины, программирование режимов работы на любой период времени, а также централизованное управление работой любого количества микротурбин из любой точки земного шара. Кроме того, следует особо подчеркнуть, что ресурс микротурбины заметно превышает ресурс лучших дизельных генераторов.

Отделение Энергетических Систем компании Банковский Производственный Центр (БПЦ) предлагает российским потребителям широкий спектр микротурбинных электрогенераторов производства фирмы Capstone Turbine Corporation. БПЦ со своими партнерами владеет всеми ресурсами и знаниями для выполнения полного цикла проектов малой энергетики: от поставки оборудования, проектирования, строительно-монтажных работ до финансирования. Компания основана в 1995 г. и обладает большим опытом реализации высокотехнологичных проектов для ведущих банков и корпораций страны. Накоплен огромный опыт поставки из-за рубежа и запуска в промышленную эксплуатацию высокотехнологичного оборудования ведущих мировых производителей. Проекты реализованы по всей территории России от Калининграда на западе до Южно-Сахалинска на востоке, от Мурманска на севере до Сочи на юге. Имеются своя система логистики и склад в Москве, работает сервисный центр для гарантийного и послегарантийного обслуживания поставляемой техники. Учебный центр готовит профильных специалистов, а своя лизинговая компания обеспечивает льготный режим финансирования.

БПЦ

Россия, 101990, Москва, ул. Мясницкая, 35.

Тел.: (095) 780-3165, 933-2050.

Факс: (095) 780-3167, 204-1402.

E-mail: energy@bpc.ru

<http://www.bpcenergy.com>

<http://www.capstone.ru>



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ТУМАНОВ

Лев Берне

(Продолжение, начало в № 2-3, 2003)

Двигатели для беспилотных ЛА

Во второй половине 50-х годов прошлого столетия, в разгар "холодной войны", когда главные цели были "за океаном", приоритетными стали проекты больших крылатых ракет, летающих на высотах более 20 км со сверхзвуковыми скоростями. Тогда Лавочкин создал свою знаменитую "Бурю" с максимальной дальностью полета 8000 км. Ракета взлетала с помощью стартовых ЖРД, а в качестве маршевого двигателя был использован прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД). В ОКБ А.Н. Туполева также приступили к созданию крылатых ракет большой дальности (кстати, сам термин "крылатая ракета был официально введен в обращение приказом министра обороны СССР от 30 октября 1959 г., ранее аппараты такого назначения именовались "самолетами-снарядами"). Первой такой ракетой туполевского ОКБ, доведенной до изготовления в металле, стал объект "121" (Ту-121, "С"), предназначенный для поражения целей на дальности до 3800 км. Впервые в практике КБ предстояло создать летательный аппарат со сверхзвуковой крейсерской скоростью полета.

Официально задание на проектирование самолета "С" ("С" - средний) КБ получило в 1957 г. Многоопытный и оттого осторожный Туполев предпочел сделать ставку не на слабоизученный ПВРД, а на "почти обычный" ТРД. Специально для самолета "121" ОКБ С.К. Тумановского получило задание разработать новый мало-ресурсный газотурбинный двигатель КР15-300 с длительной тягой на форсажном режиме 10 000 кгс. Предназначение определило относительно простую схему двигателя с пятиступенчатым компрессором и одноступенчатой турбиной. Максимальная продолжительность непрерывной работы на форсированных режимах в полете задавалась равной 2 ч 30 мин. Особенностью двигателя было то, что сжатие воздуха производилось преимущественно в воздухозаборнике, а степень повышения давления в компрессоре была выбрана сравнительно небольшой. Таким образом, по конструкции КР15-300 представлял собой "нечто среднее" между традиционным ТРД и входившим в моду ПВРД.



КР15-300

Для самолета-снаряда "С" разрабатывались также мощные твердотопливные стартовые ускорители с тягой 75 000...80 000 кгс. Отдел силовых установок туполевского ОКБ для обеспечения эффективной работы ТРД КР15-300 на всех режимах полета спроектировал подфюзеляжный воздухозаборник с многоскачковым полуконусным центральным телом и системой слива пограничного слоя, а также кольцевое эжекторное сопло. На предприятиях Минсредмаша для беспилотного самолета проектировалась компактная ядерная боевая часть, интегрированная с системами управления машины. В состав системы наведения самолета "С" включили звездно-солнечный ориентатор, обеспечивший высокую точность определения координат на маршруте и вывод в район цели с ошибкой порядка единиц километров. Машина должна была лететь к цели на высоте 20...24 км, где облаков не бывает, с крейсерской скоростью 2775 км/ч.

Во второй половине 1958 г. в опытно-производстве были собраны первые экспериментальные самолеты-снаряды "С". Зимой 1958-1959 гг. начались огневые испытания и первые отстрелы имитаторов на полигоне в Фаустово. Летом 1959 г. первый летный экземпляр самолета был перевезен на испытательную базу ОКБ, а 25 августа 1959 г. он выполнил первый полет. На этом пуске присутствовал А.Н. Туполев. Затем были выполнены еще четыре пуска, и уже шла речь о подготовке серийного производства. Однако в феврале 1960 г. вышло постановление Совмина СССР, сворачивавшее все работы по этой беспилотной ударной системе. Советское военно-политическое руководство сделало окончательный выбор в пользу ударных стратегических средств на основе баллистических ракетных комплексов. Одновременно с туполевской ракетой "С" были прекращены работы по межконтинентальным беспилотным самолетам-снарядам "Буря" и "Буря" разработки КБ С.А. Лавочкина и В.М. Мясищева.

Но Андрей Николаевич Туполев отличался настойчивостью и имел налаженные связи "в верхах". Через несколько месяцев после прекращения работ по самолету "С" в ударном варианте проектирование машины возобновилось, правда, в несколько измененном виде. На этот раз ОКБ получило заказ на проектирование оперативно-стратегического комплекса беспилотной разведки, получившего наименование ДБР-1 "Ястреб". Сроки для создания системы задавались очень жесткие: заводские летные испытания должны были начаться в третьем квартале 1960 г., а уже в следующем году Воронежский завод был обязан выпустить 18 серийных машин. Беспилотный самолет-разведчик получил в ОКБ обозначение объект "123" (Ту-123).

В отличие от самолета "121" в носовой, спасаемой на парашюте части самолета "123" размещалась разведывательная аппаратура (четыре аэрофотоаппарата и станция радиотехнической разведки), а также часть элементов навигационного комплекса. В спасаемой части фюзеляжа находились сило-

вая установка, часть аппаратуры навигации и управления и энергоузел. Задел по объекту "121" позволил в короткие сроки подготовить к испытаниям первые экземпляры для заводских (закончены в сентябре 1961 г.) и совместных (закончены в декабре 1963 г.) испытаний. Постановлением Совмина СССР от 23 мая 1964 г. система дальней беспилотной фото- и радиотехнической разведки ДБР-1 "Ястреб" была принята на вооружение советских ВВС. Серийное производство самолета "123" и других элементов системы продолжалось до 1972 г.

История другого двигателя разработки ОКБ Туманского, предназначенного для беспилотного летательного аппарата, также получила начало в 60-е годы. Тогда, в разгар "холодной войны", встал остро вопрос: как бороться с крупными кораблями вероятного противника, и в первую очередь с ударными авианосцами, которых у Советского Союза не было. Известный конструктор в области ракетной техники Владимир Николаевич Челомей предложил создать для решения этой проблемы сверхзвуковую крылатую ракету с высотой полета 5...10 м над уровнем моря. Такой летательный аппарат являлся в то время практически неуязвимым для корабельных средств ПВО. Однако установить на крылатую ракету обычный авиационный ТРД в рассматриваемом случае было невозможно, так как ни один из существовавших тогда двигателей не мог выдержать колоссальную аэродинамическую нагрузку, возникающую при сверхзвуковом полете практически на уровне поверхности океана. Требовалось создать специальный двигатель тягой около 2200 кгс. Следует подчеркнуть, что аналогов во всем мире не существовало.

Тактикой боевого применения ракеты с двигателем КР7-300 (короткоресурсный) были обусловлены особенности конструкции и режимы работы ТРД. Он отличался небольшими габаритами и массой, малым ресурсом, высокой теплонапряженностью и способностью выдерживать повышенные механические нагрузки, компактностью размещения агрегатов и коммуникаций, простотой, относительной дешевизной, а также высокой технологичностью. При конструктивной разработке КР7-300 были найдены оригинальные решения, часть из которых в дальнейшем нашла применение в отечественных и зарубежных авиадвигателях (например, электронная система управления режимами работы двигателя).

Для скоростных перехватчиков и разведчиков

ОКБ Туполева было не единственным конструкторским бюро, которое нуждалось в мощном ТРД, способном обеспечить длительный сверхзвуковой полет. В 1958-1959 гг. в ОКБ Микояна проводились поисковые работы по новому самолету, который мог бы летать на скоростях $M > 2$ на высотах свыше 20 км. Опираясь на накопленный опыт, С.К. Туманский предложил А.И. Микояну оснастить экспериментальную машину двигателем, созданным на базе короткоресурсного КР15-300, турбокомпрессор которого был фактически уже отработан. В отличие от однорежимного двигателя крылатой ракеты новый вариант ТРД должен был надежно работать не только при полете на большой высоте, но и на режимах взлета и посадки, а также на дозвуковых скоростях. В связи с этим в конструкцию двигателя пришлось внести соответствующие изменения: ленту перепуска за третьей ступенью компрессора, управляющуюся автоматикой, камеру сгорания трубчатого-кольцевого типа и форсажный контур с двухстворчатым регулируемым трехпозиционным соплом. Первые экземпляры ТРД оснащались электрической системой запуска. Двигателем, получившим наименование Р15-300, оснащались экспериментальные истребители Е-150 и Е-152, которые создавались в рамках программы разработки автоматизированного комплекса перехвата "Ураган-5". В 1961-1963 гг. на самолетах Е-150 и Е-152 велась отработка ТРД, агрегатов и отдельных узлов в реальных условиях полета при скоростях, соответствующих числу $M > 2...2,5$.

Кроме того, в конце 50-х годов в ОКБ А.И. Микояна начались проектные работы по созданию высокоскоростного перехватчика и разведчика Е-155. Эта машина рассматривалась в



МиГ-25Р

качестве симметричного ответа американским самолетам А-11 и SR-71. Будущий МиГ-25 должен был продемонстрировать гигантский скачок в отечественном авиационном строении. Планировалось, что самолет будет способен сравнительно длительное время лететь со скоростью, соответствующей $M = 2,5...2,7$, и кратковременно достигать числа $M = 3$.

В состав силовой установки машины включили два двигателя Р15Б-300, которые являлись модифицированными и форсированными по тяге до 11 200 кгс вариантами Р15-300. Для автоматического запуска устанавливался турбостартер С-3 (ГТД с силовой турбиной мощностью 150 л.с.). Еще в ходе испытаний самолетов Е-150 и Е-152 выяснилось, что слабым местом Р15-300 была гидромеханическая система регулирования топливоподачи из-за недостаточного быстродействия и точности функционирования. Поэтому вариант "Б" двигателя Р15 впервые в истории отечественного авиационного строительства оснащался основной электронной системой регулирования, а гидравлическая система стала резервной. На столь революционный шаг мог решиться только конструктор, хорошо представляющий себе возможности быстро прогрессирующей в то время электроники, а С.К. Туманский с его "радиоэлектронным прошлым" как раз и являлся таким конструктором.

Следует подчеркнуть, что Е-155 в вариантах "П" (перехватчик) и "Р" (разведчик) с самого начала проектировался как многорежимный самолет. В процессе его создания потребовалось четко "привязать" режимы работы двигателя к условиям полета, в том числе и к функционированию автоматики воздухозаборника.

Начиная с работ по "Ястребу" основной объем летных испытаний стали проводить в ГКНИИ ВВС на аэродроме, расположенном в нижней части Волги неподалеку от казачьей станицы Владимировка, позже ставшей городом Ахтубинском. Туманский очень много внимания уделял летным испытаниям двигателей и их эксплуатации, поэтому он немало времени проводил на испытательном аэродроме. Помимо удобства для проведения испытаний - кругом малонаселенные степи - Владимировка обладала еще одним немаловажным достоинством: для рыбаков и охотников это было поистине райское место. Поскольку заседания государственных комиссий проводились там, Сергей Константинович бывал на Волге довольно часто.

Один из самых близких его друзей, еще со времени их учебы в Академии Жуковского, Александр Николаевич Пономарев - многолетний заместитель главкома ВВС по вооружению, фактически руководитель всех госкомиссий по меньшей мере треть своего времени проводил во Владимировке. Пономарев все свое свободное время, так же как и большинство служивших там офицеров, отдавал рыбалке и охоте. К этому занятию он приобщил и Сергея Константиновича. Как говорят, "охота пуще неволи" - друзья поднимались в четыре часа утра, мчались на Волгу, но к десяти часам, в отглаженных костюмах присутствовали на заседании госкомиссии.

Иногда А.Н. Пономарев, который после окончания "Жуковки" окончил еще французскую авиационную академию, обращался к Сергею Константиновичу по-французски, и это придавало их отношениям определенный шарм. Во второй половине дня Туманский обычно встречался с Александром Бежевым - ведущим летчиком по МиГ-25РБ. Александр Савич приезжал на техническую позицию двигателей прямо в летном комбинезоне, как он говорил, со свежими впечатлениями. К мнению летчиков Сергей Кон-



Учебно-тренировочный самолет Як-30

стантинovich внимательно прислушивался: многое из того, что впоследствии внедрялось при усовершенствовании двигателя, рождалось в результате этих бесед.

Серийное производство двигателя Р15Б-300 началось на заводе "Салют" в 1969 г. Одновременно на горьковском авиазаводе организовали выпуск перехватчиков МиГ-25П. При освоении машины возникло много сложнейших вопросов. Были и трагические случаи. На одном из первых серийных самолетов погиб в авиакатастрофе главный заказчик истребителей-перехватчиков - командующий авиацией ПВО страны генерал-лейтенант Анатолий Кадомцев. Последнее слово, которое от него услышал руководитель полетов, было "температура...", после чего связь оборвалась, а самолет, объятый пламенем, упал в реку. Неизвестно, почему Кадомцев, несмотря на полученную команду, не катапультировался - вероятно, надеялся спасти машину.

Остатки самолета и двигателей вытащили из воды и обнаружили обрыв нескольких лопаток турбины (позже установили причину - усталостная трещина и перегрев). Иногда в таких случаях ведомственные интересы мешают объективному рассмотрению происшедшего. В данном случае Сергей Константинович Туманский не побоялся "взять дефект на себя". Были проведены серьезные исследования, внедрены необходимые конструктивные изменения. Впоследствии подобных дефектов на протяжении более чем тридцатилетней эксплуатации двигателей Р15Б-300 больше не было.

Вскоре в Горьком началось производство разведывательного варианта "мига", а затем и разведчика-бомбардировщика МиГ-25РБ. Намечались пути дальнейшей модернизации удачной машины. Требования военных сводились в основном к увеличению дальности полета на средних и малых высотах, а также к повышению рабочего потолка и скорости полета. Туманский предложил создать форсированный вариант двигателя Р15БФ2-300 тягой 13 550 кгс на режиме "максимальный форсаж" (увеличение на 3300 кгс) и приемлемой экономичностью при полной взаимозаменяемости с серийным двигателем. К сожалению, эта модификация "эр-пятнадцатого" не была внедрена в серийное производство.

Впрочем, и с "нормальными" Р15Б-300 самолет МиГ-25 обладал многими достоинствами. Ограничение по числу $M=2,83$, указанное в инструкциях по эксплуатации самолетов, было лишь теоретическим. Конструкторы хорошо понимали, что вследствие полета на больших скоростях из-за нагрева уменьшается ресурс планера и двигателя и несколько снижается устойчивость машины, однако в некоторых случаях летчики в той или иной степени превышали число $M=3$ без видимого отрицательного влияния на конструкцию самолетных систем.

Но вернемся к описанной выше катастрофе. Многие сходились в мнении, что Сергей Константинович Туманский в общении с людьми был несколько суховат. Если он делал что-либо доброе, то этого не афишировал, поэтому заслужил репутацию не слишком сердечного человека. Но вот пример, характеризующий его с совершенно другой стороны. У Кадомцева осталась семья. Как у большинства военных при их кочевой жизни, его жена не работала и специальности военной не имела. Туманский добился предостав-

ления для вдовы Кадомцева квартиры неподалеку от завода и принял ее на работу в ОКБ, где она стала работать в архиве.

Другим примером чуткого отношения Туманского к людям, испытывавшим тяжелейшие удары судьбы, можно считать его внимание к А.С. Назарову. Как отмечалось ранее, Аркадий Сергеевич Назаров являлся предшественником Туманского на посту главного конструктора запорожского авиамоторостроительного завода. Талантливый конструктор и организатор заводского опытного конструкторского бюро, внесший огромный вклад в доводку двигателей семейства М-85, Назаров в 1937 г. был арестован по стандартному в то время обвинению во "вредительстве".

В дальнейшем судьба в какой-то мере оказалась "благоклонной" к Аркадию Сергеевичу: он попал в "шарашку", где ему выпало трудиться вместе с В.П. Глушко и С.П. Королевым. В последние годы до реабилитации он работал в Таганроге заместителем Л.Р. Бартини по силовым установкам. После освобождения из-под стражи Назаров вернулся в Москву, но попал в бедственное положение. В 1960 г. Сергей Константинович встретился с Назаровым и решил ему помочь. Через министра авиапромышленности В.П. Деметьева он добился выделения Аркадию Сергеевичу квартиры в престижном доме на Смоленской площади и через Ленинский райком партии решил сложный вопрос с пропиской.

Многие годы после этого Назаров проработал на заводе № 300, занимаясь вопросами надежности. Периодически Сергей Константинович приглашал его к себе в кабинет, где два двигателя-корифея иногда по несколько часов - один на один - сидели за "чашкой чая". Им было что вспомнить. Тогда приходившим в приемную сотрудникам секретарша многозначительно говорила: "Там Назаров!"

Зарубежная поездка

В 1967 г. в Англию по приглашению британского правительства вылетела представительная авиационная делегация, которую возглавил министр авиапромышленности Петр Васильевич Деметьев. В ходе церемонии встречи группа состоятельных шотландских лордов - владельцев двигателестроительных заводов обратилась к Туманскому - конструктору уникального двигателя Р11-300 - с предложением посетить Шотландию. Шотландцы, запомнившие его по предыдущему посещению Англии, намекнули, что приглашают Сергея Константиновича одного, без "сопровождающего". Поскольку Сергей Константинович прилично знал английский, отказываться он не стал.

На следующее утро за ним прилетел небольшой самолет бизнес-класса. Машина была новенькая и, главное, с новейшей навигационной аппаратурой. Когда самолет пошел на посадку в Глазго, в пассажирскую кабину вышел летчик и на немой вопрос присутствовавших ответил: самолет управляется автопилотом. Сергей Константинович заметил, что он не возражает против включения автопилота, но все же хорошо было бы, если бы летчик - так, на всякий случай - занял бы свое рабочее место.

"Я бы выполнил Ваше пожелание с удовольствием, но тогда меня уволят: при посадке по указанию руководства фирмы я должен быть в пассажирской кабине", - сообщил пилот. Это была акция, связанная с рекламой новой навигационной системы.

Еще в полете Туманскому предложили программу его двухдневного пребывания в Шотландии. Предлагалось в первый вечер посетить один из замков и встретиться там с "избранным" обществом. Когда Сергей Константинович вошел в зал, то среди встречавших его он увидел пожилую даму, сидевшую в инвалидной коляске. Он сразу подошел к ней, поцеловал ей руку и совершенно автоматически произнес: "Бонжур, мадам!" Дама ответила по-французски, и пару минут они вели светскую беседу. Выяснилось, что именно она является владелицей замка и большого количества акций крупнейшей авиационной компании. Сергей Константинович счел необходимым сообщить ей о своем дворянском происхождении. Нужно было видеть удивление хозяйки - советский главный конструктор - дворянин, это было действительно необычно. В общем, у обеих сторон от встречи остались очень яркие воспоминания.

Двигатель для УТС

С появлением в Советском Союзе реактивных самолетов естественно встал вопрос о подготовке летного состава для этих машин - как для ВВС, так и для гражданской авиации. Традиционная схема подготовки летчиков: самолет первоначального обучения - учебно-тренировочный самолет (УТС с двойным управлением) - нарушилась из-за отсутствия УТС с реактивным двигателем.

Для создания нового двигателя сегодня требуется не менее 8...10 лет. В 50-х годах двигатели были проще, но все равно от начала проектирования до выхода на летные испытания проходило не менее 4...5 лет. Поэтому, предвидя необходимость создания специального двигателя для учебной машины, авиаконструктор Александр Яковлев заранее обратился к своему однокашнику по Военно-воздушной академии имени Жуковского С.К. Туманскому с просьбой сделать компактный, легкий, с относительно небольшой тягой, но исключительно надежный двигатель.

Разработке нового двигателя и самолета в те годы обязательно предшествовало издание специального постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР, в котором оговаривались цели, задачи, тактико-технические требования, сроки создания и персональная ответственность. А вот с "изделием 29" все получилось по-другому. Туманский, понимая, что двигатель для учебного самолета все равно надо будет делать, но тогда начнется "выкручивание рук" в связи с жесткими сроками, принял решение начать разработку двигателя еще до выпуска официального технического задания и постановления ЦК и Совмина.

Проектирование, изготовление, испытания и доводка двигателя были поручены молодежной конструкторской бригаде завода № 300 под руководством главного конструктора Юрия Гусева. В июле 1957 г. были выпущены первые чертежи "изделия 29" (PY19-300), а всего через два с небольшим года был закончен комплекс доводочных работ с проведением заводских "чистовых" 100-часовых стендовых испытаний.

12 декабря 1960 г. двигатель PY19-300 предъявили на государственные 100-часовые стендовые испытания, которые успешно завершились в феврале 1961 г. Основными конструктивными чертами двигателя PY19-300 стали семиступенчатый осевой компрессор, кольцевая камера сгорания, одноступенчатая турбина и регулируемое реактивное сопло. Двигатель получился компактным, легким, и, главное, надежным, с тягой на максимальном режиме 900 кгс. PY19-300 был первым отечественным двигателем, разработанным специально для учебных самолетов. В основу расчетов были положены циклы нагрузок, характерные для курса учебной летной подготовки: большое число взлетов и посадок, интенсивных переходных режимом. Первое потребовало увеличения ресурса на взлетном режиме, а последнее увеличения запаса прочности лопаток турбины при забросе температуры газов.

Но надо сказать, что основным инициатором создания учебного самолета выступал главнокомандующий ВВС Главной маршал авиации К.А. Вершинин. Он неоднократно, начиная с 1956 г., звонил А.С. Яковлеву и С.К. Туманскому с просьбой поскорее построить, испытать и подготовить к серийному производству УТС для обучения молодых летчиков. Но оказалось, что маршал хитрил. Одновременно он поддерживал намерения польских и чешских авиастроителей делать такой же самолет.

Когда все три самолета (отечественный Як-30, польский TS-11 "Искра" и чехословацкий L-29 "Дельфин") были готовы, возникла проблема выбора: какую же из этих машин принять на вооружение ВВС стран Варшавского договора. Хотя конкурс официально и не был объявлен, но сравнительные испытания все же провели на аэродроме в Монино.

Поляки сразу и достаточно определенно высказывались за приоритет яковлевской "тридцатки". Летавший от польской стороны Станислав Адамович, прошедший войну, откровенно заявлял, что по комплексу летных данных он предпочитает "красавец "Як", в крайнем случае, наш утюг - "Искру", но никак не "Дельфин".


При фактически одинаковой тяге двигателей L-29 был тяжелее конкурентов на 40%! Это предопределило ощутимое пре-

восходство Як-30 по всем летным характеристикам. Кроме того, его более совершенный двигатель мог обеспечить существенную экономию топлива при массовой эксплуатации, а малая масса самолета обеспечивала гораздо меньшую трудоемкость изготовления. Себестоимость Як-30 была в два раза меньше, чем у L-29, и в 2,5 раза меньше, чем у TS-11.

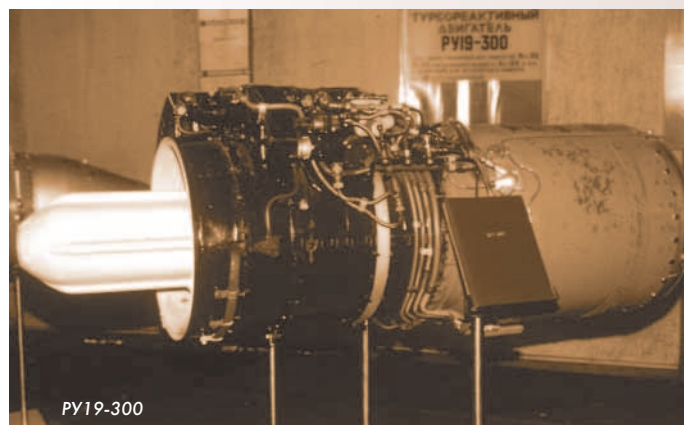
Но не всегда объективно лучшие данные обеспечивают победу в конкурсе. Примерно через месяц после начала сравнительных испытаний произошло событие, вроде бы прямого отношения к полетам в Монино не имевшее. В Москву прилетел с визитом президент ЧССР Антонин Новотный. Прошла еще неделя, и наши соперники - чехи повеселели: они загадочно улыбались и давали понять, что решение уже состоялось. Позже мы узнали, что именно на этой встрече было принято решение специализировать авиационную промышленность Чехословакии на создании и серийном производстве УТС для стран Варшавского Договора. Н.С. Хрущев единолично принял "политическое решение" - самолет строить чехословацкий.

Этим самым был подписан приговор не только прекрасному самолету Як-30, но и двигателю PY19-300. Но история последнего не закончилась вместе с "яком". После окончания эпопеи с УТС, естественно, производство его прекратили и о двигателе на время забыли. Оставшиеся PY19-300 купил Ростислав Алексеев, главный конструктор судов на подводных крыльях. Малогабаритные ПТД горьковчане устанавливали на экспериментальные экранопланы, и двигатели показали себя с самой лучшей стороны.

А в середине 60-х годов произошел конфуз. Тогда наша страна продала в Египет и некоторые другие страны Ближнего Востока большую партию самолетов Ан-24 с турбовинтовыми двигателями АИ-24. Как у нас нередко случается, наши "торговцы" не очень хорошо знали технику, которую они "удачно" продавали, и в контракте не предусмотрели кое-какие технические подробности. Например, что максимальную массу полезного груза самолетов следует ограничивать в соответствии со специальными таблицами - в зависимости от температуры наружного воздуха. При значительном повышении температуры, особенно летом, мощность двигателей резко уменьшалась, вследствие чего падала и грузоподъемность самолета. Из-за выставленных египетской стороной неустоек СССР понес колоссальные убытки. Для обеспечения нормальной эксплуатации самолета Ан-24 в странах с жарким климатом необходим был источник дополнительной тяги. И тогда конструкторы самолета вспомнили, что у ОКБ С.К. Туманского имеется надежный двигатель с подходящими характеристиками - PY19-300.

Антоновцы разместили его в задней части правой мотогондолы. PY19-300 доработали, смонтировали на нем мощный генератор для обеспечения электроснабжения "борта" при взлете и посадке, увеличили взлетную тягу. В такой компоновке PY19-300 в марте 1970 г. прошел государственные стендовые испытания и был запущен в серийное производство на Тюменском моторостроительном заводе. В качестве дополнительной силовой установки он прочно прописался на антоновских самолетах Ан-26 и Ан-30. 

(Окончание в следующем номере)



СОВЕТСКИЕ АТОМНЫЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Александр Маринин

Работы по созданию советской атомной подводной лодки были начаты в 1949 г., вскоре после успешного испытания первой отечественной ядерной бомбы на Семипалатинском полигоне. Общая координация разработки возлагалась на зампредсовмина СССР В.А. Малышева, а научное руководство - на директора института атомной энергии Академии наук СССР А.П. Александрова. Анатолий Петрович вспоминал, что в один из осенних дней 1949 г. к нему приехал И.В. Курчатов и заявил: "Анатолиус! Помните, Вы хотели разрабатывать подводную лодку с атомным двигателем? Теперь нам разрешили, ...беритесь за дело!" На вопрос Александрова, почему Курчатов поручил столь серьезную задачу именно ему, тот ответил, улыбаясь: "Это дело сложное, а Вы знаете массу каких-то никому не нужных вещей. Здесь они пригодятся".

Торпедные подводные лодки

Научные исследования и предварительные проработки ядерной силовой установки для подводной лодки заняли около трех лет. Только 9 сентября 1952 г. И.В. Сталин подписал постановление Совмина СССР "О проектировании и строительстве объекта 627". Затем в минсудпроме была собрана специальная группа конструкторов под руководством В.Н. Перегудова, которой поручили предэскизное проектирование лодки. В 1952-1953 гг. оно велось в Москве на территории проектанта атомной энергетической установки (АЭУ) - конструкторской группы, возглавлявшейся Н.А. Доллежалем (впоследствии - НИИ-8). В дальнейшем проектирование передали ленинградскому СКБ-143. В 1953 г. это СКБ было полностью реорганизовано: в него перевели несколько сот человек из других институтов и бюро отрасли, а во главе поставили В.Н. Перегудова.

В создании первой отечественной атомной подводной лодки принимали участие сотни НИИ, КБ и заводов различных отраслей промышленности. Рабочее проектирование АЭУ в дальнейшем осуществляло ОКБМ под руководством И.И. Африкантова на заводе 92 в Горьком, который и поставлял ее. Для отработки корабельной установки был создан ее наземный прототип в Обнинске. Паротурбинная часть создавалась в СКБ Кировского завода (главный конструктор М.А. Казак), а электрооборудование - ленинградским заводом "Электросила". Большой комплекс работ в области ходкости, управляемости, прочности и акустической защиты лодки провел головной научный центр отрасли - ЦНИИ-45.

Академик А.П. Александров вспоминал: "Поначалу обстановка была такая. Мы договорились с Владимиром Николаевичем [Перегудовым] о примерных размерах энергетической установки, о ее мощности и относительно метацентрической высоты, хотя ни один из нас не имел понятия, какое оборудование там будет стоять. Были сделаны разработки в разных направлениях. Академик А.И. Лейпунский предложил жидкометаллический вариант установки для кораблей на сплаве свинец-висмут. Казалось, что предложенное направление было более всего проработано к тому времени, и этот проект шел как главный. Вторая разработка, которая прошла уже довольно большие лабораторные испытания, - установка с замедлителем из окиси бериллия. Третья - с графитовым замедлителем. Это подобие того, что было сделано позже, когда в 1954 году была пущена первая атомная электростанция в Обнинске, разработанная в институте Н.А. Доллежала. Она давала пять тысяч киловатт электроэнергии. В реакторе первой атомной станции был использован графитовый замедлитель. Он имел обозначение АМ ("М" - морской). Предполагалось, что он-то и пойдет для морской техники. Но потом оказалось, что все это "не лезет"... и не может быть получено в тех весах, в которых нужно. В это время возникла идея, ранее уже существовавшая, относительно возможности создания реактора с водяным замедлителем, работающего на сильно обогащенном урановом топливе, и за эту разработку мы также взялись. Первые шаги быстро привели к тому, что она опередила все остальные, мною названные, и именно по этой линии начал развиваться проект..."

Таким образом, проектирование лодки началось, а о типе реактора, и тем более об основных характеристиках всей АЭУ, представления оставались самыми общими. Не лучше обстояло дело и с вооружением лодки. Первоначально она предназначалась для удара по прибрежным объектам противника с помощью торпеды, оснащенной сверхмощным термоядерным зарядом (предложение академика А.Д. Сахарова). В то время еще не были созданы заряды таких габаритов, чтобы их можно было использовать в обычных торпедах. Поэтому в эскизном проекте лодку планировалось вооружить одной огромной торпедой Т-15 калибра 1550 мм и длиной 23,5 м. Однако в 1955 г. назначение лодки пересмотрели, поскольку появилась возможность оснастить ее традиционным торпедным вооружением калибра 533 мм. Атомщики сумели разработать для "нормальных" торпед относительно малогабаритные ядерные заряды.

Постройка лодки началась еще в июне 1954 г. в Молотовске (с 1956 г. - Северодвинск) на заводе № 402. Интересно, что первая отечественная атомная подводная лодка, как и подавляющее большинство последующих, была построена на горизонтальных построечных местах, в отличие от иностранных АПЛ, которые до начала 80-х годов строились по старинке - на наклонных стапелях. Закладка опытной лодки, получившей впоследствии название "Ленинский комсомол", состоялась в сентябре 1955 г. Одновременно было принято решение о серийном строительстве атомных подводных лодок этого типа. Приемо-сдаточный акт был подписан 19 мая 1958 г. в присутствии Д.Ф. Устинова, С.Г. Горшкова, Б.Е. Бутомы и А.П. Александрова. 3 июля лодка впервые вышла в море (через 3,5 года после американского "Наутилуса") под командованием капитана 1 ранга Л.Г. Осипенко. 4 июля 1958 г. в 10 ч 3 мин впервые в истории отечественного флота корабль получил ход благодаря использованию ядерной энергии.

На борту присутствовал академик А.П. Александров: "Мы отправились в первый поход. В этом же походе потекли парогенераторы. Причем эти окающие парогенераторы на установке в Обнинске не текли, а довольно длительно и хорошо работали, поэтому у нас была уверенность, что они и будут работать хорошо. Но оказалось, что существует такое явление, о котором тогда толком никто не знал, как хлоридное охрупчивание нержавеющей сталей. Парогенераторы были сделаны из нержавеющей стали, и, поскольку вода не была в достаточной степени обессолена, пошел процесс хлоридного растрескивания, что привело к появлению неплотностей. Но все же поход прошел успешно, лодка показала свои высокие качества, и мы вернулись в базу..."

Лодка оснащалась АЭУ номинальной мощностью 35 000 л.с., включавшей два водо-водяных реактора ВМ-А по 70 МВт каждый и два турбозубчатых агрегата (ТЗА) типа 60-Д (заметим, что первые американские атомные подлодки "Наутилус" и "Сивулф" имели по одному реактору, а суммарная мощность двух ТЗА составляла у них всего 15 000 л.с.). На испытаниях лодки, завершившихся 1 декабря 1958 г., мощность АЭУ ограничивалась 60 % от номинальной из-за недоведенности парогенераторов, при этом была достигнута скорость 23,3 узла, что на 3 узла превысило расчетную величину.

На лодке имелись два дизель-генератора постоянного тока ДГ-400 с дизелями М-820. Вспомогательные гребные электродвигатели обеспечивали движение со скоростью до 8 узлов.

Вот еще один фрагмент из воспоминаний А.П. Александрова на юбилее в Северодвинске: *"Мы сразу остановились на двухконтурном решении как основном. Были трудности с урановым топливом, в конце концов мы выбрали установку на окисном топливе... К счастью, у нас хватило храбрости коренным образом отойти от собственных старых решений..."*

Нам удалось создать насос необычайно удачной конструкции... На первой лодке были сложности с парогенераторами, но мы улучшили водоподготовку и внесли целую кучу изменений, которые позволили увеличить их ресурс... Вначале предполагалось, что во время похода мы будем догружать реактор: менять некоторые топливные элементы, вытаскивать какие-то каналы и вводить новые. Лодка должна была везти с собой десятка два запасных каналов и производить перегрузку на ходу. Потом мы разработали систему выгорающих поглотителей, которые дали возможность создавать зоны с очень длительным сроком службы по реактивности. Таким образом, уже с самого начала, с первой лодки пошли такие работы, которые позволили создать системы очень высокой надежности. Они и сейчас лежат в основе всех наших атомных установок".

Передача лодки, получившей тактический номер К-3, в опытную эксплуатацию состоялась 30 декабря 1958 г. АЭУ обеспечила лодке водоизмещением около 3100 т скорость подводного хода в 30 узлов при дальности плавания около 35 000 миль. В 1959 г. К-3 прошла подо льдами 260 миль, а в 1962 г. побывала на Северном полюсе, но не смогла там всплыть из-за большой, превышавшей 12 м, толщины ледового поля. Эксплуатация лодки "Ленинский комсомол" продолжалась до 1991 г.

Серийные атомные подводные лодки строились по откорректированному проекту 627А (шифр "Кит") в 1958-1964 гг. в Северодвинске. Всего флоту было передано 12 лодок этого проекта 627А. В странах блока НАТО корабли этого типа получили обозначение November. Лодка К-115 в сентябре 1963 г. совершила переход на Тихоокеанский флот подо льдами Северного Ледовитого океана, за что ее командир капитан 2 ранга Р. Дубяга был удостоен звания Героя Советского Союза. Практически одновременно был организован высокоширотный поход подлодки К-181 (командир капитан 2 ранга Ю.А. Сысоев), увенчавшийся всплытием на Северном полюсе. В 1966 г. одна из лодок проекта 627А (К-133) участвовала в первом кругосветном плавании группы атомных лодок продолжительностью около 54 суток.

Создание первой отечественной атомной подводной лодки стало крупнейшим научно-техническим достижением в области подводного кораблестроения. Использование АЭУ придало подводной лодке совершенно новые тактико-технические качества по сравнению с неатомными лодками. В то же время следует признать, что первое поколение советских торпедных атомных подводных лодок, имея хорошие скоростные качества, значительно уступало американским подлодкам в скрытности.

Главными особенностями отечественных лодок первого поколения были два реактора и двухвальность. Объективно такая страховка была оправдана: лодки базировались за полярным кругом при отсутствии передовых баз. В период испытаний и эксплуатации первых атомных лодок выявился ряд недостатков некоторых механизмов и устройств и прежде всего недостаточный ресурс активных зон, парогенераторов, ненадежность насосов, теплообменников и др. Так, в первые полгода эксплуатации опытной атомной лодки на ней пришлось заменить парогенераторы, главные циркуляционные насосы, активную зону одного из реакторов и др. Впоследствии на К-3 и двух серийных лодках заменили и реакторные отсеки. Одна из атомных лодок проекта 627А (К-8, командир капитан 2 ранга В. Бессонов) погибла в Бискайском заливе 12 апреля 1970 г. (в день празднования 100-летия В.И. Ленина) из-за пожара, не связанного с работой АЭУ.

Еще до создания первого водо-водяного реактора на тепловых нейтронах в нашей стране начались работы по созданию корабельных реакторов на промежуточных нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ), имеющих ряд преимуществ (низкое давление в первом контуре, малые габариты и масса, хорошие динамические свойства и др.). Работы велись в ОКБ "Гидропресс" Подольского машиностроительного завода под научным руководством Физико-энергетического института. Наряду с положительными качествами реакторы этого типа имели определенные недостатки, связанные, в частности, с усложнением базирования атомных лодок (необходимость обеспечения непрерывной подачи пара для поддержания сплава в жидком состоянии и др.).

В отличие от США, где в качестве теплоносителя АЭУ подлодки "Сивулф" был выбран натрий, Физико-энергетический институт остановился на сплаве свинец-висмут. В Обнинске был создан наземный прототип АЭУ с ЖМТ. В 1955 г. в СКБ-143 началась разработка первой отечественной атомной подводной лодки проекта 645 (главный конструктор А.К. Назаров) с подобной АЭУ. Закладка состоялась 15 июня 1958 г. в Северодвинске. Лодку передали флоту 30 октября 1963 г.

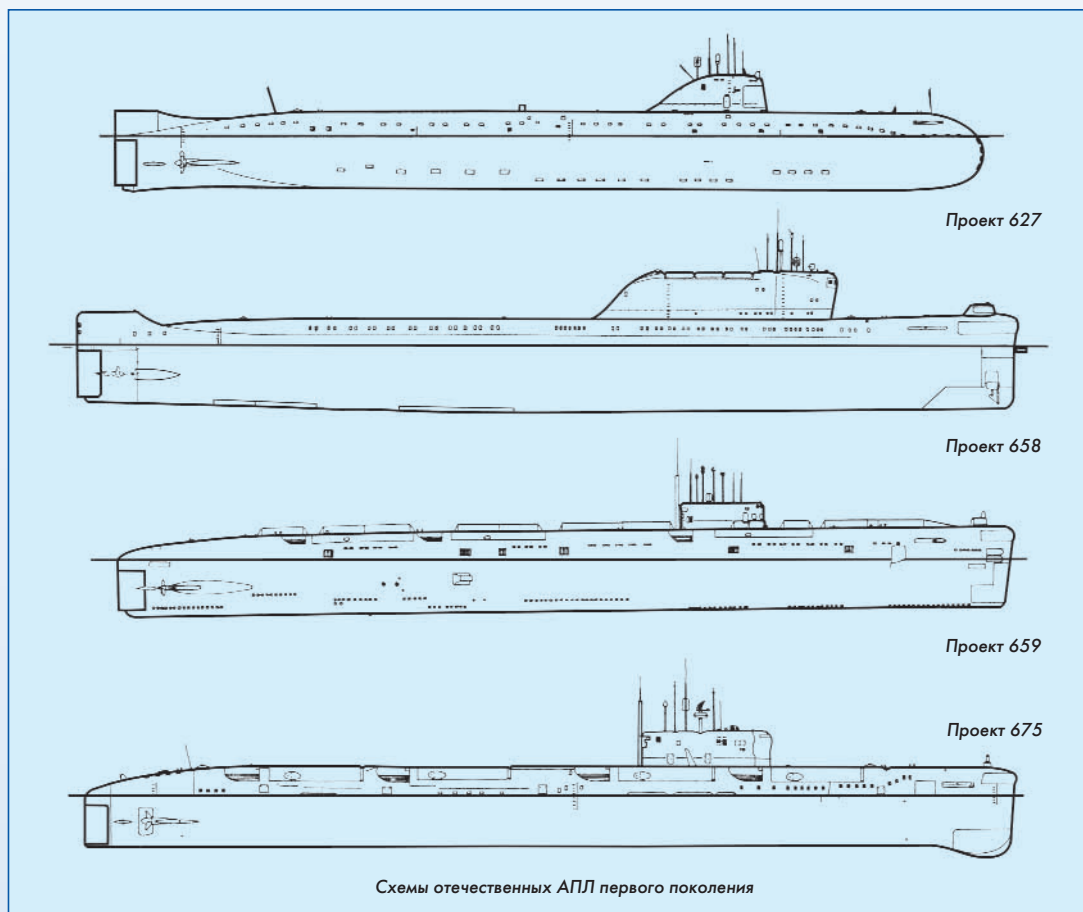
По первоначальному замыслу лодка проекта 645 должна была отличаться от кораблей проекта 627А только оборудованием реакторного отсека. Однако осуществить это намерение в полной мере не удалось. На лодке кроме новой АЭУ применили автономные турбогенераторы, прочные межотсечные переборки, усилили перископное вооружение и др., что привело к росту ее водоизмещения по сравнению с преемственницей примерно на 300 т. Два атомных реактора ВТ-1 имели суммарную мощность 146 МВт. В АЭУ применили трехконтурную схему. Расплавленный сплав свинец-висмут прокачивался насосом через реактор, нагревался в нем до 440 °С и поступал в теплообменник промежуточного контура. Давление сплава свинец-висмут, поддерживавшееся в промежуточном контуре, было выше, чем в первом контуре, что исключало попадание радиоактивного сплава (в случае аварийного просачивания) в третий (паровой) контур, а через него и в турбинную часть энергетической установки. Повышенная температура перегретого пара (до 355 °С) способствовала существенно повышению к.п.д. всей АЭУ.

После вступления в строй лодка, получившая тактический номер К-27 (на Западе - November I), совершила два похода на полную автономность 50 суток. Во время плаваний лодка неоднократно погружалась на рабочую глубину (270 м) и развивала полную скорость подводного хода (30 узлов). Положительные результаты испытаний советской лодки с ЖМТ-реакторами, особенно на фоне более ранней неудачной попытки США внедрить подобную АЭУ на атомной подводной лодке "Сивулф", позволяли в то время считать создание атомной лодки проекта 645 крупным достижением отечественной науки и техники.

В 1965-1967 гг. были проведены ремонт лодки и перезарядка активных зон реакторов. 24 мая 1968 г. при очередном выходе в море на глубине 50 м произошла авария паропроизводящей установки левого борта и резко ухудшилась радиационная обстановка в отсеках. Причиной аварии стало ухудшение теплоотвода от активной зоны из-за образования в трубопроводах нерастворимых шлаков и окислов свинца и висмута, что привело к разрушению части тепловыделяющих элементов и выносу радиоактив-



Атомная подлодка К-3 "Ленинский комсомол" - первенец отечественного атомного флота



Схемы отечественных АПЛ первого поколения

ных продуктов деления. В результате происшествия погибли 9 членов экипажа лодки. Восстанавливать корабль после аварии было признано нецелесообразным. В течение 13 лет лодка находилась в резерве, а в 1981 г. ее затопили в Карском море.

Кроме атомных лодок проектов 627, 627А и 645 позднее появилась многоцелевая лодка первого поколения еще одного типа. В 1965 г. было решено снять крылатые ракеты с атомных лодок проекта 659 и переоборудовать их в торпедные. По устройству и мощности АЭУ лодки не отличались от кораблей проекта 627А. В 1968-1974 гг. все пять бывших ракетных атомных лодок переоборудовали по проекту 659Т на судоремонтном заводе в Большом Камне. На лодках зашили вырезы в легком корпусе в районе подъемных ракетных контейнеров, увеличили запас торпед, установили устройство быстрого заряжания и систему беспызырной стрельбы. В начале 90-х годов прошлого века все лодки проекта 659Т были отправлены на утилизацию.

Подводные лодки с баллистическими ракетами

Идею использования подводных лодок в качестве носителей ракетного оружия практически реализовали в 1942 г. в Германии, где была построена лодка U-511, вооруженная шестиствольной пусковой установкой, которая могла из-под воды запускать ракеты массой 125 кг на дальность до 8 км. В 1944-1945 гг. там же по проекту "Лафференц" испытывалась система пуска баллистических ракет Фау-2, буксируемых в контейнере за лодкой.

В СССР первые попытки внедрения ракетного оружия на лодку относятся к концу 40-х годов. В 1949 г. был разработан предэскизный проект ракетной лодки П-2, предназначенной для обстрела прибрежных районов противника (ЦКБ-18, главный конструктор Ф.А. Каверин). На лодке водоизмещением около 5400 т планировалось разместить баллистические ракеты Р-1 и крылатые ракеты "Ласточка".

Только в начале 50-х годов благодаря развитию науки и техники появились реальные предпосылки для создания морских баллистических ракет и подводных ракетноносцев. На первом этапе создания лодок, вооруженных баллистическими ракетами, кото-

рые предназначались для уничтожения наземных объектов, главный конструктор ОКБ-1 С.П. Королев предложил приспособить для стрельбы с подводной лодки одноступенчатую армейскую ракету Р-11, оснащенную ЖРД. В 1954 г. на базе этой ракеты спроектировали ракетный комплекс для подводной лодки с баллистической ракетой Р-11ФМ с дальностью стрельбы 150 км.

После проведения экспериментальных работ на стендах 16 сентября 1955 г. с опытной ПЛ проекта В611, переоборудованной из торпедной лодки, впервые в мире была запущена баллистическая ракета. Особенности армейской ракеты предопределили ее надводный старт, который производился со специального пускового стола, выдвигаемого из шахты перед пуском вместе с ракетой. На лодке разместили две шахты для ракет Р-11ФМ.

Разработку проекта вело ЦКБ-16 под руководством главного конструктора Н.Н. Исанина, а переоборудование выполнил завод № 402 в Молотовске.

В 1959 г. ракету Р-11ФМ приняли на вооружение. Появление ее на подводной лодке означало новый этап развития подводных сил флота, хотя по дальности действия она была способна решать лишь тактические задачи. Советский Союз на непродолжительное время стал единственной страной, в составе подводных сил которой находились лодки с баллистическими ракетами.

В 1955 г. сначала в конструкторском бюро С.П. Королева, а затем в СКБ-385 под руководством В.П. Макеева начались работы по ракетному комплексу Д-2 - первому комплексу баллистических ракет, специально предназначенному для подводных лодок. Одноступенчатая ракета Р-13 с жидкостным двигателем и надводным стартом имела дальность стрельбы до 700 км. Постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР проектирование ракетной подлодки поручалось ленинградскому ЦКБ-16. На дизель-электрической лодке проекта 629 водоизмещением около 2800 т разместили три баллистические ракеты Р-13 комплекса Д-2.

В 1959-1962 гг. на заводе № 402 в Северодвинске и № 199 в Комсомольске-на-Амуре были построены и переданы флоту 22 лодки проекта 629. С одной из лодок этого типа 20 октября 1961 г. впервые в мире была запущена морская баллистическая ракета с термоядерным зарядом мегатонного класса. Первые аналогичные американские испытания состоялись спустя полгода с головной атомной подводной лодки "Итен Аллен".

Накопленный опыт создания первых отечественных многоцелевых атомных лодок, размещения и эксплуатации ракет на дизель-электрических лодках позволил приступить к созданию первой советской атомной подводной лодки проекта 658 с баллистическими ракетами (по классификации НАТО она получила наименование Hotel). Проектирование началось в ЦКБ-18 после выхода совместного постановления ЦК КПСС и Совмина СССР от 26 августа 1956 г. (главный конструктор С.Н. Ковалев). Головная лодка, заложенная в Северодвинске 17 октября 1958 г., была передана флоту 12 ноября 1960 г. В 1960-1962 гг. на заводе № 402

построили восемь лодок этого типа. Это были первые атомные подводные лодки, изготовленные в крупнейшем в то время в мире судостроительном эллинге (впоследствии в нем построили более трети отечественных атомных лодок).

Лодку водоизмещением около 4080 т вооружили тремя баллистическими ракетами комплекса Д-2. Из-за "генетической связи" лодок проекта 658 с лодками 627-го проекта, имевшими относительно малый диаметр корпуса, а также в связи с солидными размерами ракет их шахты пришлось разместить в один ряд в ограждении рубки, которая в результате получила необычайно крупные, далекие от оптимальных габариты. Для самообороны кроме 533-мм торпедных аппаратов на лодке впервые появились 400-мм аппараты. АЭУ по конструкции не отличалась от установленной на атомной торпедной лодке проекта 627А. В ходе испытаний при 80-процентной мощности реакторов была достигнута подводная скорость 23,8 узла, что в пересчете на полную мощность обеспечивало максимальную скорость 25,9 узла.

Надо признать, что первые отечественные ПЛАРБ (подводные лодки атомные с ракетами на борту) заметно уступали американским лодкам типа "Джордж Вашингтон", оснащавшимся 16 твердотопливными ракетами "Поларис" А-1 с максимальной дальностью пуска 2200...2800 км из-под воды. Отечественные лодки несли меньше ракет, имевших меньшую дальность и в то время способных стартовать только из надводного положения. К тому же в период с 1959 по 1964 г. американцы ввели в строй 20 ПЛАРБ с 320 ракетами, а в то время как советский ВМФ получил только 8 ПЛАРБ с 24 ракетами.

Тем не менее, создание серии лодок 658-го проекта стало важным этапом для отечественной кораблестроительной промышленности. На этих кораблях конструкторские бюро и серийные заводы учились, накапливали опыт. Учились и наши моряки, эксплуатируя новую технику в сложнейших условиях Севера. *"Мы не только готовили свое оружие к бою, но вели уникальную океанографическую работу: исследовали рельеф дна под килем, изучали возможности радиосвязи и навигационной аппаратуры в высоких широтах, определяли скорость звука на разных глубинах и многое другое, что позволило потом надежно освоить эту не просто стратегическую, но и великую национальную трассу России, - писал контр-адмирал Василий Каневский. - Само по себе нахождение подо льдом в течение многих суток, в то время как его толщина местами доходит до 50 метров, - это ловушка. Вероятность срочно найти "дырку" во льду близка к нулю. Эти обстоятельства вызывают у экипажа чрезвычайное психологическое напряжение".* Экипажи первых отечественных ПЛАРБ действительно демонстрировали огромное мужество, ведь в ходе освоения лодок им пришлось столкнуться с массой проблем как природного, так и техногенного происхождения.

Первые две ПЛАРБ проекта 658 в 1960-1961 гг. прибыли в базу Западная Лица, где вместе с лодками проекта 627А образова-

ли бригаду. Впоследствии две лодки перевели на Тихоокеанский флот. Служба первого отечественного ракетного атомохода К-19 началась в июне 1960 г. Спустя год, 4 июля 1961 г., во время учений "Полярный круг" на этой лодке произошла серьезная авария АЭУ. В известной картине, созданной американскими кинематографистами, причина аварии изображена невнятно. На самом деле случилось маловероятное - одновременно отказали основной и вспомогательный циркуляционные насосы первичного контура реактора левого борта. Всего за два часа в условиях чрезвычайно высокого внешнего облучения экипаж сумел смонтировать нештатную систему расхолаживания. Ценой гибели 14 членов экипажа угрозу теплового взрыва реактора удалось отвести. Лодку отбуксировали на завод для ремонта, где реакторный отсек вырезали и заменили. Трагедия К-19 послужила хорошим уроком для создателей АЭУ. Впоследствии все реакторы лодок обязательно оснащали штатными системами аварийной водяной проливки.

Первые отечественные ракетные комплексы подводных лодок имели существенный недостаток - надводный старт ракет, что ухудшало скрытность лодок. Поэтому еще в 1955 г. начались экспериментальные работы, направленные на создание баллистических ракет с подводным стартом. Первые пуски макетов ракет из-под воды состоялись в 1957 г. с переоборудованной на заводе № 444 в Николаеве опытной лодки проекта В613. В 1958 г. в СКБ-385 (главный конструктор В.П. Макеев) приступили к разработке одноступенчатой жидкостной баллистической ракеты Р-21 комплекса Д-4 дальностью до 1400 км, обеспечивавшей подводный старт. В 1962 г. ракетный комплекс с двумя пусковыми шахтами установили на дизель-электрическую лодку проекта 629Б, построенную в Северодвинске. В 1963-1972 гг. ракетным комплексом Д-4 переоснастили 13 подводных лодок проекта 629А и 7 атомных подводных лодок проекта 658М (обозначение, принятое в странах НАТО, - Hotel II). При модернизации на кораблях разместили по три ракеты Р-21, стартующие из затопляемых шахт с глубины до 40...50 м при скорости хода лодки до 4 узлов.

С принятием на вооружение в 1963 г. комплекса Д-4 завершился первый этап создания морских баллистических ракет и их носителей, положивший начало разработке морской стратегической системы. Однако характеристики отечественных морских ракетных комплексов и подводных лодок - носителей первого поколения значительно уступали американским. Поэтому уже с начала 60-х годов начались работы, направленные на создание более совершенных систем следующего поколения.

Подводные лодки с крылатыми ракетами

Успешное применение крылатых ракет в годы Второй мировой войны привлекло внимание и специалистов-подводников. Еще во время войны в Германии предпринимались попытки установить ракетное оружие на лодки. В 1947-1960 гг. в США было постро-

Основные ТТХ атомных подводных лодок первого поколения

Характеристика	Проект 627А	Проект 645	Проект 658	Проект 659	Проект 675
Водоизмещение нормальное, т	3118	3414	4080	3700	4415
Длина наибольшая, м	107,3	109,8	114,0	111,2	115,4
Ширина наибольшая, м	7,9	8,3	9,2	9,2	9,3
Глубина погружения, м					
рабочая	240	240	240	240	240
предельная	300	300	300	300	300
Автономность, сут.	50	50	60	50	50
Мощность АЭУ, л.с.	2·17 500	2·17 500	2·17 500	2·17 500	2·17 500
Количество реакторов, тип	2·ВМ-А	2·ВТ-1	2·ВМ-А	2·ВМ-А	2·ВМ-А
Скорость подводного хода, уз.	28	28	26	24	22,7
Экипаж, чел.	104	89	104	88	109
Вооружение:					
торпедные аппараты	8·533 мм	8·533 мм	4·533 мм 4·400 мм	4·533 мм 4·400 мм	4·533 мм 2·400 мм
ракеты (ракетный комплекс)	-	-	3·Р-13 (Д-2)	6·П-6	8·П-6

ено и переоборудовано несколько подводных лодок, вооруженных крылатыми ракетами для борьбы с наземными целями, в том числе первая в мире атомная лодка подобного класса - "Хэлибат". Однако успехи в создании баллистических ракет дальнего действия не способствовали развитию крылатых ракет, и постепенно работы в этом направлении за рубежом прекратились.

В СССР внедрение крылатых ракет на лодки началось в 1949 г. Первоначально они предназначались для нанесения с лодок ударов по промышленным, военным и административным центрам на побережье противника. С появлением ядерного оружия и увеличением дальности действия ракет лодки получили возможность поражать объекты, расположенные в глубине территории.

В 1955 г. был разработан вариант переоборудования большой дизель-электрической лодки проекта 611 с установкой ракетного комплекса П-10 (главный конструктор Г.М. Бериев). Контейнер с ракетой монтировался на палубе надстройки позади ограждения рубки. Старт осуществлялся в надводном положении из специального стартового устройства. Лодка проходила переоборудование на заводе № 402 в Северодвинске. Осенью 1957 г. было произведено четыре пуска ракет, однако вскоре работы прекратили в связи с успешными испытаниями сверхзвуковых ракет комплекса П-5 (главный конструктор В.Н. Челомей), имевших существенные преимущества по сравнению с ракетой П-10.

В те же годы был разработан проект П613 переоборудования средней подводной лодки проекта 613 для испытаний ракетного комплекса П-5. Контейнер с ракетой на лодке также устанавливался на палубе за ограждением рубки. Старт осуществлялся в надводном положении в нос над рубкой непосредственно из контейнера. 22 ноября 1957 г. впервые состоялся пуск отечественной крылатой ракеты с подводной лодки. После испытаний комплекс П-5 был принят в 1959 г. на вооружение и начал внедряться на серийные лодки. В 1960 г. завод № 122 в Горьком сдал шесть подлодок проекта 644, переоборудованных из кораблей 613-го проекта и вооруженных двумя ракетами П-5. В 1958 г. в СКБ-112 началось создание лодки проекта 665, вооруженной в отличие от лодки проекта 644 четырьмя крылатыми ракетами П-5, которые были размещены в ограждении рубки под углом 14°. Переоборудование шести кораблей из подводных лодок проекта 613 производилось в Горьком и в Ленинграде на заводе № 189.

Одновременно с дизель-электрическими лодками в 1956 г. в ЦКБ-18 началась разработка атомных лодок проекта 659 с крылатыми ракетами (в НАТО их называли Echo I). Первая атомная лодка с этими ракетами была заложена на заводе № 199 в Комсомольске-на-Амуре и передана флоту 28 июня 1961 г. В 1961-1963 гг. построено пять атомных подводных лодок этого типа. Они стали первыми атомными лодками, построенными на Дальнем Востоке. На лодке проекта 659 водоизмещением около 3700 т размещалось шесть крылатых ракет комплекса П-5, расположенных попарно в надстройке в поднимающихся контейнерах. Энергетическое и другое оборудование лодки было подобно оборудованию многоцелевой атомной лодки проекта 627А.

Первая принятая на вооружение крылатая ракета комплекса П-5 имела ряд недостатков (недостаточная точность и боевая устойчивость, большое время приготовления и др.). В 1965 г. из-за низкой эффективности стратегических крылатых ракет и в связи с развитием баллистических ракет крылатая ракета П-5 была снята

с вооружения. Лодки проекта 659 решили переоборудовать в многоцелевые торпедные.

В середине 50-х годов параллельно с созданием крылатых ракет для поражения наземных объектов началось интенсивное развитие противокорабельных самонаводящихся крылатых ракет. Развитие этого вида оружия долгое время велось только в нашей стране. Под руководством В.Н. Челомея на базе ракеты П-5 была создана первая такая ракета комплекса П-6, предназначенная для вооружения подводных лодок. Сверхзвуковая ракета с надводным стартом имела дальность стрельбы до 350 км, и поэтому кроме самонаведения и автономного управления снабжалась системой телеуправления. Ракету приняли на вооружение в 1963 г. Она обеспечивала избирательное поражение главных целей из состава корабельных соединений. Первые противокорабельные ракеты были установлены на подводных лодках проектов 675 (с АЭУ) и 651 (с дизель-электрической установкой), которые могли нести и крылатые ракеты комплекса П-5.

Проектирование атомных лодок проекта 675 началось в ЦКБ МТ "Рубин" в 1958 г. под руководством главного конструктора П.П. Пустынцева. Головная лодка (по НАТОвской терминологии - Echo II), представлявшая собой значительно усовершенствованную лодку проекта 659, была передана флоту 30 сентября 1963 г. В отношении АЭУ она не имела принципиальных отличий от лодок проектов 627А и 659: те же два реактора ВМ-А по 70 МВт, два ТЗА 60-Д1В общей мощностью 39 000 л.с., два дизель-генератора ДГ-400 с дизелями М-860.

Лодка несла восемь ракет в спаренных контейнерах, поднимающихся в стартовое положение на угол 14°, из-за чего эти корабли на флоте прозвали "раскладушками". Стрельба ракетами была возможна только в надводном положении. Целеуказание подлодка получала от собственных средств и разведывательных самолетов Ту-95РЦ. На части лодок в ходе модернизации установили систему космического целеуказания (проект 675К).

В 1963-1968 гг. в Северодвинске и Комсомольске-на-Амуре построено 29 атомных подводных лодок проекта 675 - самая большая серия атомных лодок первого поколения и вообще лодок с крылатыми ракетами. Лодки 675-го проекта активно использовались на Северном и Тихоокеанском флоте, несли боевую службу в Средиземном море и Индийском океане. В 1966 г. две лодки этого типа, преодолев под водой 25 тыс. миль, совершили переход с Северного флота на Камчатку южным маршрутом, обогнув Африку и Австралию. В дальнейшем корабли прошли перевооружение, получив ракетные комплексы П-500 "Базальт" (десять лодок) и П-1000 "Вулкан" (пять лодок).

Таким образом, с середины 50-х до середины 60-х годов в отечественном подводном кораблестроении происходили радикальные перемены. С внедрением ракетно-ядерного оружия и АЭУ подводные лодки превратились в главную ударную силу флота. В этот период советский ВМФ получил 56 атомных подводных лодок первого поколения и более 100 дизель-электрических лодок различных классов.

Во второй половине 60-х годов ВМФ СССР практически сравнялся с ВМС США по числу атомных подводных лодок, хотя их постройкой в первое десятилетие были заняты только два завода - в Северодвинске и Комсомольске-на-Амуре (в США - семь верфей). Еще через десятилетие был достигнут и качественный паритет. **П**

Строительство атомных подводных лодок в СССР в 1958-1968 годах

Номер проекта	Год											Всего
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	
627	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
627А	-	3	1	2	3	2	1	-	-	-	-	12
645	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
658	-	-	3	2	3	-	-	-	-	-	-	8
659	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	5
675	-	-	-	-	-	4	5	8	8	3	1	29
Итого	1	3	4	6	8	8	6	8	8	3	1	56

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ БОЕВОЙ ТЕХНИКИ

Валерий Клименко, Михаил Чемеца, Юрий Попов, научно-технический комитет (БТВТ) ГАБТУ МО РФ
Михаил Игольников, ГУП 38 НИИИ МО РФ

Танк по праву считается наиболее защищённой от огня противника боевой машиной. Однако и у него есть уязвимые места, и если в них попадает снаряд или противотанковая ракета, то неизбежно происходит взрыв боекомплекта или пожар с последующим взрывом. Степень защищённости любого объекта бронетанковой техники от подобных поражений характеризуется пожаровзрывобезопасностью. Это комплексное свойство, определяющее способность боевой машины не только выдерживать воздействие поражающих средств без взрыва или возгорания, но и минимизировать нанесенный ущерб в случае взрыва, а также обеспечивать надежное тушение пожара (при его возникновении) за время, не приводящее к значительному повреждению техники. В целом, пожаровзрывобезопасность боевой машины должна обеспечивать выживаемость членов экипажа и десанта в любых условиях. К сожалению, в настоящее время объекты бронетанковой техники имеют низкую пожаровзрывобезопасность, так как в них значительные внутренние объёмы занимают боекомплект и возимый запас топлива.

Боевой опыт, а также результаты проведенных исследований и испытаний позволили определить наиболее часто встречающиеся варианты событий, происходящих в бронетанковой технике после пробития брони:

- попадание кумулятивных (КС) или бронебойно-подкалиберных снарядов (БПС) в боекомплект вызывает его детонацию. Если в конструкции боевой машины не реализованы мероприятия, снижающие последствия взрыва боекомплекта, происходит ее полное разрушение;
- попадание КС или БПС в топливные баки приводит к полному разрушению баков в результате гидроудара, при этом возможен взрыв топливозооной смеси, инициирующий пожар большой интенсивности. Боевая машина полностью разрушается;
- попадание осколочных потоков снарядов в топливные баки может привести к их разрушению и взрыву в результате гидроудара;
- попадание осколочных потоков снарядов в элементы топливной системы приводит к их повреждению, возникает пожар, интенсивность которого зависит от объема разрушения.

Следует заметить, что поражения боекомплекта и топливных баков при воздействии КС и БПС практически равновероятны.

Таким образом, становится очевидным, что основная часть безвозвратных боевых потерь бронетанковой техники связана с взрывами боекомплектов, а также с пожарами и взрывами горючего в результате пробития брони боевых машин средствами поражения противника. Авторы сосредоточили свое внимание на второй части проблемы.



Рис. 1. Стенд для проведения экспериментов

Углеводородные топлива, а также большинство смазочных материалов и гидравлических жидкостей представляют собой легко воспламеняющиеся и горючие жидкости, относящиеся к категории огнеопасных. Огнеопасность и взрывоопасность нефтепродуктов оценивают по следующим показателям:

- температуре вспышки и воспламенения;
- диапазону значений температур, в пределах которого образуется взрывоопасная концентрация смеси паров нефтепродукта с воздухом;
- диапазону значений концентраций паров нефтепродукта в воздухе, в пределах которого образуется взрывоопасная смесь.

Обычно возгорание нефтепродуктов начинается с вспышки или взрыва смеси их паров с воздухом. Если количество выделившегося при этом тепла достаточно для прогрева верхних слоев нефтепродукта и образования новых паров, то вспышка перерастает в воспламенение, поэтому горение будет продолжаться до полного сгорания нефтепродукта.

Пары нефтепродуктов в смеси с воздухом могут не только вспыхнуть, но и взорваться. Взрыв, в отличие от вспышки, представляет собой практически мгновенное сгорание, сопровождающееся выделением большого количества нагретых газов. Обязательным для вспышки или взрыва является наличие теплового импульса. Такой импульс создается при пробитии брони средством поражения, которое обладает большой энергией. Смесь паров нефтепродуктов с воздухом взрывоопасна только в определенном диапазоне значений концентрации паров топлива и температуры смеси. Следует отметить, что концентрация паров нефтепродукта в смеси с воздухом не остается постоянной.

Пожаровзрывобезопасность танков и бронетранспортёров в определенной степени может быть увеличена применением специальных конструктивных мер. Однако для большинства боевых машин, стоящих на вооружении, наиболее реальным способом решения проблемы пожаровзрывобезопасности является применение т.н. пожаробезопасного топлива, обеспечивающего при воздействии снарядов, осколков или кумулятивной струи снижение вероятности как собственного воспламенения, так и последующего горения. Это эффективный способ снижения боевых потерь, особенно, если учитывать тот факт, что современные танковые автоматические системы пожаротушения не способны бороться с горением большого количества топлива, находящегося в забронированном пространстве.

Задача создания пожаробезопасного топлива для объектов бронетанковой техники была поставлена Главным бронетанко-

**Характер и вероятность поражений боеприпасов и топливных баков
в зависимости от бронепробивной способности средств**

Поражаемый элемент	Поражающее средство (запас по пробитию)	Характер поражения	Вероятность события
Элементы выстрела в сгорающих гильзах	Осколки с бронепробивной способностью более 5 мм	Возгорание	1
Элементы выстрела в латунных или стальных гильзах	Осколки с бронепробивной способностью более 10 мм	Возгорание	1
Осколочно-фугасный иликумулятивный снаряды	Прямое попадание БПС или КС призапасе по пробитию более 30 мм стали	Детонация	1
Топливные баки	Осколки с бронепробивной способностью более 40 мм	Гидроудар и полное разрушение	1
Топливные баки	Осколки с бронепробивной способностью от 25 до 40 мм	Гидроудар, деформация	1
Бензин Керосин Дизельное топливо	Осколки с бронепробивной способностью более: 30-35 мм; 45-50 мм; 60-65 мм.	Воспламенение топлива	0,9
Бензин	Бронебойно-зажигательная пуля калибра 7,62 мм	Вспышка паров и возгорание	0,9
Керосин	Бронебойно-зажигательная пуля калибра 7,62 мм	Вспышка паров и возгорание	0,7
Дизельное топливо	Бронебойно-зажигательная пуля калибра 7,62 мм	Вспышка паров и возгорание	0,3

вым управлением МО в восьмидесятых годах прошлого века, когда были проанализированы результаты проведенных в нашей стране исследований, а также зарубежная информация и был сделан вывод о возможности создания и производства такого топлива для дизельных двигателей эксплуатируемой в условиях боевых действий бронетанковой техники.

По заданию ГБУ МО сотрудниками 38 НИИИ МО были обоснованы и разработаны технические требования к пожаробезопасному дизельному топливу, а специалисты 25 ГосНИИ МО и ВНИИтрансмаша совместно создали рецептуру такого топлива, получившего условное обозначение ПБД-Л.

Новое топливо практически не воспламеняется и не горит при воздействии средств поражения. При этом необходимые рабочие характеристики и надежность работы дизельных двигателей обеспечиваются без изменения регулировки топливной аппаратуры и без внесения конструктивных изменений в систему питания двигателя топливом.

Такие уникальные свойства топлива ПБД-Л объясняются его составом. Оно представляет собой высокостабильную водно-топливную микроэмульсию типа "вода в масле". Пожаробезопасность топлива обеспечивается вода, обладающая ценнейшим для достижения этого эффекта комплексом свойств - самой высокой в природе теплоемкостью, наивысшей теплотой парообразования и высокой теплопроводностью пара. Эти физические свойства воды обеспечивают эффективное поглощение и отвод тепла, а водяной пар прерывает поступление кислорода к источнику пламени и прекращает горение. Процентное соотношение компонентов топлива ПБД-Л: дизельное топливо летнее - 77 %, вода - 15 %, эмульгатор - 8 %. Стабильность микроэмульсии в течение длительного времени обеспечивается благодаря применению в качестве

эмульгатора специально подобранного высокоэффективного поверхностно-активного вещества.

Топливо ПБД-Л может быть приготовлено не только в промышленных условиях, но и непосредственно в войсковых частях, где эксплуатируется бронетанковая техника (в том числе в полевых условиях). Для этого летнее дизельное топливо смешивается с пресной водой и эмульгатором и полученная смесь перемешивается "на кольцо" с помощью штатных средств доставки и перекачки горючего, таких как топливозаправщики и автоцистерны. Опыт хранения топлива ПБД-Л показал, что его стабильность сохраняется в течение нескольких месяцев. Это позволяет применять новое топливо в качестве резервного для летней эксплуатации. На топливо ПБД-Л разработаны ТУ38.40130-88.

Ранее называвшееся пожаробезопасным топливо ПБД-Л в последнее время часто называют пожаровзрывобезопасным, более точно отражая его характеристики.

Следует отметить, что топливо ПБД-Л значительно превосходит базовое топливо Л-0,2-40 по показателям пожаробезопасности (температуре вспышки, воспламенения и самовоспламенения), практически равноценно по низкотемпературным свойствам (предельной температуре фильтруемости и температуре застывания), но несколько уступает по воспламеняемости в двигателе (цетановому числу) и прокачиваемости (вязкости). Тем не менее, при 20 °С значения цетанового числа и вязкости укладываются в пределы, обеспечивающие достаточно надежную работу дизельных двигателей.

38 НИИИ МО провел натурные баллистические испытания путем обстрела различными средствами поражения (в частности,кумулятивными гранатами ПГ-7(ПЛ) стенда с танковыми топливными баками (рис. 1), наполовину заполненными в одном случае



Рис. 2. Два эксперимента по обстрелу стенда с баками, заполненными штатным топливом Л-0,2-40: снимки 1-1 и 2-1 - момент попадания, снимки 1-2 и 2-2 - через 3...5 с после попадания



Рис. 3. Два эксперимента по обстрелу стенда с баками, заполненными топливом ПБД-Л: снимки 3-1 и 4-1 - момент попадания, снимки 3-2 и 4-2 - через 3...5 с после попадания

штатным топливом Л-0,2-40, а в другом - топливом ПБД-Л. Испытания показали, что во всех случаях баки со штатным топливом при пробитии брони взрывались и загорались (рис. 2). При воздействии аналогичных средств поражения на баки с топливом ПБД-Л взрыв не происходил, а топливо при разливе и разбрызгивании не воспламенялось (рис. 3).

Вероятность поражения боекомплекта и топливных баков в результате воздействия на них различных поражающих средств	
Поражающее средство	Вероятность поражения
Кумулятивная струя	1
Элементы БПС, прошедшие броню	1
Осколочный поток от КС	0,7
Осколочный поток от БПС	0,3

Были проведены стендовые испытания топлива ПБД-Л на одноконтурной установке ОД-9, а также на полноразмерных двигателях УТД-20 (в объеме 100 ч) и В-46 (в объеме 125 ч). Топливо ПБД-Л обеспечило нормальную работу указанных дизелей в течение заданного времени. При этом наблюдалось снижение мощности в среднем на 10 % (без перерегулировки системы подачи топлива) и увеличение удельного расхода топлива на 10...12 %. Дымность отработавших газов двигателей при работе на топливе ПБД-Л уменьшается в три раза со значительным снижением температуры выхлопных газов.

Ходовые испытания танка Т-90 на топливе ПБД-Л при пробеге 290 км подтвердили надежность пуска и безотказность работы двигателя В-84. При этом было отмечено некоторое снижение динамики движения танка (увеличение времени разгона в пределах от 2 до 6 %) на разных передачах и увеличение эксплуатационного расхода топлива в среднем на 11 % по сравнению со штатным топливом марки Л-0,2-40.

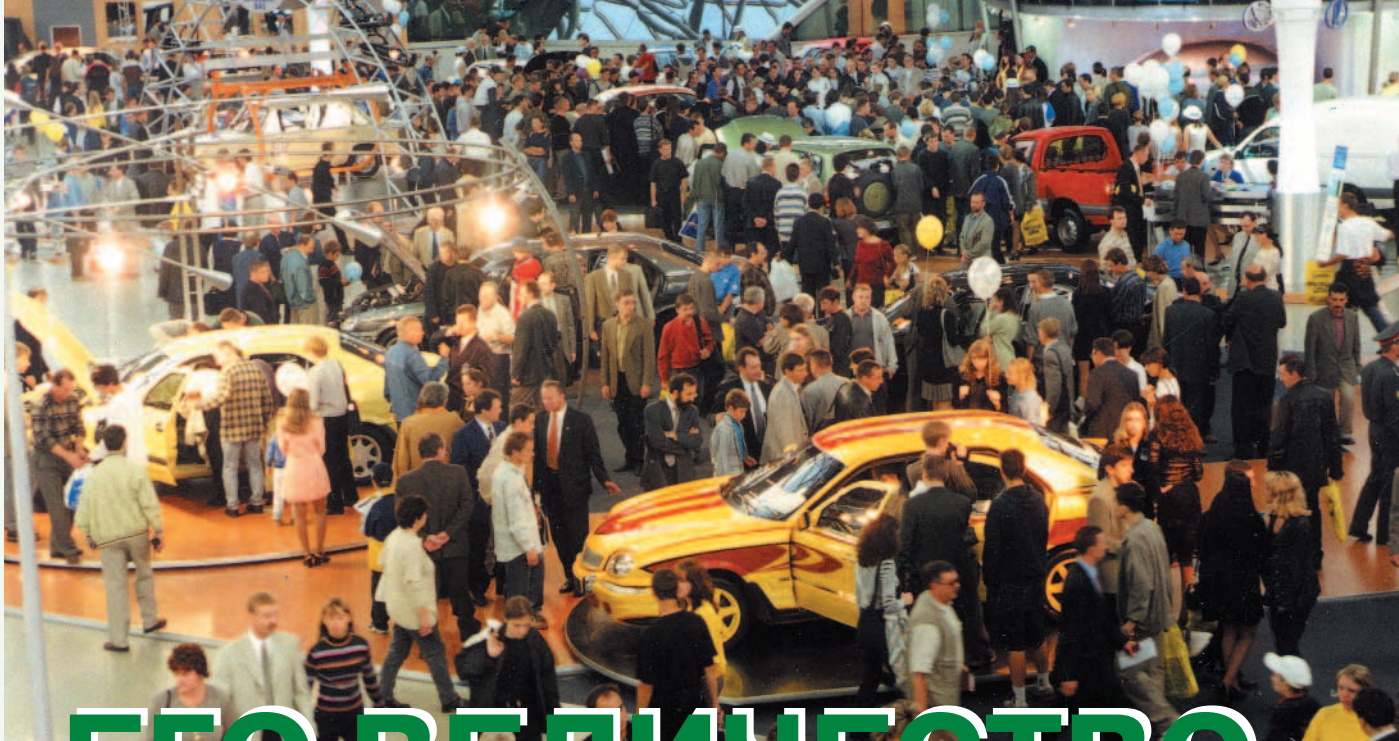
Положительные результаты квалификационных, параметрических и стендовых испытаний топлива марки ПБД-Л в двигателях, ходовых испытаний в танках и натурных баллистических испытаний позволили Госстандарту России допустить топливо марки ПБД-Л по ТУ38.40130-88 для использования в образцах бронетанковой и автомобильной военной техники в качестве резервного.

Существенный вклад в создание топлива ПБД-Л внесли сотрудники 25 ГосНИИ МО В.С. Азев и С.Р. Лебедев, бывший сотрудник ВНИИТрансмаша Э.М. Мохнаткин. Большой объем испытаний этого топлива обеспечил коллектив 38 НИИИ МО, в том числе отдел, которым руководил М.И. Гализин. Проверку работоспособности топлива в двигателях провели сотрудники ЧТЗ, БЗТМ и УВЗ.

Применение в образцах бронетанковой техники пожаро-взрывобезопасного топлива марки ПБД-Л в боевых условиях в значительной степени увеличит устойчивость танков и БТР к боевым повреждениям, а при пробитии брони средствами поражения противника - снизит уровень безвозвратных потерь и повысит выживаемость членов экипажа. **П**

Характеристики топлив ПБД-Л и Л-0,2-40 по ГОСТ 305-82 (данные 25 ГосНИИ МО РФ)

Показатели	Топливо		
	ПБД-Л, нормы по ТУ 38.40130-88	ПБД-Л, фактические параметры	Л-0,2-40, штатное
Внешний вид	Однородная прозрачная или с опалесценцией жидкость	Однородная прозрачная жидкость	Однородная прозрачная жидкость
Кинематическая вязкость, мм ² /с: - при 20 °С - при 0 °С	Не более 25 -	9,2...19,8 12,7	3,0...6,0 11,0...16,0
Температура, °С: - вспышки в закрытом тигле - воспламенения в открытом тигле - самовоспламенения	- - -	96 98 412	50 60 280
Количество вспышек топлива в баке, % от общего количества случаев огневого воздействия: - в т. ч. без последующего возгорания - в т. ч. с последующим возгоранием	- - -	10 10 0	100 20 80
Цетановое число	Не менее 35	40	45
Температура застывания, °С	Не выше -10	-13	-12
Предельная температура фильтруемости, °С	Не выше -3	-9	-6
Коэффициент фильтруемости	-	1,1	1,5
Коксуемость 10 %-ного остатка, %	Не более 0,3	0,12	0,2
Зольность, %	Не более 0,02	0,01	0,01
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Плотность при 20 °С, кг/м ³	Не более 890	870	860
Массовая доля эмульсионной воды, %	14...16	15	-



ЕГО ВЕЛИЧЕСТВО - К.П.Д.

Евгений Бугаец, д.т.н.

"Топить нефтью - все равно,
что топить ассигнациями".
Д.И. Менделеев

"А не топить - и того хуже".
Автор

(Продолжение. Начало № 1, 2 - 2003)

1. ПОТЕРИ ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТОПЛИВА

Великий Д.И. Менделеев очень сожалел об использовании нефти в качестве топлива. Во-первых, ее ресурсы ограничены, а во-вторых, нефть - прекрасное сырье для химической промышленности. С тех пор нефть стали сжигать в тысячи раз больше. Многие месторождения нефти уже исчерпаны. А как оценить глобальный ущерб от загрязнения окружающей среды?

Одной из важнейших причин нерационального использования нефтепродуктов является низкий к.п.д. двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрим первую составляющую к.п.д., сосредоточив внимание на самой удивительной разновидности потерь энергии - на потерях самого топлива. Вдумайтесь, топливо добывали, везли, перерабатывали, опять везли, заправляли, качали, распыляли, смешивали, сжимали, зажигали, а оно, так и не сгорев (по разным причинам), вылетает в выхлопную трубу, превратившись в отраву (СН). По-моему, это хуже, чем "топить ассигнациями".

1.1. Прямые потери в выхлопную трубу

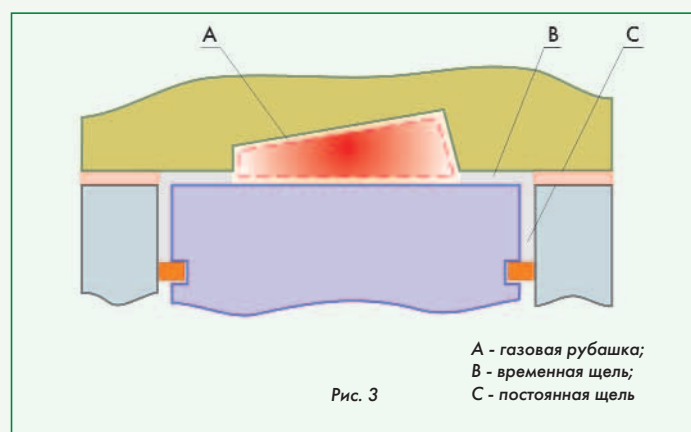
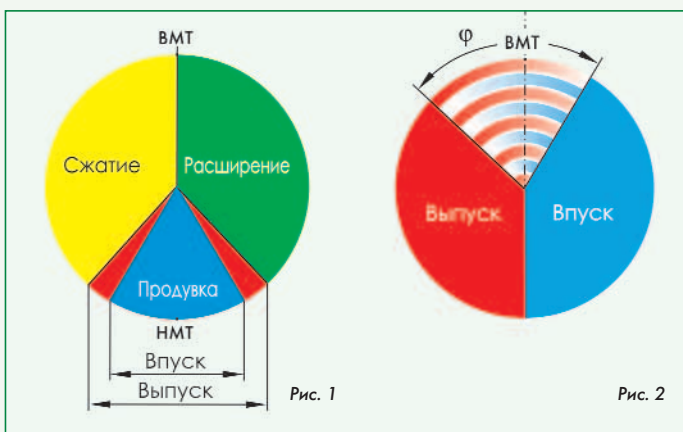
Речь идет о той части топлива, которая из впускного тракта транзитом через цилиндр попадает сразу в выпускной тракт, минуя фазы СЖАТИЯ и РАСШИРЕНИЯ. В первую очередь это

относится к двухтактным двигателям, у которых полный цикл осуществляется за один оборот коленчатого вала (рис. 1).

В классическом двухтактном двигателе поршень помимо своей основной функции выполняет роль золотника в газораспределительной системе. Поэтому в области нижней мертвой точки (НМТ) осуществляется ПРОДУВКА, когда фазы ВПУСК и ВЫПУСК совмещены, то есть одновременно открыты в цилиндре выпускное и впускное отверстия. Несмотря на соответствующие ухищрения значительная часть топлива (до 40 %) на отдельных режимах попадает в выхлопную трубу. Такова плата за простоту двигателя. Мы уже высказывали свое мнение о целесообразности повсеместного запрета двухтактных двигателей.

Иное дело четырехтактный двигатель. Здесь полный цикл занимает два оборота коленчатого вала, то есть 720° . Однако в погоне за лучшей вентиляцией и наполняемостью цилиндров на высоких оборотах двигателя фазы ВЫПУСК и ВПУСК взаимно проникают на "чужие" территории. В некоторых двигателях угол взаимного пересечения упомянутых фаз (ϕ) достигает 60° (рис. 2).

Это приводит на малых оборотах (особенно в режиме резкого дросселирования) к потерям топлива до 6 %. Поэтому в не-



А - газовая рубашка;
В - временная щель;
С - постоянная щель

которых современных двигателях используются системы газораспределения с регулируемым углом φ .

1.2. Потери топлива из-за несгорания в пристеночном пространстве и щелях

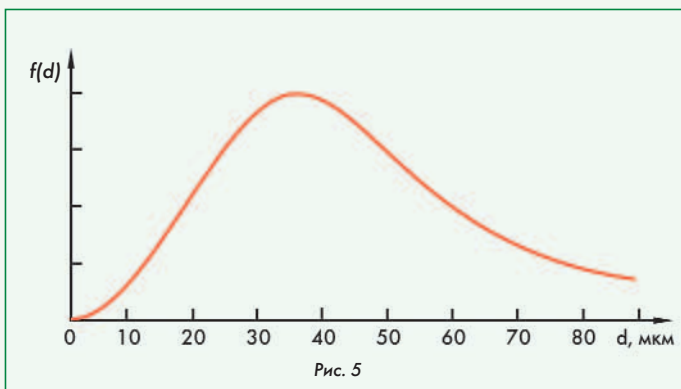
В двигателе происходит еще один достаточно неочевидный и любопытный процесс - воздушно-топливная смесь, находящаяся в непосредственном контакте со стенками камеры сгорания, как бы "прилипает" к стенкам. Это явление имеет место несмотря на то, что в камере сгорания возникает вихрь, и скорость его достигает максимума именно у стенок (до 100 м/с).

С одной стороны, это явление оказалось явно полезным для двигателя. "Бесплатная" газовая рубашка прекрасно защищает двигатель от потерь тепловой энергии горячих газов в стенки камеры сгорания (рис. 3).

У газовой рубашки есть только один враг - это детонация. При сильной детонации создаются мощные ударные волны, которые разрушают газовую рубашку. Двигатель начинает перегреваться, а температура выхлопных газов резко падает, примерно на 150 °С. Известны двигатели, в которых этим явлением даже попытались воспользоваться для устранения детонации путем размещения специальных датчиков-измерителей температуры выхлопных газов в каждом цилиндре.

Однако, с другой стороны, газовая рубашка имеет толщину около 200 мкм, и в ней "прячется" около 2 % топлива. Топливо в газовой рубашке по определению не может гореть, так как температура в пристеночной зоне ниже 800 °С (рис. 4).

Аналогичные процессы происходят и в щелях между стенками цилиндра и поршнем. Следует лишь разделить щели на временные и постоянные. Временные щели создаются в момент достижения поршнем верхней мертвой точки (ВМТ) между дном поршня и головкой цилиндра (зоны выжимки). Постоянная щель



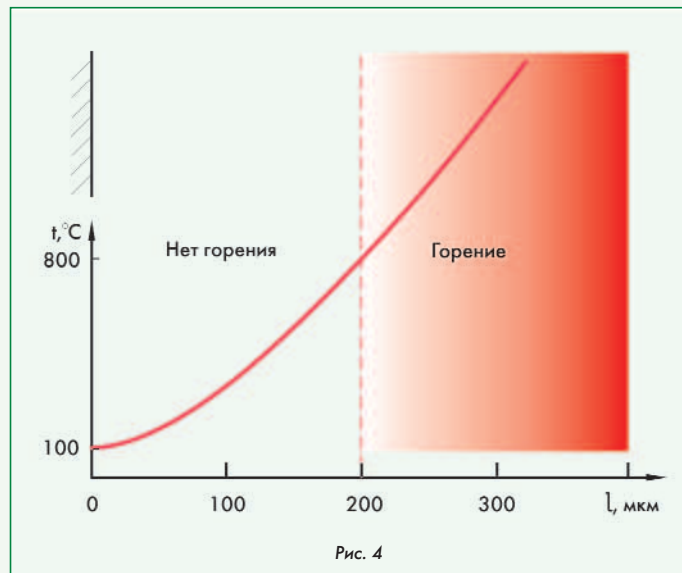
существует между стенками поршня и цилиндра в зоне выше первого кольца. В этой щели, как правило, наблюдаются отложения продуктов неполного сгорания топлива (кокса).

1.3. Потери топлива из-за больших размеров капель

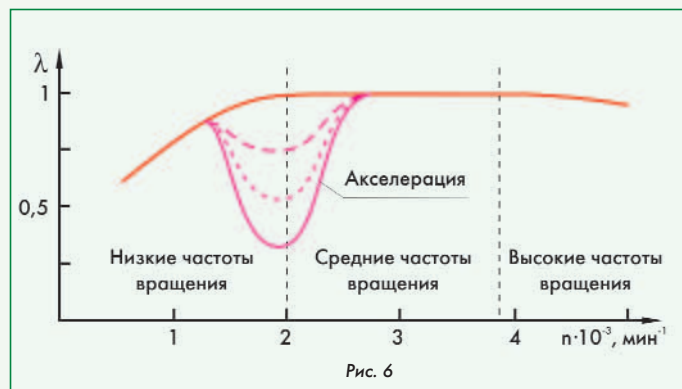
Существующие системы питания двигателей формируют воздушно-топливную смесь в виде аэрозоли, то есть топливо поступает в цилиндр двигателя в виде капелек. Принцип действия используемых систем питания таков (в карбюраторах - распыление эмульсии, в инжекторах - создание щели переменного сечения), что размеры капелек топлива непостоянны и подчиняются закону распределения, близкому к гауссовскому, с математическим ожиданием 30...40 мкм и наличием капелек с диаметром свыше 150 мкм (рис. 5). Это при условии, что система питания исправна.

Хорошо известно, что жидкое топливо (как и твердое) не горит. Горит смесь газообразного топлива и воздуха. Капелька топлива, находясь в воздухе, особенно при повышении температуры, постоянно окружена слоем пара, который она теряет при своем движении.

Отсюда следует важный вывод: пока в воздушно-топлив-



ной смеси присутствуют капельки топлива, эффективное богатство смеси ниже расчетного. Поэтому на холостых оборотах, особенно при запуске двигателя, воздушно-топливная смесь обогащается. Капельки топлива являются своеобразными замедлителями горения. Если капелька топлива имеет оптимальные размеры, то ее горение продолжается примерно до 90° фазы РАСШИРЕНИЕ, что полезно для повышения крутящего момента. Если же капелька слишком большая, и топливо не успевает вовремя испариться и сгореть, тогда этот процесс продолжается в выпускной системе. Очевидно, что с повышением частоты вращения коленвала двигателя этот процесс усугубляется, а потери растут.



Отсюда можно сделать еще один важный вывод: идеальная воздушно-топливная смесь должна содержать "калиброванные" капельки топлива, размеры которых должны меняться в зависимости от частоты вращения коленвала двигателя.

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

Этот вид потерь топлива наиболее понятен с точки зрения физики. Действительно, хотя процесс горения топлива представляет собой ряд цепных реакций, конечный итог определяется балансом двух составляющих:

- с одной стороны - количеством атомов углерода и водорода;
- с другой стороны - количеством атомов кислорода (окислителя).

Если кислород заканчивается, то "лишнее" топливо по определению не может сгореть. Оно переходит в разряд потерь и "вредных выбросов".

Как уже упоминалось, обогащенная воздушно-топливная смесь чаще всего соответствует режимам холостого хода при дросселировании и неисправности системы питания (рис. 6). **П**

(Продолжение следует)

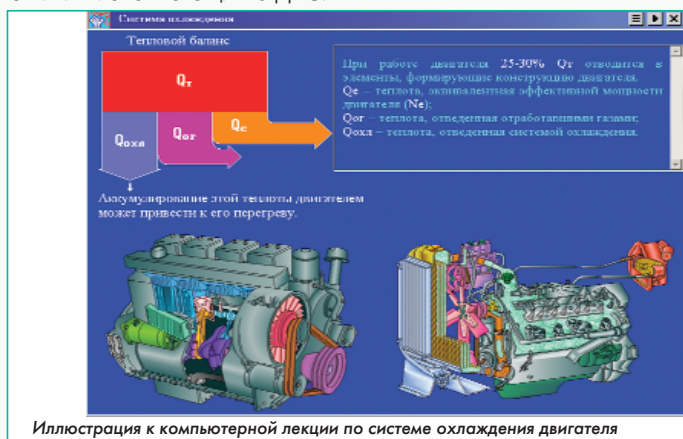
ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧАСТНИКОВ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОРШНЕВЫХ ДВС

Михаил Штров, заведующий кафедрой МАДИ, к.т.н., профессор

Человечество вступило в фазу развития, которая характеризуется быстроизменяющимися состояниями производства, науки, образования, а также социальной сферы. При этом отмечается их объективная интеграция и повышающийся уровень взаимозависимости. Лавинообразное увеличение объемов генерируемой обществом информации происходит из-за роста интенсивности получения новых знаний, повышения эффективности информационных технологий и средств связи. В первую очередь это обусловлено технологическими прорывами в области обработки и перемещения информации. При несомненно положительном характере данных процессов возникают противоречия между возможностями освоения информации отдельными людьми, а также возможностями общества в целом по ее обработке. Следует отметить существенный рост дублирования исходной информации, а также предоставления этой информации в различных формах, которые получают в результате ее систематизации и представления для различных целей. При традиционном подходе психолого-физиологические возможности работы человека с информацией приближаются к пределу. Для эффективной работы с информацией современного человека следует учить и снабжать методиками получения, обработки (систематизации), анализа информации и генерирования на этой основе новой.

Современная методология создания сложных технических объектов предполагает формирование единой интегрированной модели изделия, отражающей все его свойства и знания о нем, непрерывно обновляемой на протяжении всего жизненного цикла, функционирующей в едином информационном пространстве для всех участников жизненного цикла изделия.

Все вышесказанное в полной мере относится и к современному поршневому двигателю внутреннего сгорания (ДВС). Определяющую роль в создании информационной модели предметной области ДВС и сопровождении двигателя в процессе его жизненного цикла играют специалисты - разработчики и создатели модели ДВС, а в определенной мере и пользователи, то есть все участники жизненного цикла ДВС.



При создании единого информационного пространства для обеспечения полного жизненного цикла ДВС определяющим фактором является уровень знаний и умений маркетолога, проектировщика, испытателя, эксплуатационника, утилизатора ДВС. Сфера управления и человеческих отношений предопределяет необходимость подготовки инженера, который может принимать обоснованные решения в этой области. Приоритетными становятся вопросы формирования соответствующего инженерного подхода персонала, обеспечивающего полный жизненный цикл ДВС.

Понимание данной ситуации на кафедре "Теплотехника и автотракторные двигатели" МАДИ (ГТУ) происходило не сразу, скорее всего интуитивно, исходя из опыта традиционно активной практической работы. У нас еще при появлении самых первых ЭВМ, производившихся в нашей стране, началось создание расчетных моделей и обучающих программ, постепенно превратившихся в конкретные дидактические средства, разработанные на основе современных информационных технологий. С учетом указанных особенностей на кафедре ведется работа по созданию компонентов системы единого информационного пространства ДВС для непрерывной поддержки процесса обучения человека, участвующего в жизненном цикле двигателя. Основой такой системы является разработанный и постоянно совершенствуемый Интегрированный обучающий комплекс "ДВС" (ИОК "ДВС"). Назначение комплекса двойное: как в качестве обучающей, так и в качестве справочной системы.

Концепция ИОК "ДВС"

В ИОК "ДВС" органично объединены все формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, проектирование (курсовое и дипломное), моделирование, контроль качества обучения. Комплекс разработан на единой методической платформе, для него характерны иерархичность и модульность, гибкость, индивидуализация обучения, наличие игровых компонентов и расширенного унифицированного сервиса.

ИОК "ДВС" позволяет перейти от фронтальной групповой работы с обучаемым к индивидуальной. Комплекс может быть использован в рамках традиционного аудиторного учебного курса в полном объеме или фрагментарно для различных уровней обучения, а также при самостоятельной работе, включая работу студента в системе дистанционного образования.

Основная цель комплекса - сделать процесс изучения курса активным, наглядным, вызвать интерес к изучаемому предмету, переместить "центр тяжести" работы студента на поиск способов решения конкретной инженерной задачи, разработку алгоритма реализации и оценки результатов при уменьшении объема рутинных операций.

ИОК "ДВС" может представить информацию студенту в форме лекции по основным разделам дисциплины "Двигатель внутреннего сгорания". Поскольку ДВС является сложной технической системой, при создании лекционного курса была поставлена задача показа взаимосвязи между отдельными элементами двигателя и

протекающими в нем процессами различной физической природы, описания широкого спектра возможных технических решений, анализа их достоинств и недостатков. Графическое обеспечение в компьютерных лекциях представлено в виде моделей, структурных схем объектов и процессов, графов возможных технических решений, плоских и объемных изображений, графиков зависимостей, диаграмм, имитаций функционирования во времени.

Лекционный курс может использоваться для студентов с различным уровнем подготовки и направленности как при самостоятельной работе обучаемого, так и при чтении лекций преподавателем. Оправдала себя и следующая форма работы с лекционным курсом. Вначале читается установочная лекция по проблематике рассматриваемой темы и ее ключевым вопросам. Затем студенты самостоятельно прорабатывают ряд лекций в компьютерном классе. Завершается изучение темы занятием, на котором проводится обсуждение изученной информации и разясняются возникшие вопросы.

Лабораторный практикум по теории и конструкции ДВС предназначен для проведения расчетного эксперимента для получения новых знаний о ДВС на этапе анализа результатов, а также для выработки определенных навыков и умений, необходимых при испытаниях двигателей.

Выполнение лабораторной работы в такой форме экономически выгодно, исключает экологический ущерб, объединяет индивидуальное и коллективное начало. Так, каждый из студентов выполняет свое индивидуальное задание, а результаты своей работы докладывает при коллективном обсуждении на итоговом занятии группы под руководством преподавателя. Имеется возможность регулирования уровня сложности и содержательности задач. Темп проведения эксперимента определяет и устанавливает сам обучаемый. Ряд заданий может быть сформулирован в виде деловой игры, в ходе которой обучаемый решает ту или иную проблему, связанную с нарушением функционирования ДВС, с возможностью улучшения его показателей, выполнения эксплуатационной функции в определенных условиях и т.п. В учебном процессе на кафедре первые лабораторные работы по теории ДВС обычно проводят на стенде, а последующие - с использованием компьютерного моделирования.

Обучающе-контролирующая подсистема ИОК "ДВС" объективно фиксирует достигнутый уровень знаний обучаемых. В ней реализовано два режима работы:

- оценки полноты и правильности ответов на вопросы по соответствующим разделам лабораторного практикума;
- проверки правильности решения содержательных задач.

При работе студента сохраняется история его ответа. Алгоритм решения задач студента может отличаться от алгоритма, предложенного преподавателем. Поэтому применение системы не исключает необходимости контроля со стороны преподавателя, а дополняет его.

Компьютерные лекции и лабораторный практикум ИОК "ДВС" являются базой для организации информационной поддержки процесса проектирования и обучения проектировщиков.

Методические наработки, накопленные при разработке комплекса, обладают исключительно высокой ценностью при создании интерактивных электронных технических руководств для эксплуатантов ДВС.

Система автоматизированного проектирования ДВС органически входит в состав ИОК "ДВС". Она разработана для решения задач уровня внешнего (поискового) проектирования ДВС. Наиболее эффективно система может быть использована на этапах курсового и дипломного проектирования. САПР ДВС состоит из двух объектно-ориентированных подсистем: расчетного и геометрического проектирования ДВС.

Подсистема геометрического проектирования ДВС содержит методики решения наиболее сложных и важных проблем компоновки и доводки узлов ДВС. Подсистема обеспечивает возможность проектирования спектра конструкций и быстрого сопоставления их достоинств и недостатков. Полученная информация по



Иллюстрация к компьютерной лекции по механизму газораспределения

базовым параметрам элементов ДВС может быть использована в САПР более высокого уровня, например, основанной на использовании метода конечных элементов.

Пакет численного моделирования процессов в ДВС позволяет решать широкий спектр задач и использовать их в качестве одного из эффективных инструментов при обучении двигателистов. Пакет обеспечивает выполнение:

- анализа рабочего цикла четырехтактного двигателя с искровым зажиганием;
- расчета рабочего процесса дизеля;
- расчета совместной работы дизеля с турбокомпрессором;
- гидродинамического расчета топливной системы дизеля;
- моделирования акустического излучения дизеля от рабочего процесса, а также решение ряда других задач.

Моделирование процессов ДВС организовано на единой методической основе, с унифицированным интерфейсом. Основой послужили научно-исследовательские работы, выполненные на кафедре. Теоретические модели и методики, предназначенные для расчета процессов, протекающих в ДВС, используются студентом для решения конкретных практических задач. Впервые в России созданы пакеты программ для исследования студентами влияния двигателя на эксплуатационные свойства автотранспортного средства как с энергетических и экономических, так и с экологических позиций.

Использование ИОК "ДВС" позволяет обеспечить современный уровень подготовки инженерных кадров, а также заметно уменьшить ущерб, наносимый окружающей среде при проведении натурных испытаний двигателей.

Таким образом, кафедрой к настоящему времени создан и внедрен в учебный процесс ИОК "ДВС", удостоенный премии Правительства Российской Федерации 1999 г. в области науки и техники.

Сегодня ИОК "ДВС" нашел применение более чем в 100 вузах различных регионов России, стран СНГ, Европы, Латинской Америки, Азии и Африки. Компоненты ИОК "ДВС" могут успешно использоваться при обучении двигателистов и специалистов



Иллюстрация к компьютерной лекции по смазочной системе



Рабочая область виртуального испытательного стенда

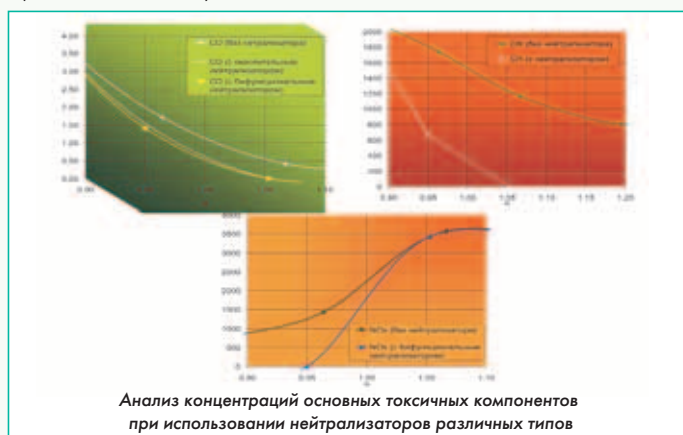
автомобилям и дорожно-строительным машинам. Ряд элементов ИОК "ДВС" может быть применен при подготовке специалистов водного и морского транспорта, авиации, лесного и сельского хозяйства.

Созданная методика подготовки дидактических средств в интересах учебного процесса позволяет планомерно наращивать объем формализованной и структурированной информации для обеспечения полного жизненного цикла поршневого ДВС.

Отметим, что при создании компьютерных учебно-методических комплексов центральной фигурой становится преподаватель-методист - разработчик информационного поля и дидактических средств его освоения. Он должен обладать, помимо методического опыта преподавателя, опытом научного исследователя, хорошо ориентирующегося в быстроизменяющемся объеме информации о предметной области. В практической работе с обучаемым преподаватель работает в качестве наставника, помогает выбрать наиболее эффективную стратегию обучения в соответствии с уровнем подготовки студента, а также контролировать и уточнять ее в назначенных точках в зависимости от достигнутого качества усвоения знаний и закрепления необходимых навыков.

Следует поддержать комплексность и многовариантность методов обучения на единой платформе для различных уровней и категорий обучаемых по определенному направлению. Необходимо обеспечить преемственность и непрерывность образования в системе автотранспортного комплекса РФ по уровням (школа - колледж - вуз - послевузовское образование).

Повышение степени интеграции образования, науки и техники с учетом объективного возрастания их взаимного влияния - реалии сегодняшнего дня. Поэтому необходимо обеспечить рост уровня взаимосвязи всех составляющих жизненного цикла компонентов автотранспортного комплекса РФ на основе их информационного обеспечения при непрерывном обучении его кадров. Следует констатировать, что преподаватели не всегда успевают за ростом объема информации по ДВС. Поэтому отработка технологий оперативного информационного обмена между наукой, производством и вузом является достаточно важной.



Анализ концентраций основных токсичных компонентов при использовании нейтрализаторов различных типов

Теперь несколько слов о наиболее острых проблемах, затрудняющих дальнейшее совершенствование уровня преподавания. Проблема недостаточного финансирования высших учебных заведений и по этой причине ограниченность возможностей по приобретению программных и технических средств не является новой. С этим можно было бы смириться, поскольку у нас, как и в большинстве вузов, действует еще более опасный фактор - уход от активной деятельности по возрасту высококвалифицированных преподавателей и ученых, многолетний опыт практической работы которых поистине бесценен. Очевидны и сложности с привлечением молодых преподавателей и специалистов. Пока мы выходим из положения тем, что сложившийся коллектив энтузиастов не может бросить на полдороги свое детище, а руководство университета всячески поддерживает данную работу.

Заложенные в начале создания ИОК "ДВС" принципы обязывают постоянно обеспечивать достигнутый уровень: отыскивать новые решения, отрабатывать новые методы. Кроме того, все, что создается на кафедре, должно иметь один стиль, а это требует дополнительных усилий. Всегда очень болезнен переход от одного программного или технического обеспечения к другому. И чем больше наработано программных продуктов, тем более трудоемок и сложен процесс перехода. Например, переход с платформы DOS на Windows или из EGA на SVGA. Начало активной работы по созданию комплекса пришлось на середину 80-х годов прошлого столетия, когда вычислительной техники было мало, и тем более в вузах, ее возможности по сравнению с сегодняшней были существенно ограничены. Качество и возможности созданного тогда программного обеспечения по сегодняшним меркам оставляли желать лучшего. Поэтому на кафедре интенсивно ведется работа по последовательному переводу созданных ранее программных продуктов на платформу Windows.

При создании многофункционального комплекса проблемы его интеграции являются важнейшими. Во-первых, это проблемы унификации интерфейса для диалога человека и комплекса. Пользователь не должен терять время на переучивание при переходе от одного компонента к другому. Во-вторых, обмен информацией между компонентами комплекса. Его организация должна быть максимально простой и прозрачной и обеспечивать полную интеграцию его отдельных частей. В третьих, максимальная независимость от технического и общесистемного обеспечения конкретного компьютера. В-четвертых, комплекс должен быть открытой системой, которая должна эффективно взаимодействовать с другой программной продукцией и другими техническими средствами.

В процессе своей работы мы столкнулись и с проблемами перевода комплекса на иностранные языки. Сегодня можно с полной уверенностью утверждать, что осуществлять перевод должен не просто абстрактный "знарок" соответствующего языка, а человек, для которого этот язык является родным или хотя бы основным языком общения. Переводчик также должен быть квалифицированным специалистом в той области техники, к которой относится модифицируемый программный продукт. Нередко возникают проблемы по оценке стоимости перевода. Совместная работа с переводчиком однозначно предполагает ее итеративность: перевод текста, его ввод в комплекс, проверка текста в комплексе, внесение корректив, и так не один раз. При замене переведенного текста в отведенное зарезервированное поле экрана иногда возникают проблемы из-за неодинаковой его длины на русском и иностранном языке.

В настоящее время кафедрой осуществляется сопровождение созданных компонентов комплекса, ведется разработка новых компонентов, совершенствуется методика формализации и представления знаний, отрабатываются созданные ранее и формируются новые методы обучения с использованием новых информационных технологий. В частности, отрабатывается состав и структура единого информационного пространства о ДВС в составе транспортного средства на протяжении полного жизненного цикла двигателя. На кафедре начаты работы по созданию ИОК "Теплотехника". В наших планах активизация данных работ.



В ПОИСКАХ ТОЧКИ ОПОРЫ

(из Хроник подпольных работ)

Дмитрий Соколовский

Рисунок Владимира Романова

Известно, что люди изобретающие - всегда люди увлекающиеся. Иногда, впрочем, эта увлеченность переходит всякие границы и доходит до не критического отношения к собственным работам. Поэтому появлялись у этого народа идеи, совсем ничего общего с наукой не имеющие. Из серии "верую, ибо неразумно". При спокойном рассмотрении всем становилось ясно, что пустышка, однако, какое-то время она увлекала. Такова история с "Машиной Дина". Допускаю, впрочем, что ничего случайного нет и здесь: изначально могло предполагаться "охмурение" слушателей. Впрочем, давайте думать о людях хорошо - жизнь покажет, насколько мы ошибались.

В далеком уже теперь 1962 году журнал "Изобретатель и рационализатор" опубликовал статью о некой оригинальной конструкции - безпорном инерциоиде с эксцентричными маховиками, разработки страхового агента Норманна Дина. Утверждалось, что он изобрел устройство, создающее тягу за счет неуравновешенной силы инерции, возникающей при вращении этой системы. Никаких тебе воздушных винтов или реактивных струй, а раз - и полетели хоть в космос. Или поскакали - поехали, но все равно, ни от чего не отталкиваясь. Заманчиво! Мысль инженерная забурлила. Это "проняло" и сотрудников многих НИИ. Особенно - не слишком-то хорошо изучавших в свое время теоретическую механику, что является (увы!) отечественной инженерной традицией. Как заметил Эдисон, "к сожалению, большинство людей предпочитают безмерно трудиться, вместо того чтобы немного подумать".

...А посему, в одном из самых научно-исследовательских институтов Москвы силами энтузиастов (в режиме секретности от собственного руководства) строилась действующая модель инерциоида. Все делалось всерьез: машину довели до опытного образца. "Втихую" в КБ составили проект и при поддержке заместителя начальника одной из лабораторий (также страстно желавшего осчастливить человечество) столь же "подпольно" изготовили ее детали на производстве: что-то где-то выточили, что-то сделали, что-то собрали.

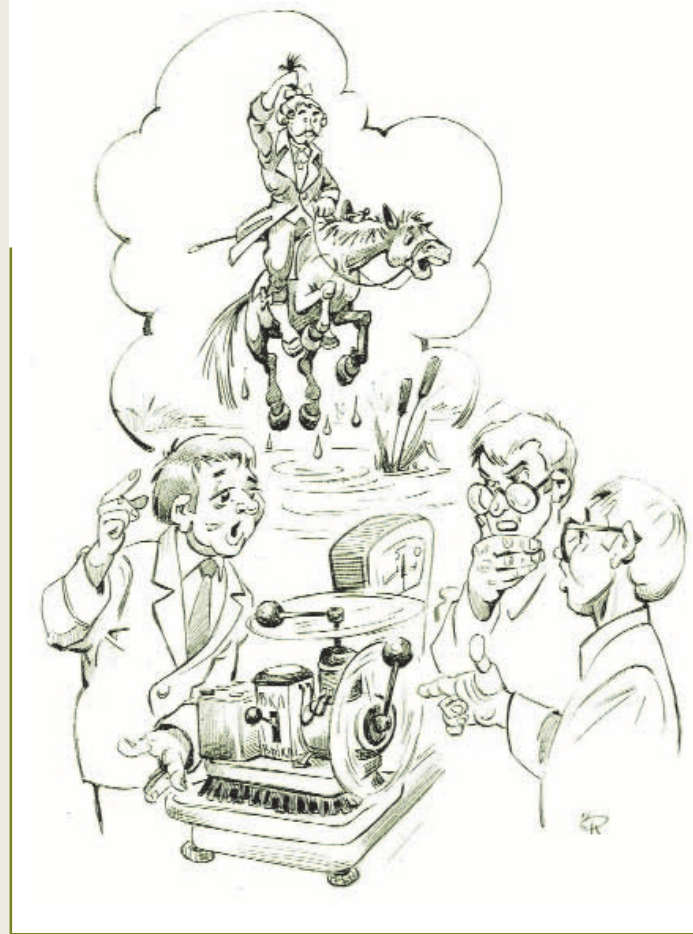
Никто из начальства организации не был в курсе этих движений, все считали, что разговоры идут в области теоретических построений. Дело в том, что среди наиболее последовательных сторонников безпорного движения гуляла некая теория влияния инерционных сил, математически обоснованная выражениями в частных производных: как потом выяснилось, неправильно взятых, но, естественно, подтверждающих теорию. Когда стало понятно, что "защитники прогресса" не шутят, в институте устроили научно-техническое совещание. Тогда еще совсем молодой блестящий ученый Леонид Николаевич Дружинин, покойный ныне, к великому сожалению, "по косточкам" педантично разобрал эту проблему, и стало ясно (общий вздох облегчения), что законы физики все-таки не нарушаются, а в выводе ошибка. Здесь нелишне вспомнить, что еще около двух веков назад русский академик, великий механик, математик и философ Д'Аламбер сказал как-будто специально по этому поводу: "Тело не может само себя привести в движение, потому что нет никакого основания к тому, чтобы оно двигалось предпочтительнее в одну сторону, чем в другую".

Тем временем бурная "подпольная деятельность" все же продолжалась. Машину собрали и на одной из установок, где было силонизмерительное устройство, попробовали измерить тягу. Смонтировали на рычаге весов построенную машину, подключили ее электромоторы, запустили их - и ... ничего. Стрелка на нуле.

Выключили, подкрутили что-то, почистили контакты, включили - ноль. Опять разобрали, собрали (самые преданные - продули и потеряли тряпочкой). Включили - и вдруг, стрелка весов дернулась!!! Все обалдели: на самом-то деле никто по-настоящему не верил, что что-то может получиться. Больше этот результат повторить не удалось, но ведь все же видели: было! Это уже потом выяснилось, что один шутник (который просил не упоминать его в связи со всем этим - сейчас он один из ведущих ученых, а тогда - молодой специалист) в то время, когда все стояли вокруг машины, потихоньку, как и все в этой истории, левой ногой наступил на коромысло весов. И этой ногой нечувствительно вошел в историю неформальной физики. Этот факт, точнее, его часть: "где-то что-то замерялось и чего-то получилось", по слухам, ходит и до сих пор, приобретши свойства народного предания.

Тем, в общем-то, история и закончилась. Может особой необходимости вспоминать эти события сейчас и не было бы, когда бы до сих пор не продолжал народ технический тратить свои силы, время и средства, пытаясь преодолеть то, что на самом деле достаточно элементарно отбрасывается усилием разума. И мы бы не стали развлекать вас зазря такой байкой, не продолжай к нам приходите статьи поклонников вытаскивания себя за косичку парика из болота. Как недавно заметил один из некогда наиболее яростных апологетов "безпорников", а ныне правоверный механик Нурбей Гулиа (кстати говоря, кажется - автор тех самых статей по "машине Дина"): "Давно уже махнули рукой на "философский камень", искали "панацеи" превратились в заурядных знахарей, а вот "вечные" двигатели и инерциоиды продолжают конструировать". И он же: "Сравнить ощущения человека, хоть вкратце изучившего механику, можно разве только с прозрением слепого".

Коллеги, может пора все-таки прозреть, а? Жизнь коротка, а вокруг так много воистину непознанного!



ПАМЯТНИКИ НАУКИ И ТЕХНИКИ: сохранение национальных технических реликвий

РОССИИ

Гурген Григорян, директор Политехнического музея, д.т.н.
Лидия Кожина, заместитель директора Политехнического музея, к.т.н.

Понятие "культурное наследие" - одно из основ современной цивилизации - весьма многогранно. Оно включает в себя элементы культуры и художественной, и музыкальной, а также важнейшие положения морали и этики. Совершенно законное место среди этого многообразия занимает наследие технической культуры - свидетельство технического прогресса общества.

Задача выявления и приобщения к музейным фондам - музеефикации памятников науки и техники (ПНТ), введение их в научный и культурный оборот как предметов материальной культуры - одна из важных задач современного культурного строительства. Материальные свидетельства технической культуры - неотъемлемая составная часть единого национального комплекса памятников истории и культуры наряду с памятниками археологии, истории, градостроительства, архитектуры, искусства и документальными свидетельствами. К сожалению, в силу ряда объективных и субъективных причин идентификация и систематическое изучение этого класса реликвий в нашей стране начались только в 80-е годы прошлого столетия - значительно позже, чем других классов памятников истории и культуры.

В Советском Союзе существовало два различных подхода к проблеме выявления и изучения ПНТ: общенаучный и узкоспециализированный музейный. Первый раскрывал понятие ПНТ через фундаментальное исследование специалистами в области истории науки и техники отдельных наиболее выразительных (зачастую просто наиболее известных) объектов материальной культуры. Исследование памятников науки и техники как фундаментальная проблема истории науки и техники неоднократно отмечалось в трудах ИИЕТ РАН. В период с 1981 по 1990 г. было опубликовано около 140 статей, посвященных этой проблеме в специальном издании "Памятники науки и техники". Все они, в основном, имели характер фактологических исследований. Общие проблемы памятниковеде-

ния в области науки и техники в данных публикациях не рассматривались. Некоторыми учеными (П.В. Боярский, И.Н. Бубнов, Н.К. Гаврюшин и др.) предпринимались попытки раскрыть понятие ПНТ через различные способы классификации и систематизации. Однако при этом не оговаривались признаки и процедуры, позволяющие причислить данный объект к объектам интереса специалистов музейного дела. Исследования носили чисто академический характер, не ставивший своей целью внедрение данного класса реликвий в научный и культурный оборот.

"Музейный" подход (В.В. Кондратьев и др.) исходил из тождественности понятий "памятник" и "музейный предмет", что лишило понятие ПНТ какой-либо определенности и исключало из оборота огромное множество объектов, не вошедших в силу тех или иных причин в музейные собрания. Практическая работа по выявлению и сохранению ПНТ, которая, как правило, проводится в музеях, требовала разработки общих фундаментальных положений, связанных с идентификацией объектов как памятников науки и техники. Принятый в 1996 г. "Закон о Музейном фонде Российской Федерации и музеях Российской Федерации", представляющий собой важнейший юридический акт, стимулирующий сохранение национального культурного и исторического наследия, предусматривает создание Государственного каталога музейного фонда. Безусловно, в этот Каталог должны быть введены и технические раритеты, что ставит проблему идентификации особенно остро. Однако в настоящее время отечественное законодательство не содержит четких правил идентификации и охраны памятников науки и техники. Их учет и паспортизация значительно отстают в своем развитии от аналогичных процедур, связанных с другими классами памятников истории и культуры. Юридические меры защиты владельцев ценных исторических объектов промышленного и ремесленного производства и стимулирования сохранения раритетов полностью отсутствуют. Отечественная культура ежегодно безвозвратно лишается многих ценных объектов, связанных с развитием техники и научно-технического знания. В то же время за рубежом существует многолетняя практика выявления, сохранения и музеефикации ПНТ, позволяющая сберечь для новых поколений наиболее выдающиеся произведения науки и техники, наряду с остальными памятными объектами искусства и природы. Это содействует воспитанию чувства национальной гордости и помогает профессиональной ориентации молодежи. Эта работа базируется на комплексной системе организационных (государственные и общественные органы выявления, реставрации и музеефикации ПНТ), финансовых (финансовая поддержка владельцев технических памятников и спонсоров) и юридических (система законов по охране раритетов) мер, выработанных на основе международного опыта деятельности подобного рода с учетом национальной специфики.

Учитывая все приведенные аспекты, Политехнический музей по своей инициативе создал в рамках деятельности международного Совета музеев (ICOM) Экспертный совет по выявлению и сертификации ПНТ. Этот Совет состоит из ведущих специалистов



музейного дела и истории науки и техники. Он руководствуется в своей работе методиками и научными концепциями, предложенными учеными Политехнического музея. ПНТ определяется как материальный объект, связанный (прямо или косвенно) с основными этапами в развитии науки и техники, требующий в соответствии со своей социальной или научной значимостью сохранения или использования в общей системе культуры. Под материальным объектом в этом определении подразумеваются как предметы (вещества и материалы, технические средства, конструкции и изделия), так и документы (рукописи, чертежи, публикации, инструкции, кино-фото-фонозаписи), а также произведения искусства соответствующего содержания.

Не всякий материальный объект, даже уже находящийся в коллекции, является ПНТ, имеющим историческую, научную и музейную ценность. Актуальной задачей является разработка методологии поиска, анализа и выявления ПНТ из многообразия материальных объектов как промышленного и ремесленного производства, так и индивидуального творческого изготовления. Это делает необходимым разработку научно обоснованных критериев экспертных оценок научной, исторической и мемориальной значимости, художественной и материальной ценности объектов.

Поэтому, исходя из предложенного выше определения, в Политехническом музее разработаны методика и процедура отнесения предметов и документов к ПНТ. Обоснован ряд критериев для экспертных оценок различных аспектов информационного потенциала объектов, их способности документировать историю науки и техники. Объект при этом представлен прежде всего информационным потенциалом, которым он был наделен в определенное время или при определенных событиях, или определенными лицами, или по отношению к ним, а также при принципиальных изменениях важных характеристик технических средств в процессе их совершенствования. Таким образом, идентификация объекта как ПНТ сводится к исследованию его мемориальности, т.е. к выявлению того, что он является "свидетелем": научно-технического уровня развития общества на каком-то представительном историческом промежутке; важного события в развитии науки и техники, включая важнейшие изобретения и открытия; творческой деятельности выдающихся лиц; развития существенной научно-технической идеи.

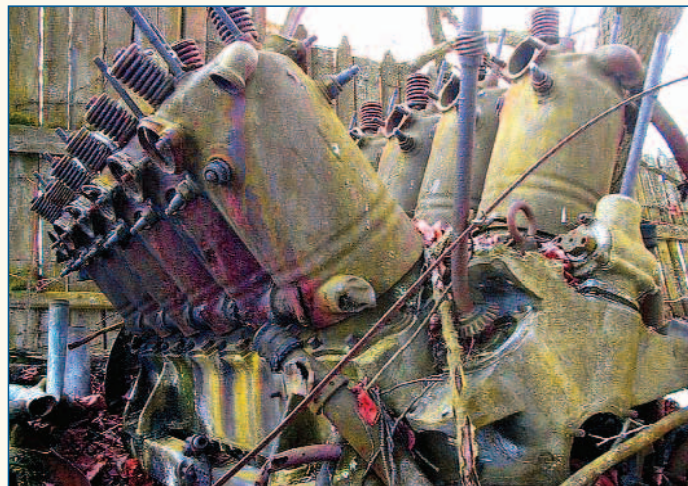
Не менее важным этапом оценки объекта как ПНТ представляется определение его уникальности как на момент создания, так и на сегодняшний день, а также уровень сохранности. Все оценочные сведения заносятся на разработанную в Политехническом музее информационную карту ПНТ и передаются в Экспертный совет. Опираясь на описанные выше методику и научные подходы, Экспертный совет принимает решение о присвоении объекту ранга ПНТ и выдает разработанный Политехническим музеем сертификат, подтверждающего



этого ранга. Информационная карта служит основанием для ввода сведений о ПНТ в компьютерный банк данных при Политехническом музее. Таким образом, в Политехническом музее создается центр информации о ПНТ, служащий базой для создания общенациональной системы выявления, сохранения и музеефикации ПНТ.

В случае признания данного объекта памятником науки и техники хранителю его выдается Сертификат, подтверждающий как значимость объекта, так и ответственность хранителя за ценный исторический памятник национального значения. Это способствует сохранению и более полному музейному использованию ПНТ, эффективному привлечению к научно-исследовательской, образовательной и воспитательной деятельности на разных уровнях. Сертификаты и единый банк данных по ПНТ служат основой для принятия в Российской Федерации соответствующих мер по защите ПНТ, а также по поддержке их хранителей.

Разработанные Политехническим музеем принципы и подходы к выявлению памятников науки и техники в музейных собраниях страны апробированы на межмузейных семинарах и в процессе практической деятельности, к которой было привлечено более 40 государственных и ведомственных музеев. В настоящее время банк данных насчитывает более 500 особо ценных ПНТ национального значения, сохраняемых в коллекциях различных музеев. Перспективы же пополнения банка памятников науки и техники практически безграничны, учитывая, что работа начата так недавно. Нам есть, чем гордиться, и пока еще есть, что собирать в коллекцию ПНТ, но при условии, если сохранение культурного наследия техники реально станет заботой всех, кто с нею работает, а не только музейных работников





Техническое перевооружение - это не замена старого на новое старое, а замена на новое

как с точки зрения конструкции, так и процесса

Представьте себе такую картину. Железные дороги отказываются от современных электровозов и тепловозов и закупают паровозы. Хорошие паровозы, отличные! - но ... паровозы! А авиакомпании вместо реактивных самолетов усиленно внедряют поршневые самолеты с винтовой тягой. Хорошие самолеты, но не реактивные! Штатные пропагандисты-агитаторы трубят, что паровозы и винтовые самолеты проверены временем и надежны. Под пыхтение паровозов в ночных поездах у людей глубже сон, в винтовых самолетах быстрее смешиваются коктейли... А вот реактивные двигатели опасны, т.к. греются, от электровозов - вредные магнитные поля!

Абсурд?! Но посмотрите, сколько подобного абсурда при покупке оборудования в металлообработке. Игнорируются законы физики, современные эффективные и высокопроизводительные технические решения. Закупается оборудование, конструктивно и технологически устаревшее уже в прошлом веке: электроискровые станки с ненадежно устаревшими приводами с ШВП, металлопластиковой рабочей зоной вместо керамической, станки с высоким износом электрода, станки, после которых нужны "дробеструйки" и ручная доводка...

Электроискровые станки "Содик" - первые и единственные в отрасли станки с самыми точными и динамичными линейными приводами. С линейными приводами, в которых нет сложной длинной цепи трансформации энергии в движение и преобразования вращательного движения в линейное. Приводами, в которых нет люфтов, мертвых ходов, практически исключены неравномерности подачи. Приводами, в которых всего две ос-

новные части и которые несравнимо надежнее и долговечнее любых приводов с ШВП.

Электроискровая обработка - электротермический процесс. По этой причине делать рабочую зону ЭИ станка из электропроводных металлов с большим тепловым расширением - технологический абсурд. Но только "Содик" производит станки с рабочей зоной из специальных электроизолирующих керамик с тепловым расширением в два раза меньшим, чем у гранита. У таких станков качество конструкции, точность геометрии выше, чем у лучших измерительных машин из гранита. Керамика полностью и надежно изолирует рабочую зону электрически. Результат - качество изоляции станка сохраняется несравнимо дольше, обеспечивая минимум потерь производительности.

Электроискровые станки "Содик" - это самый низкий износ электрода и лучшее качество поверхности за наименьшее время. "Содик" - самая рентабельная и экономичная электроискровая обработка. Вы экономите не только на электродах, но и на фильтрах, ионообменной смоле, а также массе изнашиваемых частей, которые в современной станке просто отсутствуют! И во всем этом Вы можете убедиться сами, сравнив конструкцию и результаты работы станков "Содик" и станков "не-Содик".

Техническое перевооружение - это не замена старого на новое старое, а замена на новое как с точки зрения конструкции, так и процесса. Замена на современные, более рентабельные и эффективные решения. Не пора ли делать выбор, опираясь на законы физики и здравый смысл. **Сколько можно делать ставки на новые паровозы? Летайте на современных самолетах!**





Линейные электроискровые станки **Sodick**

С августа 1976 года компания "СОДИК" произвела более 40 тысяч электроискровых станков; 6000 из них - электроискровые станки с линейными приводами!

"СОДИК" - это самый мощный научно-технический потенциал, самое большое в отрасли число действующих патентов!



Новые рекорды Sodick:

Самая высокая в отрасли скорость электроискрового резания с использованием латунной проволоки
□ 0,2 и 0,25 мм.

Самая высокая в отрасли скорость резания на специальной проволоке.

Новая система зеркального выхаживания SVC в электроискровых прошивочных станках полирует поверхности в 2...4 раза быстрее.

Линейные двигатели - будущее станкостроения! Будьте первыми!

✓ **Линейные сервоприводы**

✓ **Линейные датчики 10 нано**

Линейные датчики с дискретностью 10 нм (0,01 мкм) на всех прецизионных станках.

Дискретность приводов 0,1 мкм.

✓ **Керамическая рабочая зона**

Стандарты новых технологий

✓ **Сверхмалый износ электрода**

✓ **Зеркальные поверхности**

✓ **Малый модифицированный слой**

✓ **Реальная производительность**

Передовые ЭИ технологии для тех, кому недостаточно просто хороших станков:

- ✓ **гарантия 2 года!**
- ✓ оперативная техническая поддержка (**24 часа без выходных**);
- ✓ самые лучшие станки не должны быть самыми дорогими - смотрите наши цены;
- ✓ лизинг на 3 года (менее 8 % в год);
- ✓ быстрая поставка (**сроки поставки большинства моделей от 1 дня до 2 недель**);
- ✓ бесплатное обучение и переобучение.

Представительство в Москве:

тел.: (095) 725-3603, 214-9801 // факс: 214-1842

sodicom@sodick-euro.ru

Технический центр:

тел: (095) 786-9841, 964-2598 // факс: (095) 786-9842

tc@sodick-euro.ru





ЗАО "Всеобщая страховая компания"
101990, Москва, Петроверигский пер., 4
Тел./Факс: (095) 923-2102
E-mail: univac@caravan.ru



Всеобщая Страховая Компания
Universal Insurance Company