

Двигатель

Научно-технический журнал № 3 (27) 2003



INTERNATIONAL
MARITIME
DEFENCE
SHOW



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
МФПП "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

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2
Тел.: (095) 362-3925
Факс: (095) 362-3925
engine@zstel.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

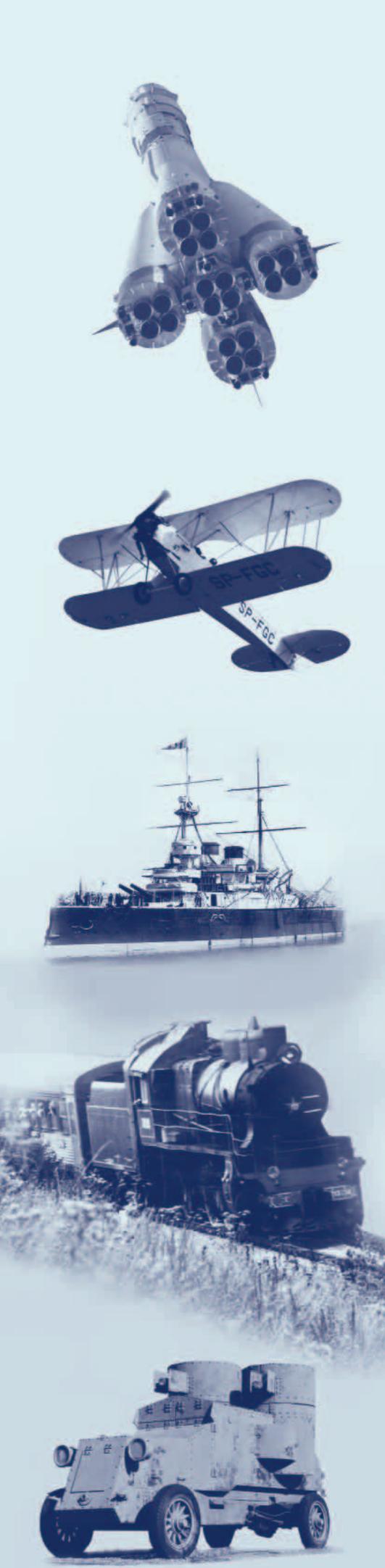
Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"
Москва

Тираж 5000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

2. Коломенский завод: 140 лет на службе Отечеству

Интервью с В. Власовым

6. Маршевые двигатели стратегических ракет морского базирования

М. Куранов, М. Обухов, П. Курсков

8. Послевоенные советские подводные лодки и их энергетические установки

А. Маринин

13. Высокие технологии XXI века

14. Новые средства контроля состава атмосферы воздушных судов

А. Пайкин, А. Белов, Б. Файнерман

18. О бесстартерном запуске ГТУ и ГТД

В. Рачук, В. Иванов, А. Сухов, П. Завальный, И. Лачугин, А. Шевцов

20. SPAC - эффективная защита от коротких замыканий на электроэррозионных станках ROBOFORM

22. Праздник сбывшейся мечты

Интервью с И. Новиковым

24. Генеральный конструктор

Сергей Константинович Туманский

Л. Берне

28. Информация

29. Выставка нашего будущего

30. Международное сотрудничество СССР в авиационно - космической области

В. Шерстянников

33. Информационное зеркало МАКС-2003

Интервью с И. Склярным

34. Представления К.Э Циолковского и

Ю.В. Кондратюка о конструкции ракетного двигателя

Л. Васильева, В. Рахманин

38. Новые возможности свечи зажигания (экологические)

Е. Бугаец

40. Критерии оценки пусковых качеств танковых газотурбинных двигателей

А. Ефремов

43. "Скоростное" электроэроискровое резание



В 2002 г. рост производства по сравнению с 2001 г. составил 38 %, завод изготовил 23 тепловоза, 155 дизелей и дизель-генераторов, 5 электростанций, выпустил запасных частей на 350 млн рублей. Кроме того, представил заказчику, МПС РФ, свою новую продукцию - пассажирский магистральный тепловоз ТЭП70БС с энергоснабжением вагонов поезда. На базе тепловоза ТЭП70БС предполагается разработка грузового и грузопассажирского локомотивов.

В 2002 г. между МПС РФ и ОАО "Коломенский завод" подписано Соглашение о долгосрочном сотрудничестве, реализация которого до 2010 г. будет иметь определяющее значение, поскольку предприятия Министерства путей сообщения являются нашими основными заказчиками.

"Д": Насколько остра для предприятия кадровая проблема? Каков средний возраст работников предприятия в целом и его КБ в частности? Где осуществляется подготовка и переподготовка специалистов?

В.В.: Резкий спад производства на предприятии в 1990-1995 годах негативно отразился и на таких важных направлениях, как подготовка и развитие персонала. В тот период прекратила действовать государственная система распределения дипломированных специалистов, отсутствовала собственная база подготовки кадров.

На протяжении ряда лет не происходило естественной смены поколений заводских работников. В настоящее время проблема старения заводского коллектива сохраняется, хотя за последние два-три года отмечается приток молодежи. Средний возраст работников предприятия - 45 лет. В конструкторских подразделениях этот показатель еще выше.

В целях подготовки квалифицированных специалистов на предприятии возобновлена система активного сотрудничества с профильными высшими и средними учебными заведениями по нескольким направлениям. Предприятие заключает договоры на обучение специалистов по требуемым специальностям с ведущими ВУЗами страны, целенаправленно организует производственную практику студентов в подразделениях. Традиционно базовым ВУЗом подготовки дипломированных специалистов для ОАО "Коломенский завод" является Коломенский институт Московского государственного открытого университета. Мы сотрудничаем с МГТУ им. Баумана, Московским государственным университетом путей сообщения, Воронежским государственным техническим университетом, Брянским государственным техническим университетом и др.

Кроме того, на предприятии развита система "внутрифирменного" обучения. Реализуется программа повышения уровня профессиональной подготовки работников компании, в рамках которой обучение проводится как на территории предприятия с привлечением ведущих специалистов компании и преподавателей профильных ВУЗов, так и в специализированных образовательных учреждениях на обучающих семинарах.

Безусловно, реализация программ обучения и повышения квалификации персонала требует дополнительных финансовых средств, но развитие предприятия возможно только через развитие его работников, поэтому мы рассматриваем инвестиции в персонал как вклад компании в будущее завода, его конкурентоспособность на рынке.

"Д": Каким образом на предприятии осуществляется контроль качества продукции? Кто осуществляет сертификацию предприятия?

В.В.: В компании внедрена и функционирует система управления качеством продукции. Она охватывает все стадии жизненного цикла наших изделий: разработку, производство, эксплуатацию. Ведется систематическая работа по совершенствованию серийной продукции, направленная на повышение ее качества. Контроль качества производится в соответствии с требованиями технологических процессов, в т.ч. с применением



Судовой дизель 2Д42

методов неразрушающего контроля (гамма-рентгенодефектоскопия, УЗК, цветная дефектоскопия и т.д.). Технологические процессы предусматривают различные виды испытаний как отдельных деталей и узлов, так и изделий (дизелей и тепловозов) в целом. Испытания ведутся на совершенном оборудовании. Все испытательные стенды и приборы проходят периодическую аттестацию, в которой участвуют представители Госстандарта. Отдел Главного метролога компании имеет лицензию на право проведения калибровки средств измерений.

Компания проводит сервисное обслуживание выпускаемых изделий, ведет сбор информации с мест эксплуатации о надежности продукции.

Исходя из этих направлений, для регламентации работ по качеству разработаны и действуют более 70 стандартов предприятия (СТП), являющихся материально-правовой основой системы. Они охватывают все основные процессы менеджмента качества.

В результате проводимой работы по системе менеджмента качества вся продукция, выпускаемая серийно, имеет сертификаты соответствия. Получены сертификаты на 25 дизелей и дизель-генераторов в системе ГОСТ Р. Тепловоз ТЭП70 и его основные сборочные единицы сертифицированы в системе сертификации на федеральном железнодорожном транспорте (СС ФЖТ).

Сама система качества компании была сертифицирована в системе ГОСТ Р на соответствие требованиям международных стандартов ИСО'9000 версии 1994 г.

В июле 2002 г. наша система менеджмента качества получила новый сертификат соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (МС ИСО 9001-2000). Сертификацию проводил орган сертификации Госстандарта ААС "АСМ-НАМИ". Сертификат действителен до 22.07.2005 г.



Опытный образец нового пассажирского магистрального тепловоза ТЭП70БС



Дизель-генератор 2А-9ДГ-01

“Д”: Какова Ваша оценка эффективности акционирования машиностроительных предприятий России в целом и входящих в оборонный комплекс в частности. В чем на Ваш взгляд положительные и отрицательные моменты акционирования государственного предприятия “Коломенский тепловозостроительный завод имени В.В. Куйбышева”?

В.В.: В настоящее время в средствах массовой информации приводятся мнения, даются оценки “последствий” акционирования предприятий, порой прямо противоположные...

Я считаю, что акционирование машиностроительных предприятий России, которое было обусловлено кризисом плановой экономики, в целом эффективно. Это в равной степени относится и к предприятиям, входящим в оборонный комплекс. Кстати, сегодня в России свыше 60 тысяч только открытых акционерных обществ.

Преобразование государственных предприятий в акционерные общества стало одним из первых шагов в рыночную экономику во времена “перестройки”. Дальнейшая же судьба государственных предприятий, преобразованных в акционерные общества, зависела от многих причин, в том числе и от подготовленности руководителей предприятий к новым, рыночным условиям.

Предприятия, “выжившие” во время спада промышленного производства, обусловленного ликвидацией системы централизованного планирования производства, либерализацией цен и внешнеэкономической деятельности, существенно изменили облик реального сектора отечественной экономики. Так, в структуре производства промышленной продукции по отраслям в 2001 г. машиностроение и металлообработка заняли первое место - 19,8 % (для сравнения: цветная и черная металлургия - 16,5 %, топливная промышленность - 19,4 %, электроэнергетика - 10,3 %, пищевая промышленность - 14,3 %, другие отрасли - существенно меньше). Это свидетельствует о



Подводная лодка, оснащенная коломенскими дизелями

большом потенциале машиностроения и возможностях его выхода из кризиса.

Считаю, что руководство и комиссия по приватизации ГП “Коломенский тепловозостроительный завод имени В.В. Куйбышева” провели акционирование предприятия успешно. Отрицательным моментом акционирования явилось то обстоятельство, что на протяжении длительного периода (7 лет) крупный пакет акций (44,3 %) находился в федеральной собственности, что не способствовало привлечению инвестиций для развития ОАО “Коломенский завод”.

“Д”: Сохранилась ли сегодня необходимость привлечения иностранных инвестиций? Ваше мнение о целесообразности создания совместного предприятия ОАО “Коломенский завод” с зарубежными фирмами?

В.В.: Считаю необходимым привлечение инвестиций, в том числе и иностранных.

На протяжении длительного времени наше предприятие работало с убытком. Только в последние два года (2001-2002 гг.) появилась прибыль, причем финансово-экономические показатели за 2002 г. существенно выше показателей за 2001 г.

Эти результаты во многом оказались возможными благодаря кредитам и займам, которые в 2002 г. составили 12 % доходной части бюджета предприятия. Однако для обновления и реконструкции производства, разработки новой продукции необходимы дополнительные инвестиции.

Мы рассчитываем и на помощь государства, под эгидой которого в данный момент идет разработка Концепции национальной инновационной системы (НИС). Важнейшие цели Концепции - определение способов перевода российской экономики из “сырьевой” в инновационную, интенсификация экономического роста при помощи высоких технологий. Наше предприятие, на котором создается и производится новая техника, разрабатываются новые прогрессивные технологии, вполне вписывается в рамки этой Концепции.

Что касается создания совместного предприятия ОАО “Коломенский завод” с зарубежными фирмами, то мы не отвергаем и такую форму сотрудничества, главное - чтобы оно было выгодно для предприятия.

“Д”: Предполагается ли в ближайшее время разработка новых конструкций дизельных двигателей для железнодорожного или водного транспорта? Основные цели новых разработок? Целесообразность наличия у серийного завода своего конструкторского бюро? Есть ли необходимость приобретения лицензий на изготовление зарубежных конструкций?

В.В.: Основная цель новых разработок - повышение технико-экономических и экологических характеристик дизелей, удовлетворение технических требований конкретных заказчиков.

В ближайшее время завод должен создать тепловозные дизель-генераторы мощностью 2500 и 3500 кВт для перспективных магистральных тепловозов. Значительные изменения произошли в области судового дизельостроения. Мы работаем над рядом проектов дизелей мощностью 5200, 6000 и 10 000 л.с., а также дизель-редукторным агрегатом мощностью 5000 л.с. и дизель-дизельным агрегатом мощностью 12 000 л.с. для ВМФ России.

Коломенский завод в основном производит дизели по собственным проектам, разработанным конструкторами-дизелистами заводского КБ. Это позволяет оперативно решать проблемы, возникающие при доводке новых образцов и в процессе серийного производства.

Приобретение лицензий на изготовление зарубежных конструкций считаем нецелесообразным, поскольку в своем большинстве они не имеют преимуществ перед дизелями нашего завода, что подтверждается результатом тендера на железных дорогах Германии. Вместе с тем целесообразен контакт (вплоть до поставок образцов на опытные и серийные дизели) со специ-

ализированными фирмами, производящими отдельные узлы и детали по передовым технологиям - регуляторы, подшипники коленвала, поршневые кольца, самоочищающиеся фильтры, элементы топливной аппаратуры с электронным управлением, ТК, поршни и др.

“Д”: С какими заводами, научными и отраслевыми институтами взаимодействует Коломенский завод при создании и производстве двигателей?

В.В.: Работники завода в тесном сотрудничестве с заводами-смежниками - ОАО "Звезда", ОАО "Пенздизельмаш", ООО ППП "Дизельавтоматика", ОАО "Привод", ОАО "Орлекс" и др., а также с научно-исследовательскими организациями и ВУЗами, такими как МГТУ им. Баумана, ВНИИ ЖТ, ЦНИДИ, ВИАМ, ВНИИ НП, ГУП ВНИТИ МПС, ЛКИ, МГОУ, ФГУП ЦКБ МТ "Рубин", ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, ГУК ВМФ и рядом других ведут работы по дальнейшему совершенствованию дизелей в целях повышения технико-экономических параметров и удельных мощностных показателей, снижения эксплуатационных расходов, повышения межремонтных сроков, улучшения экологических показателей путем внедрения систем электронной топливоподачи, применения современных материалов, в том числе и моторных масел 4 и 5 поколений, а также прогрессивных техпроцессов.

“Д”: Какие новые технологии освоены на предприятии за последнее время?

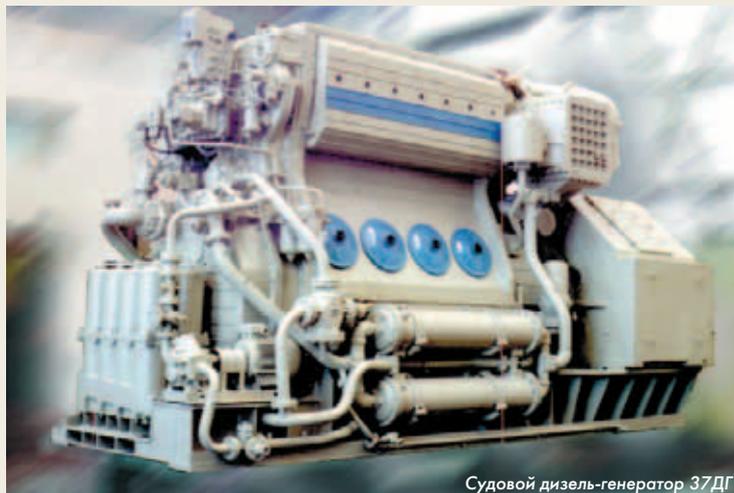
В.В.: В современных условиях конкуренция любых товаров на рынке в конечном итоге сводится к конкуренции применяемых технологий. Именно на технологическом уровне определяются возможности воплощения технических решений конструкторов, себестоимость продукции и ее потребительские качества.

На предприятии проводится реконструкция инженерной и конструкторской базы, внедряются "сквозные" технологии проектирования и изготовления, позволяющие избежать излишних затрат, выйти на качественно новый уровень. Проводится комплексная компьютеризация и внедряются информационные технологии, охватывающие все предприятие. На современном этапе развития науки сложно представить проектирование изделий и конструкций без САПР. В настоящее время в ОАО "Коломенский завод" проектирование новых объектов осуществляется с широким использованием персональных компьютеров, периферийной техники и современного программного обеспечения.

Технология обработки находится на достаточно высоком уровне и соответствует передовым достижениям мирового дизелестроения. Так, к технологическим новинкам можно отнести:

- расточку постелей под коленчатый вал в блоках цилиндров машин ЧН26/26 без последующей слесарной обработки на станках "Вальдрик-Кобург" (Германия) и "ИННОЧЕНТИ" (Италия);
- оптический метод контроля оси отверстий под коленчатый вал в блоках;
- глубинное шлифование зубчатого стыка шатунов на станках "Эльб-Шлиф" (Германия);
- обработку профиля кулаков на роботизированных комплексах фирмы "Бургсмюллер" (Германия);
- обработку коленвалов методом вихревого фрезерования;
- обработку блоков машин ЧН26/26 на многоцелевых станках "Вернер и Кольб" (Германия);
- контроль основных деталей дизелей и тепловозов с применением крупногабаритной трехкоординатной измерительной машины фирмы "Маузер" (Германия).

В перечне новых технологических процессов можно выделить внедрение технологии изготовления коренных и шатунных вкладышей дизельных двигателей размерности ЧН26/26 из биметаллической ленты фирмы "Глико", внедрение технологии изготовления втулок рычагов из бронзы методом холодного выдавливания из прутка. Кроме того, на предприятии внедрены



Судовой дизель-генератор 37ДГ

принципиально новые технологические процессы окончательной обработки деталей турбокомпрессоров, крышек и втулок цилиндров на многоцелевых обрабатывающих центрах фирм "Хермле" и "Трауб".

В сварочном производстве внедряются технологии плазменно-порошковой наплавки клапанов дизельных двигателей, применяются металлополимерные компаунды для образования неразъемных соединений и исправления дефектов черного и цветного литья.

В кузнечном производстве применяется технология горячей штамповки произвалов уникальным методом гибки с высадкой. Организовано производство пружин рессорного подвешивания методом горячей навивки.

В термическом производстве освоены процессы нормализации и улучшения заготовок, цементации и азотирования различного вида заготовок, термообработка поверхности зубьев ведущих шестерен локомотивов токами высокой частоты.

Для повышения срока службы лакокрасочного покрытия окраска опытного образца тепловоза ТЭП70БС внедрена по новой технологии фирмы DUPONT.

“Д”: Каким Вам видится предприятие в ближайшем будущем и в отдаленной перспективе?

В.В.: Без развития отечественного двигателестроения невозможно представить будущее России как ведущей промышленной и военной державы. Железнодорожный транспорт, военно-морской и торговый флот, малая и атомная энергетика - и это неполный список интересов нашей компании на ближайший период только в пределах РФ. А есть еще перспективные зарубежные контракты, подтверждающие высокие технико-экономические показатели и конкурентоспособность современных двигателей ОАО "Коломенский завод".

▲



Большегрузный самосвал БелАЗ 75215 с дизелем Коломенского завода

МАРШЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РАКЕТ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Центр Келдыша:

Михаил Куранов, начальник отдела, к.т.н.
Павел Курсков, главный специалист, к.т.н.

ФГУП "ГРЦ КБ им. акад. В.П. Макеева":

Михаил Обухов, начальник лаборатории, д.т.н.

Условия эксплуатации, прицеливания и старта, обеспечение безопасности экипажа и целостности носителя, другие особенности требуют использования дополнительных бортовых систем и обеспечения более высоких требований к маршевым двигателям БРПЛ по сравнению с МБР и тем более РН.

Например, вес только амортизационно-стартовой системы одного из отечественных комплексов превышает 5 % стартового, а требования по работоспособности в первые десять секунд работы двигателя первой ступени на порядок выше обычных.

Характеристики стратегического ракетного вооружения морского базирования России и США представлены в таблицах.

Как следует из приведенных данных, активная разработка БРПЛ длилась и в США, и в СССР немногим более 30 лет. За это время было принято на вооружение по 6-7 стратегических ракетных комплексов, в 7 раз увеличена дальность, в 2...3 раза возросла масса полезной нагрузки, радикально расширены функциональные возможности БРПЛ. Беспрецедентное по сравнению с другими видами техники наращивание возможностей БРПЛ потребовало совершенствования всех систем ракет и прежде всего их маршевых двигателей.

Все американские и часть советских БРПЛ оснащались РДТТ. За 1960-1990 гг. масса комплекта маршевых двигателей увеличилась в 3...4 раза, масса конструкции маршевых двигателей относительно веса топлива снизилась более чем в 2 раза, а внутрикамерное рабочее давление выросло более чем втрое. Это обес-

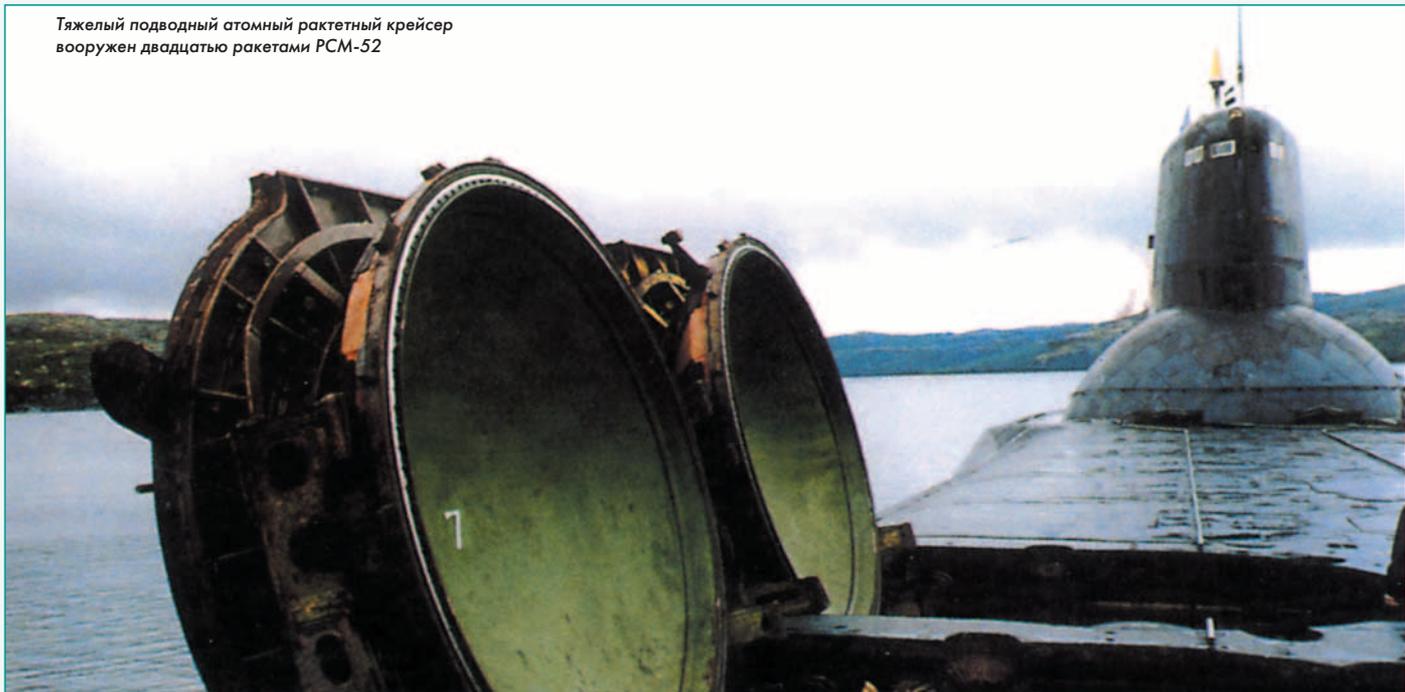
печивалось, прежде всего, путем создания и широкого применения новых композиционных конструкционных материалов с удельной прочностью, на порядок превышающей исходную, а также совершенствованием схемно-конструктивных решений. Удельный импульс тяги маршевых двигателей увеличен на 35...40 кгс·с/кг благодаря совершенствованию рецептур топлив, увеличению степеней расширения сопловых блоков, снижению потерь энергии в результате рационального выбора профиля сопла и органов управления вектором тяги.

Несмотря на более чем 10-летнюю задержку с началом разработки отечественных маршевых РДТТ, паритет по техническому уровню двигателей по сравнению с США был достигнут с завершением отработки двигателей изделия РСМ-52УПТХ к 1985-1990 гг. Уступая по массовому совершенству и удельному импульсу американским двигателям первых ступеней, отечественные двигатели третьих ступеней превосходят по этим показателям РДТТ разработки США.

Отечественными разработчиками созданы:

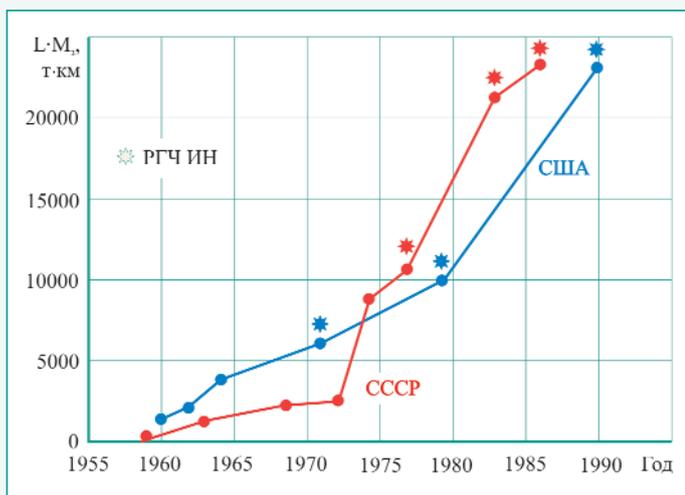
- маршевые двигатели боевых ракет большой массы и габаритов;
- сопла верхних ступеней изменяемой геометрии с большими степенями расширения;
- оригинальные и эффективные конструкции корпусов типа кокон;
- высокопрочное органоволокно для изготовления корпусов;
- высокоэнергетические рецептуры твердых ракетных топлив, не имеющие мировых аналогов.

Тяжелый подводный атомный ракетный крейсер
вооружен двадцатью ракетами РСМ-52



Основные тактико-технические характеристики БРПЛ России

Характеристика	P-13	P-21	PCM-25	PCM-40	PCM-50	PCM-52	PCM-54
Масса, т:							
- стартовая	13,6	19,7	14,2	33,3	35,3	84	40,3
- максимальная забрасываемая	1,6	1,2	0,65	1,1	1,65	2,55	2,8
Дальность, км	560	1420	2500 (3000)	7800	6500	8300	8300
Головная часть	МБ	МБ	МБ (РГЧ)	МБ	РГЧ ИН	РГЧ ИН	РГЧ ИН
Количество ступеней, шт	1		1	2	2	3	3
Длина ракеты, м	11,8	14,2	9,0	13,0	14,1	16	14,8
Диаметр ракеты, м	1,3	1,3	1,5	1,8	1,8	2,4	1,9
Топливо	Жидкое	Жидкое	Жидкое	Жидкое	Жидкое	Твёрдое	Жидкое
Год поступления на вооружение	1963	1968	1968 (1974)	1974	1977	1983	1986



Освоив лучший зарубежный опыт, разработав массу высокоэффективных решений, являющихся достойным вкладом в облик современных РДТТ, отечественные разработчики при достаточном финансировании и надлежащей организации работы показали возможность создания современных маршевых РДТТ, не уступающих лучшим зарубежным образцам.

Однако практически все отечественные БРПЛ созданы на базе ЖРД. На рисунке выше показана условная эффективность двигателей БРПЛ в виде произведения дальности и забрасываемой массы в зависимости от года принятия изделия на вооружение. По этому критерию и функциональным возможностям БРПЛ преимущество США ликвидировано к 1974 г.

При одинаковых функциональных возможностях и эффективности РСМ-54 и "Трайдент-2" (последние разработки БРПЛ) стартовая масса ракеты отечественной разработки более чем на 30 % меньше, чем у аналогичной конструкции разработки США. Это обусловлено прежде всего энергетическими преимуществами жидких топлив перед современными твердыми топливами. Следует, однако, отметить, что удвоение "эффективности" БРПЛ за последнее десятилетие их создания (1980-1990 гг.) достигнуто в СССР при увеличении стартовой массы менее чем

на 15 %, а в США - более чем на 85 %. Такого результата удалось достичь, прежде всего, благодаря радикальному изменению схемно-конструктивных решений маршевых ЖРД, включающих разработку утопленных в топливных баках ЖРД, созданию двигательных установок третьей ступени и головной части с общей баковой системой, применению топливных баков с общими днищами, созданию высокоэффективных алюминиево-магниевых сплавов, совершенствованию характеристик топлива. В целом отечественные маршевые ЖРД БРПЛ не имеют аналогов в мире, как по эффективности, так и по совершенству схемно-конструктивных решений.

В последние годы на базе отечественных БРПЛ создаются носители, способные выводить с борта подводной лодки на низкую орбиту спутники массой до 1 т. В США технология изготовления графитоэпоксидных корпусов "Трайдент-2" в условиях значительного сокращения объемов их производства используется при формировании корпусов стартовых ускорителей РН семейств "Дельта" и "Атлас".

Видимо, только расширение подобной деятельности позволит в будущем сохранить творческие и производственные коллективы, способные продолжить разработку отечественного стратегического ракетного вооружения. П



Контейнер с ракетой РСМ-52

Основные тактико-технические характеристики БРПЛ США

Характеристика	Поларис А-1	Поларис А-2	Поларис А-3	Посейдон	Трайдент-1	Трайдент-2
Масса, т:						
- стартовая	12,9	14,5	15,9	29,5	32	57,5
- максимальная забрасываемая	0,6	0,6...0,8	0,8	1,36	1,36	2,27
Дальность, км	2200	2800	4600	4600...5200	7400	6700...11 000
Головная часть	МБ	МБ	МБ (РГЧ)	РГЧ ИН	РГЧ ИН	РГЧ ИН
Количество ступеней, шт	2	2	2	2	3	3
Длина ракеты, м	8,7	9,45	9,85	10,36	10,36	13,95
Диаметр ракеты, м	1,37	1,37	1,37	1,88	1,88	2,1
Топливо	Твёрдое	твёрдое	твёрдое	твёрдое	твёрдое	твёрдое
Год поступления на вооружение	1960	1962	1964	1971	1979	1990

ПОСЛЕВОЕННЫЕ СОВЕТСКИЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ И ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Александр Маринин

В годы Великой Отечественной войны подтвердились достаточно высокие боевые качества советских подводных лодок. Однако силы и средства противолодочной обороны противника быстро совершенствовались, что потребовало значительного улучшения основных тактико-технических характеристик субмарин. Неудивительно, что еще в ходе боевых действий начались проработки подводных лодок новых типов, в конструкции которых проектировщики постарались учесть уроки, преподнесенные войной. Следовало также принять во внимание и сильные стороны новейших германских подлодок, вступивших в строй незадолго до окончания боевых действий на море.

Малые подлодки

В годы войны и после ее окончания в СССР продолжалась постройка малых дизель-электрических подводных лодок XV серии (проект 96). Головная лодка, спроектированная в ленинградском ЦКБ-18 (главный конструктор Ф.Ф. Полушкин), вошла в строй в 1943 г. В отличие от малых лодок предыдущих проектов она была полуторакорпусной и имела двухвальную силовую установку. Водоизмещение подлодки XV серии составляло около 280 т, в состав вооружения входили четыре носовых торпедных аппарата и одно 45-миллиметровое орудие.

В 1943-1953 гг. было построено 57 лодок этого типа. Большинство из них строилось на ленинградском заводе № 196. Из одиннадцати лодок, заложенных в Горьком, девять достраивались в Ленинграде, две - в Молотовске, причем одна из них не была закончена. Четыре лодки ленинградской постройки, спущенные на воду до войны, достраивались в годы войны в Астрахани на заводе № 638.

В 1944-1947 гг. разрабатывалась малая подводная лодка проекта 612 водоизмещением около 400 т с глубиной погружения 125 м, которую планировалось вооружить шестью 533-мм торпедными аппаратами (ЦКБ-18, главный конструктор Ф.Ф. Полушкин). В дальнейшем от постройки лодки отказались. Не получили развития проект 96М (модернизация лодки XV серии) и проект 622 малой подводной лодки водоизмещением около 460 т, разработанные ЦКБ-18 в 1951-1952 гг. (главный конструктор И.Б. Михайлов).

Все более поздние малые лодки создавались с так называемыми "единицами" двигателями, которые существенно улучшали тактико-технические характеристики лодок, особенно в отношении скорости и дальности плавания в подводном положении. Был разработан ряд принципиальных схем "единых" двигателей. Все эти схемы энергетических установок отработывались на стендах, а затем испытывались на подводных лодках.

Схема "РЕДО" ("Регенеративный единый двигатель особого назначения", конструктор С.А. Базилевский) была опробована на переоборудованной подводной лодке М-92, первоначально относившейся к XII серии. Принцип работы энергетической установки заключался в следующем:

- для движения под водой использовался дизель 38К-8, выхлопные газы которого очищались от механических примесей и влаги, а затем охлаждались;



Лодка проекта 613

- часть охлажденных выхлопных газов смешивалась с кислородом, хранившимся на подлодке в сосудах Дьюара, а затем подавалась во всасывающий патрубок дизеля;

- другая часть охлажденных газов отсасывалась компрессором и сжималась, причем углекислый газ превращался в жидкую углекислоту, периодически откачиваемую за борт, а остаток - в основном кислород - возвращался обратно в цикл.

Испытания М-92 проводились еще до войны, но не были закончены из-за ее начала. В послевоенный период лодку использовали для отработки других типов двигателей.

В ОТБ НКВД в предвоенный период под руководством А.С. Касациера и В.С. Дмитриевского был разработан проект 95 малой подлодки с единой энергетической установкой "ЕД-ХПИ" ("химический поглотитель известковый"). В установке Дмитриевского выхлопные газы дизеля подвергались нескольким видам обработки:

- охлаждению в конденсаторе с отделением механических примесей и водяных паров;

- взаимодействию с химическими реагентами с поглощением углекислого газа;

- повторному осушению;

- смешиванию с газифицированным кислородом с последующей подачей в дизельный отсек лодки.

Подлодку проекта 95 спустили на воду в Ленинграде в начале июня 1941 г., а после начала войны отбуксировали в Горький. Ходовые испытания закончились уже в послевоенный период. В 1946 г. корабль приняли в состав флота несмотря на то, что при испытаниях лодки в машинных отсеках неоднократно возникали пожары. В результате одного из них погиб главный конструктор энергетической установки. Но даже этот прискорбный факт не заставил командование ВМФ отказаться от идеи "единого" двигателя. Слишком заманчивые открывались перспективы.

В июле 1946 г. вышло специальное постановление Совета Министров СССР, придавшее новый импульс созданию подводных лодок с "единицами" двигателями. Одним из новых направлений стала разработка парогазовой турбинной установки (ПГТУ), предложенной немецким конструктором Вальтером. Установка работала на специальном легком топливе, которое сжигалось в парокислороде, получавшемся при разложении маловодной перекиси водорода. В годы Второй мировой войны немецкие специалисты планировали установить такой двигатель на подводной лодке серии XXVI водоизмещением около 700 т. Однако до окончания боевых действий ни одна лодка этого типа не была введена в строй.

В 1946 г. ленинградское ЦКБ-18 в предэскизном проекте 616 воспроизвело лодку XXVI серии. В 1947 г. на территории советской оккупационной зоны в Германии было создано специальное конструкторское бюро под руководством А.А. Антипина, которое занималось восстановлением технической документации по парогазовой турбинной установке. Одновременно было начато проектирование отечественной лодки с ПГТУ проекта 617 (СКБ-143 и ЦКБ-18, главный конструктор А.А. Антипин). Все оборудование, кроме ПГТУ, планировалось изготовить на отечественных заводах. По расчетам, лодка водоизмещением около 950 т могла поддерживать скорость подводного хода до 20 узлов в течение 6 часов.

Опытную подлодку заложили 5 февраля 1951 г. на ленинградском заводе № 196. Длительные испытания закончились лишь 20 марта 1956 г. В 1956-1959 г. лодка совершила 98 выходов в море, пройдя более 6800 миль, из них 315 - под ПГТУ. 17 мая 1959 г. на лодке произошла серьезная авария. При запуске ПГТУ на глубине 80 м в турбинном отсеке произошел взрыв. Лодка всплыла на поверхность и своим ходом пришла на базу. После откачки воды из отсека было установлено, что произошло разрушение клапана трубопровода из-за разложения перекиси от попавшей в клапан грязи.

После аварии лодку не восстанавливали, поскольку требовалось заменить значительную часть энергетической установки, которая считалась уже неперспективной в связи с появлением корабельных атомных реакторов. Одновременно с созданием подводной лодки проекта 617 предпринимались и другие попытки внедрить на лодках парогазотурбинную установку.

В конце 1946 г. началось проектирование опытной малой подводной лодки проекта 615 водоизмещением около 390 т, оснащенной "единым" двигателем, аналогичным по схеме двигателю лодки проекта 95 (ЦКБ-18, главный конструктор А.С. Кассациер). Постройку лодки начали 17 марта 1950 г. на заводе № 196. В 1953 г. она вступила в строй. По длительности плавания полной подводной скоростью и по дальности плавания экономической скоростью она значительно превосходила дизель-электрические подводные лодки, хотя во многом уступала им по условиям обитаемости.

После успешного завершения испытаний опытной лодки было принято решение о развертывании серийной постройки кораблей по усовершенствованному проекту А615. В 1955-1958 гг. на заводах № 196 и 194 построено 29 лодок этого типа. Но за высокую скорость и дальность плавания в подводном положении пришлось заплатить немалую цену. В процессе эксплуатации на лодках проекта А615 произошел ряд серьезных аварий. В 1957 г. две лодки погибли: одна на Черном, другая на Балтийском морях. Чтобы выяснить причины пожаров и взрывов одну из лодок проекта А615 переоборудовали в плавучий стенд. Как удалось установить, аварии возникали вследствие неучтенных особенностей энергетической установки и недостаточной подготовки личного состава, который с грустным юмором называл свои корабли "зажигалками".

Параллельно с лодкой проекта 615 в 1948-1953 гг. разрабатывался проект 618 (ЦКБ-18, главный конструктор А.А. Антипин) ма-

лой подводной лодки водоизмещением около 430 т, на которой планировалось применить "единый" двигатель с циклом "выхлоп в воду дизельный" (ВВД). Основным преимуществом цикла ВВД перед циклом ХПИ считалось отсутствие газофилтров с химическим поглотителем, занимавших в лодке значительные объемы и массу. Однако результаты испытаний показали, что этого преимущества недостаточно, поэтому работы по проекту 618 прекратили. Дальнейшим развитием малой подводной лодки с "единым" двигателем стал проект 630 (ЦКБ-18, главный конструктор А.С. Кассациер), на котором были полностью учтены замечания комиссии по приемке лодки проекта 615. Технический проект лодки водоизмещением около 490 т разработан в 1955 г., однако и он не был реализован.

В связи с высокой пожароопасностью силовой установки лодки проекта А615 в ЦНИИ-45 в середине 50-х годов создали стендовую энергетическую установку, работавшую по газокислородному замкнутому циклу и значительно опережавшую другие отечественные и зарубежные разработки. Однако с широким внедрением атомной энергетики работы по ее созданию были остановлены.

Существенным недостатком подводных лодок с "единым" двигателем, использовавшим жидкий кислород в качестве окислителя, была большая испаряемость кислорода, что препятствовало применению двигателя на средних и больших подводных лодках, имевших значительную автономность. Для того чтобы устранить этот недостаток, в проекте 637 малой лодки водоизмещением 425 т предусматривалось использовать "единый" двигатель, работавший на надперекиси натрия (ЦКБ-18, главный конструктор А.С. Кассациер). Технический проект лодки был разработан в 1954-1955 гг. Позднее по проекту 637 была переоборудована одна из недостроенных лодок проекта А615. Корабль спустили на воду 30 июля 1959 г., но так и не достроили. В мае 1960 г. работы по проекту 637 прекратили несмотря на то, что готовность лодки составляла к этому времени около 95%. Недостроенную подлодку перевезли на территорию Военно-морского училища в Пушкине, где она использовалась в учебных целях. Несколько ранее, в 1958 г., ЦКБ-18 разработало предэскизный проект 660 малой лодки с двигателем на надперекиси натрия, однако и эта разработка продолжения не получила.

В начале пятидесятых годов прошлого века велись научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы еще по одному направлению создания "единого" двигателя для подводных лодок. Оно

Основные тактико-технические характеристики послевоенных советских подводных лодок

Характеристика	Большие ПЛ		Средние ПЛ		Малые ПЛ		
	Пр. 611	Пр. 641	Пр. 613	Пр. 633	Пр. 95	Пр. 96	Пр. А615
Водоизмещение надводное, т	1830	1950	1050	1330	102	280	406
Длина наибольшая, м	90,5	91,3	76,0	76,6	37,3	49,5	56,8
Ширина наибольшая, м	7,5	7,5	6,3	6,7	3,3	4,4	4,5
Глубина погружения, м:							
рабочая	170	250	170	240	50	60	100
предельная	200	280	200	300	60	70	120
Мощность силовой установки, л.с.:							
для надводного хода	3x2000	3x2000	2x2000	2x2000	2x900	2x600	2x700
для подводного хода	2x1350 1x2700	2x1350 1x2700	2x1350	2x1350	(ХПИ)	2x218	1x900 (ХПИ)
Скорость наибольшая, узлов:							
надводная	17	16,8	18,3	15,5	23	15,5	16,1
подводная	15	15	13,1	13	14,5	7,9	15
Скорость экономическая, узлов:							
надводная	9,2	8,1	10	10	14	8	8,3
подводная	2,1	2	2	2	4	2,9	3,5
Дальность плавания с экономической скоростью, мили:							
надводная	22 000	30 000	8530	9500	900	4500	3150
подводная	443	400	353	350	350	85	410
Вооружение:							
533-мм торпедные аппараты	10	10	6	8	2	4	4
общее число торпед	22	22	12	14	2	4	4
артиллерия	1xИ-57 1xИ-25	-	1xИ-57 1xИ-25	-	1x45	1x45	2xИ-45

основано на сжигании так называемого металлического топлива - порошкообразного алюминия и др. Как и другие, это направление не получило развития в основном из-за разворачивания в этот период работ по атомной энергетике, а также в связи с отказом ВМФ от дальнейшего развития класса малых торпедных подводных лодок.

Средние и большие подлодки

После окончания войны в состав отечественного флота вошло несколько трофейных немецких океанских подводных лодок VII и XXI серий, а также малая подводная лодка XXIII серии. Большие подводные лодки XXI серии считались наиболее совершенными в германском флоте, на них впервые был внедрен ряд технических новинок. В послевоенный период лодки XXI серии послужили объектом для подражания не только в нашей стране, но и США, Англии и Франции. Какие же свойства германских подлодок оказались революционными? Пожалуй, главными особенностями этих кораблей стала мощная силовая установка для подводного хода и особая форма корпуса, оптимизированная преимущественно для плавания под водой.

Лодка оснащалась двумя гребными электродвигателями мощностью по 2300 л.с., обеспечившими ей максимальную скорость 17,5 узлов в подводном положении (на 2 узла больше, чем в надводном положении). Общая масса аккумуляторных батарей была увеличена втрое по сравнению с лодкой-предшественницей IX серии и достигла 225 т, что составило 14 % от надводного водоизмещения. Кроме того, емкость каждого из аккумуляторов удалось увеличить на 18...24 %, поэтому в подводном положении экономическая скорость хода лодки была доведена до 6 узлов (у "обычных" лодок - 2...3 узла), а дальность плавания без подзарядки батарей до 300 миль (в 1,5...2 раза больше по сравнению с оппонентами). Лодки XXI серии получили выдвижные устройства, обеспечивавшие работу дизелей под водой на перископной глубине (так называемый "шнорхель"); правда, при этом скорость хода ограничивалась всего 5 узлами, зато дальность плавания в таком положении увеличивалась до нескольких тысяч миль.

Одна из немецких лодок XXI серии в процессе боевой подготовки не всплывала в течение месяца и, таким образом, продемонстрировала качества истинной подводной, а не "ныряющей" лодки. Другая германская подлодка, получив 11 мая 1945 г. приказ о капитуляции, не подчинилась ему. Вместо этого лодка погрузилась и затем в течение 66 суток непрерывно шла под "шнорхелем". Беглянке удалось остаться незамеченной для многочисленных кораблей союзников, бороздивших Атлантику, и прийти в один из аргентинских портов, где ее экипаж сдался местным властям.

Большое внимание немецкими конструкторами уделялось гидродинамическим качествам корпуса корабля. Форма корпуса обеспечивала малое сопротивление в подводном положении и хорошие надводные мореходные качества. Покрытие легкого корпуса слоем резины придавало ей, как сказали бы теперь, "стелс"-каче-

ства. При движении под водой со скоростью 5,5 узлов на так называемых "электродвигателях подкрадывания" ее шумность была меньше, чем у американских подлодок на самом малом ходу (меньше 2 узлов). Имелись у лодки XXI серии и другие достоинства.

Неудивительно, что после войны в ленинградском ЦКБ-18 был разработан проект 614, предусматривавший достройку захваченных на германских верфях лодок XXI серии. Дальнейшего развития проект не получил, но позволил глубоко изучить наиболее интересные конструктивные решения немецких разработчиков. Определенный интерес в изучении опыта зарубежного подводного кораблестроения представляли и английские подводные лодки типа "Урсула", которые временно находились в составе советского Северного флота и получили буквенную литеру "В".

Помимо опыта войны на технический уровень послевоенных проектов советских подводных лодок оказали влияние рост экономического потенциала страны, развитие науки и техники. Благодаря применению новых сталей СХЛ-4 и МС-1 с пределом текучести 40 кг/мм² вдвое возросла глубина погружения отечественных лодок, а новая электроэнергетика позволила увеличить в 1,5 раза скорость подводного хода и в 2,5 раза дальность плавания экономической скоростью под водой.

Старые дизели по удельной мощности, экономичности, массогабаритным и другим характеристикам не удовлетворяли возросшим требованиям, поэтому для послевоенных средних и больших лодок были созданы новые, более совершенные дизели 37Д мощностью 2000 л.с. Важной особенностью энергетических установок, способствовавшей значительному повышению тактических качеств лодок в целом, стало оснащение их отечественным вариантом "шнорхеля", позволившим дизелям работать под водой при движении лодки на перископной глубине.

До 1948 г. проектированием подводных лодок в нашей стране занималось лишь ленинградское ЦКБ-18. В связи с разворачиванием работ по созданию подводных лодок с энергетическими установками принципиально новых типов в 1948 г. там же, в Ленинграде было создано специальное проектное бюро СКБ-143. В 1953 г., когда после смерти И.В. Сталина прекратились работы по созданию тяжелых крейсеров и линкоров, на проектирование подводных лодок с новым ракетным вооружением переориентировали ЦКБ-16. В том же году статус самостоятельной организации получила часть КБ завода № 112 в Горьком, которая стала именоваться СКБ-112.

Первой послевоенной подводной лодкой нового типа стала средняя лодка проекта 613 водоизмещением 1050 т, вооруженная шестью торпедными аппаратами (ЦКБ-18, главный конструктор В.Н. Перегудов, затем последовательно Я.Е. Евграфов и З.А. Дерибин). Подлодка представляла собой логическое продолжение проекта средней подводной лодки, разрабатывавшегося в 1942-1944 гг., но оставшегося нереализованным. На его базе с учетом изучения материалов по трофейным лодкам в 1946-1947 гг. проект

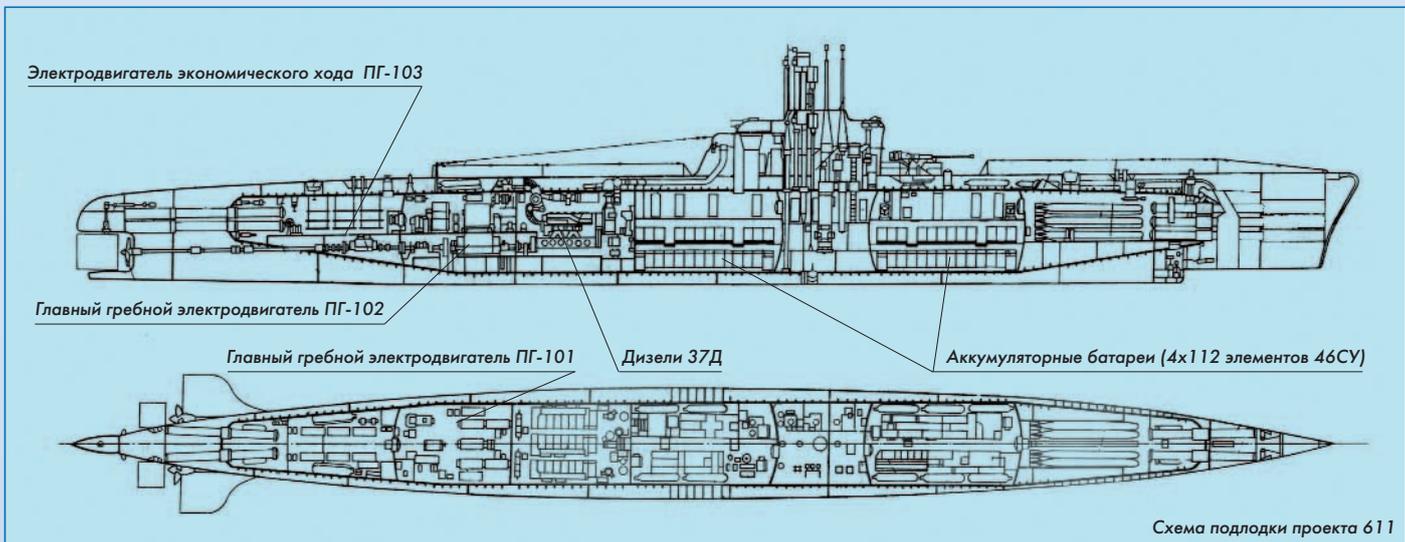
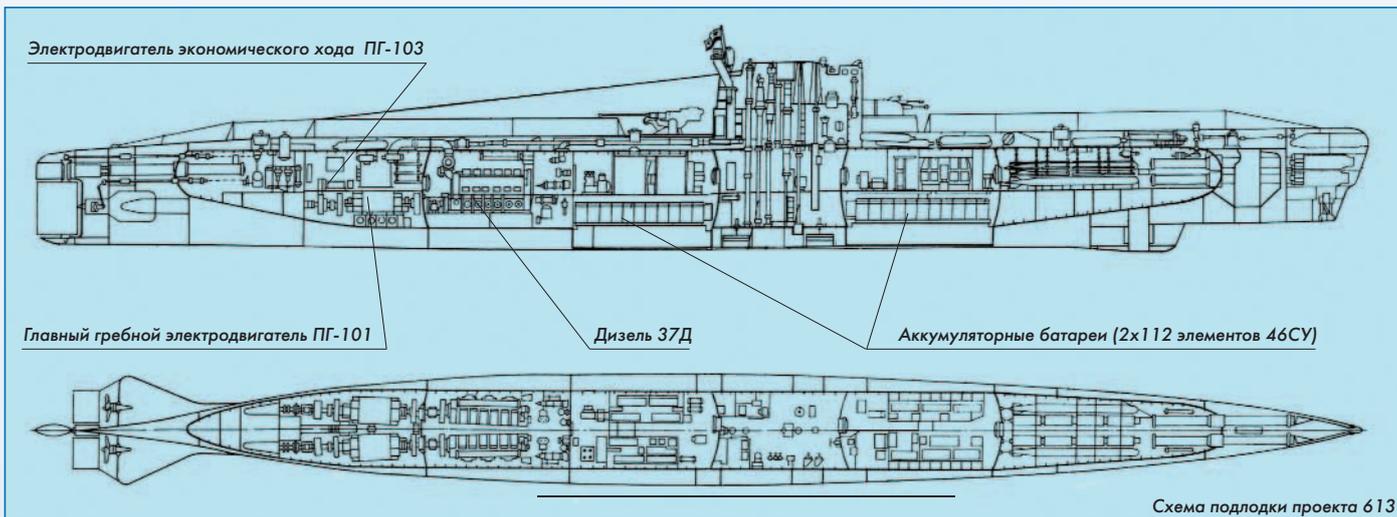


Схема подлодки проекта 611



был существенно переработан, а в 1948 г. предприятия отрасли приступили к подготовке производства для постройки большой серии подлодок по этому проекту.

Многие из важных технических решений, определивших облик этого корабля и его существенные отличия от лодок предыдущих проектов, нашли широкое применение в последующих проектах дизель-электрических подводных лодок. По сравнению с довоенными такая лодка имела более высокие ходовые качества в подводном положении, вдвое увеличенную глубину погружения и более совершенные вооружение и оборудование. На подводной лодке проекта 613 широко применялась амортизация механизмов и маложумные гребные винты, спроектированные специалистами ЦНИИ-45 с учетом немецкого опыта. Закладка головной лодки состоялась 13 марта 1950 г. на заводе № 112 в Горьком, а уже 2 декабря 1951 г. корабль был передан флоту.

Строительство серии из 215 подводных лодок осуществлялось на четырех заводах: № 112 в Горьком, № 444 в Николаеве, № 189 в Ленинграде и № 199 в Комсомольске-на-Амуре. Это была самая большая программа в истории отечественного подводного кораблестроения, превысившая по объему всю программу строительства подводных лодок, реализованную судостроительными предприятиями страны в период между двумя мировыми войнами. Больше половины лодок указанного типа было построено в Горьком, где сдача кораблей порой доходила до трех единиц в месяц.

Около 40 подводных лодок проекта 613 были переданы ВМС Индонезии, Египта, Польши, Албании, КНДР, Сирии и Болгарии. В 1954 г. техническую документацию для их постройки Советский Союз предоставил Китаю. По условиям договора первые три лодки должны были перевозиться из СССР в разобранном виде, а последующие - строиться в КНР, причем СССР поставлял для них сталь, вооружение и оборудование.

Несколько лодок проекта 613 переоборудовали в носители ракетного оружия и для отработки новых конструкций и опытных образцов вооружения. Эти работы, а также модернизация лодок по основному назначению продолжались практически все годы их пребывания в составе флота. В частности, в 1962 г. в Горьком была модернизирована лодка для проверки возможности увеличения автономности до 45 суток (проект 613В). Позднее заводы ВМФ и минсудпрома провели серийную модернизацию подводных лодок по этому проекту (26 единиц). С одной из лодок проекта 613 (тактический номер С-144) 10 октября 1957 г. на Новоземельском полигоне был произведен боевой пуск первой отечественной торпеды Т-5 с ядерным зарядом. Позднее одна из лодок проекта 613 затонула в результате столкновения.

Параллельно с созданием средних подводных лодок проекта 613 возобновилось строительство больших лодок. В 1947-1948 гг. был разработан проект 611 большой торпедной подводной лодки водоизмещением около 1830 т, вооруженной 10 торпедными аппаратами (ЦКБ-18, главный конструктор С.А. Егоров). Головная лодка была заложена 10 января 1951 г. на заводе № 196 в Ленинграде. Начавшиеся в том же году испытания из-за многочисленных дефектов и аварий затянулись, и лодка была передана флоту лишь 31 декабря 1953 г. Первоначально постройку кораблей этого типа осуществляли только в Ленинграде, где были начаты работы на 13 лодках, из которых флоту передали восемь единиц. Кроме того, одна недостроенная лодка была отбуксирована в Молотовск и переоборудована для испытаний первых отечественных баллистических ракет.

Туда же передали задел по четырем лодкам. В Молотовске в 1956-1958 гг. построили еще 13 больших торпедных подводных лодок проекта 611. Они оказались первыми подлодками, полностью построенными на заводе № 402, впоследствии превратившемся в

Постройка подводных лодок в СССР в 1945-1958 годах

Год	Номер серии (проекта) лодки									Всего
	IXбис	Xбис	95	611	613	617	XV (96)	615	A615	
1945	3	1	-	-	-	-	-	-	-	4
1946	2	1	1	-	-	-	-	-	-	4
1947	2	-	-	-	-	-	7	-	-	9
1948	3	-	-	-	-	-	6	-	-	9
1949	-	-	-	-	-	-	11	-	-	11
1950	-	-	-	-	-	-	11	-	-	11
1951	-	-	-	-	1	-	8	-	-	9
1952	-	-	-	-	9	-	9	-	-	18
1953	-	-	-	2	30	-	1	1	-	34
1954	-	-	-	4	44	-	-	-	-	48
1955	-	-	-	2	67	-	-	-	5	74
1956	-	-	-	7	49	1	-	-	13	70
1957	-	-	-	5	14	-	-	-	8	27
1958	-	-	-	1	1	-	-	-	3	5
Итого	10	2	1	21	215	1	53	1	29	333



Лодка проекта 641

крупнейший в мире центр подводного кораблестроения и ныне известном как "Северное машиностроительное предприятие". Еще четыре лодки были вооружены в ходе достройки баллистическими ракетами. Аналогичные работы проводились во Владивостоке на одной из торпедных лодок проекта 611, ранее построенной в Ленинграде. В результате из 30 заложенных лодок этого типа в торпедном варианте была завершена только 21.

Многие технические решения, использованные в проекте 611, основывались на более раннем опыте разработки средней подводной лодки проекта 613. В частности, лодка также имела вдвое большую глубину погружения, чем предшественницы - "катушки". Необходимо отметить, что, стремясь получить возможно меньшее водоизмещение, проектанты чрезмерно стеснили помещения и оборудование лодок обоих проектов. Разрабатывались и проекты улучшения характеристик лодки по основному назначению (проекты А611 и 611М). В 1950 г. с целью повышения подводной скорости был разработан предэскизный проект 611бис, предусматривавший размещение парогазотурбинной установки мощностью 6500 л.с. на средней линии вала подводной лодки проекта 611 по типу немецкой лодки XXVI серии. Однако этот вариант не получил дальнейшего развития, так как испытания ПГТУ к этому времени еще не были закончены.

Следующей попыткой модернизации большой подводной лодки стал эскизный проект 631, разработанный в 1954 г. В нем вновь возвратились к идее использования парогазотурбинной установки в качестве форсажной для подводного хода. Максимальную подводную скорость лодки водоизмещением около 2550 т планировалось довести до 20 узлов. Однако из-за трудностей, выявившихся в процессе испытаний малой лодки проекта 617, этот вариант также не получил продолжения.

Практически одновременно был разработан предэскизный проект 635 двухвальной лодки с ПГТУ. Наибольшую скорость лодки водоизмещением около 1660 т планировалось довести до 22 узлов. В процессе разработки выявилась несовместимость элементов такой лодки, и в 1956-1958 годах разработаны эскизный и технический проекты подводной лодки водоизмещением около 1860 т (проект 643).

Все работы по перечисленным подлодкам проводились в ЦКБ-18 под руководством С.Н. Ковалева. Однако и проект 643 не получил продолжения. Проектирование подводных лодок с парогазотурбинной установкой было прекращено. Полученный опыт разработки и эксплуатации турбинных установок на подлодках был использован при создании паротурбинных установок атомных субмарин.

В 1956 г. в развитие проекта 611 был разработан проект 641 большой дизельной подводной лодки водоизмещением около 2000 т (ЦКБ-18, главный конструктор С.А. Егоров). По сравнению с предшественницей эта подлодка могла погрузиться на 80 м глубже (применена новая марка стали), а ее максимальная дальность плавания была доведена до 30 000 миль. Силовая установка подлодки проекта 641 была такой же, как у проекта 611.

Головной корабль заложили 3 октября 1957 г. и передали флоту в конце 1958 г. Впоследствии на ленинградском заводе № 196

построили еще 57 серийных лодок проекта 641 с улучшенными тактико-техническими элементами.

В развитие проекта 613 в горьковском СКБ-112 в 1954 г. началось проектирование улучшенной средней подводной лодки проекта 633 (главные конструкторы З.А. Дерибин, А.И. Ноаров). Лодка обладала вдвое большей автономностью и в полтора раза большей глубиной погружения по сравнению с "шестисот тринадцатями". Головную лодку построили в Горьком в 1957-1959 гг., а затем заложили еще 20 серийных кораблей. Часть лодок проекта 633 впоследствии передали Египту, Сирии и Болгарии. Техническую документацию на постройку лодки этого типа получил Китай, который строил подобные корабли для собственных нужд и на экспорт.

Корабль проекта 633 стал последним типом средней дизельной подлодки, строившимся для отечественного флота. После 1962 г. в СССР велась постройка только больших дизельных торпедных лодок.

Десант из-под воды?

На подводные лодки в те годы возлагались главным образом уничтожение кораблей и судов противника и постановка минных заграждений. Но уже со времен Первой мировой войны лодкам приходилось выполнять и другие специальные задачи: перевозить грузы, высаживать разведывательные и диверсионные группы и т. п. Большинство подводных лодок для этого имело ограниченные возможности, что обусловило интерес к созданию лодок специального назначения различных типов.

В ходе Второй мировой войны появилась идея создания подводных лодок для доставки первых бросков десанта. В 1948 г. в ЦКБ-18 начали разрабатывать предэскизный проект 621 десантно-транспортной подводной лодки для скрытной перевозки десанта с боевой техникой и обеспечением. Многокорпусная лодка водоизмещением около 5850 т предназначалась для высадки 745 человек десанта, 10 танков Т-34, трех самолетов Ла-5, 14 орудий и других грузов. Лодку планировалось оснастить артиллерийским вооружением, реактивными установками для поддержки десанта и катапультной для запуска самолетов. Рассматривались несколько вариантов энергетической установки, включая ПГТУ. В 1952-1953 годах ЦКБ-18 разрабатывало также предэскизный проект 626 дизель-электрической десантно-транспортной лодки для действий в арктических морях. Лодка водоизмещением около 3480 т предназначалась для перевозки четырех танков, 165 человек десанта или 330 т топлива. В тот же период СКБ-112 разрабатывало проект переоборудования средней торпедной подводной лодки (проект 613Б) для заправки топливом гидросамолетов типа Бе-10. Ни одна из этих проработок не была реализована. В 1954-1958 гг. в ЦКБ-18 и ЦКБ-16 (главный конструктор Я.Е. Евграфов) создавался подводный минный заградитель проекта 632 водоизмещением около 3200 т, на котором планировалось разместить от 56 до 112 мин. Проект постигла та же судьба, что и предыдущие.

Середина пятидесятых годов прошлого столетия явилась периодом наиболее массового строительства подводных лодок в нашей стране. Годовая программа сдачи доходила до 74 единиц, т.е. каждые пять дней флот получал новую лодку. В 1956 г. две лодки проекта 613 под командованием В.Н. Поникаровского и В.П. Милованова вышли в центральную часть Тихого океана, продемонстрировав советский флаг в районе атолла Мидуэй. В следующем году подлодка проекта 611, входившая в состав Тихоокеанского флота, пересекла экватор. После этого настал черед сверхдальних переходов: лодки проекта 611 из состава Северного флота миновали Африку, прошли Индийским океаном, затем обогнули с юга Австралию и прибыли во Владивосток, затратив на весь путь 150 суток. Ветераны вспоминали, что при плавании в тропиках температура воздуха в отсеках не опускалась ниже 48...50 °С. Выяснилось, что вблизи экватора температура забортной воды на глубине 100 м составляет 35 °С! Экипажам лодок пришлось несладко, но они выдержали все испытания и продемонстрировали растущую мощь советского ВМФ. А на стапелях судостроительных заводов уже закладывались подлодки новых типов - ракетносные, с атомными энергетическими установками...

Высокие технологии XXI века

С 21 по 25 апреля 2003 г. в Москве проходил IV Международный форум "Высокие технологии XXI века". Организационный комитет Форума возглавили мэр Москвы Ю.М. Лужков и министр промышленности, науки и технологий И.И. Клебанов.

Организаторами Форума 2003 г. являлись: Комитет города Москвы по развитию оборонно-промышленного комплекса, Институт экономики и комплексных проблем связи, Российский фонд развития высоких технологий, Московская торгово-промышленная палата, Министерство промышленности, науки и технологий РФ, Правительство Московской области, Московская ассоциация предпринимателей.

В подготовке и проведении Форума активно участвовали: Минатом, Министерство иностранных дел, Министерство обороны, Российское авиационно-космическое агентство, Российское агентство по системам управления, Российское агентство по судостроению, Российское агентство по боеприпасам, Российское агентство по обычному вооружению, Госстандарт России, Российская Академия наук, Департамент поддержки и развития малого предпринимательства города Москвы.



Процедура открытия Форума

Особое внимание при подготовке и проведении Форума было уделено активизации и укреплению межгосударственных и межрегиональных связей, привлечению в российское высокотехнологическое производство потенциальных инвесторов, а также вопросам внедрения в реальный сектор экономики России наиболее интересных и эффективных проектов и разработок.

Основные мероприятия Форума:

- Международная выставка "Высокие технологии XXI века - 2003".
- Международная конференция, включающая семь основных секций.
- Научно-практические семинары и "круглые столы".
- Презентации инвестиционных проектов и передовых технологий.

Форум 2003 г. значительно расширил свои масштабы по сравнению с 2002 г.

В выставке "Высокие технологии XXI века - 2003" приняли участие 440 предприятий и организаций (в 2002 г. - 388) из 32 регионов России, пяти областей Украины, пяти областей Беларуси, а также из Литвы и Германии. Общая площадь экспозиции выставки составила 3000 м² (в 2002 г. - 2600 м²).

На выставке было продемонстрировано более 5000 экспонатов. Наиболее полно в экспозиции выставки представлены направления:

- авиационная и космическая техника и технология;
- химия и новые материалы (переработка, синтез);
- технология машиностроения, металлообработка;
- медицинская техника, лекарственные препараты;
- системы и средства телекоммуникации, радиолокация;

- научно-исследовательская аппаратура и приборостроение;
- продукция бытового назначения.

В ходе работы выставки ее участниками было проведено 1795 переговоров, заключено 360 соглашений и договоров, выказан интерес к закупке 5179 образцов продукции.

В течение пяти дней работы выставки ее посетили более 45 000 человек, причем более 35 000 из них составили специалисты.

Всего же в этом году приглашение участвовать в Форуме приняли представители деловых кругов из 13 стран ближнего и дальнего зарубежья, в т.ч. Германии, Индии, Китая, США, Франции, Швеции, Эстонии, Узбекистана, Алжира и др. В заседаниях Международной конференции приняли участие представители Венгрии, США, Организации Объединённых Наций.

Международную конференцию Форума объединяла идея формирования и реализации стратегии инновационного развития. Эта тема была предметом дискуссии на пленарном заседании Форума ("Стратегия инновационного развития - государство, корпорации, наука"). При этом основное внимание было уделено деятельности крупных корпораций, разрабатывающих и производящих наукоемкую продукцию. На конференции Форума рассматривались наиболее актуальные проблемы российского высокотехнологического комплекса, обсуждались конкретные направления развития наукоемкого производства.

На секционных заседаниях Форума были заслушаны доклады по проблемам повышения конкурентоспособности продукции российских предприятий, а также состоялись "круглые столы" по темам: "Сотрудничество в области высоких технологий со странами СНГ", "Развитие системы обеспечения единства измерений, сертификации продукции и систем качества на предприятиях оборонно-промышленного комплекса". Были проведены научно-практические семинары: "Новые материалы", "Нанотехнологии", "Лазерные технологии".

По итогам работы лауреатам IV Международного форума "Высокие технологии XXI века" были вручены почётные награды:

Золотая статуэтка "Святой Георгий":

- ФГУП "ММП" "Салют" за разработку, изготовление и поставку широкой номенклатуры авиационного и энергетического оборудования.

Серебряная статуэтка "Святой Георгий":

- Городской государственной администрации Киева за организацию коллективного стенда;
- ОАО "Мотор Сич" за производство и авторское сопровождение модификации авиационных двигателей.

Бронзовая статуэтка "Святой Георгий":

- Ивановскому заводу тяжёлого станкостроения за разработку и изготовление комплекта оборудования "ИС 800-Глобус" для производства моноколес авиационных двигателей;
- Министерству промышленности Республики Беларусь за организацию коллективного стенда;
- НИИ трансплантологии и искусственных органов Минздрава РФ за применение в медико-биологическом эксперименте нового искусственного сердца.

Кроме этого почётными медалями Форума были награждены 50 предприятий и организаций, в том числе: Институт машиноведения РАН, Киевский радиозавод, "Технопарк" (Зеленоград), "Экранас" (Паневежис, Литовская республика), ГНЦ РФ "ВИАМ", ГНПЦ им. М.В. Хруничева, ГНПК точного машиностроения "Планар" (Республика Беларусь), ОАО "ВИЛС", ОАО "Корпорация "Фазотрон-НИИР" и др.

Анализ итогов Форума показывает возрастающий интерес российских и зарубежных потребителей к высокотехнологичной продукции, что формирует благоприятный инвестиционный климат и, как следствие, является значительным поддерживающим фактором отечественного товаропроизводителя. 

НОВЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

ОАО "ММП им. В.В. Чернышева":

Александр Пайкин, главный инженер

Александр Белов, заместитель главного инженера

Борис Файнерман, начальник бюро диагностики двигателей

Среди многочисленных факторов, влияющих на безопасность полетов воздушных судов, одними из наиболее важных являются параметры атмосферы на рабочих местах экипажей и в отсеках, где размещаются пассажиры. Наддув, вентиляция и обогрев герметичных кабин и пассажирских салонов осуществляется воздухом, отбираемым от одной из ступеней компрессора газотурбинного двигателя (например, от пятой или седьмой). При разработке систем обеспечения жизнедеятельности экипажа и пассажиров следует учитывать возможность загрязнения отбираемого на нужды системы кондиционирования воздуха такими токсичными веществами, как пары и продукты разложения масла, применяемого для данного типа двигателя.

Загрязнение воздуха продуктами термического разложения масел происходит, главным образом, в компрессоре газотурбинного двигателя (ГТД) вследствие недостаточной надежности радиально-контактных графитовых уплотнений масляных полостей опор роторов компрессора, находящихся перед местом отбора воздуха в систему кондиционирования воздуха (СКВ). При попадании масла в газоздушный тракт двигателя в результате совместного воздействия высоких температур и давления в "горячей зоне" происходит термоокислительный процесс разложения масла, сопровождающийся образованием различных газообразных и жидких химических соединений, оказывающих вредное воздействие на организм человека. Полный перечень этих веществ представлен в методических указаниях МУ 1.1.258-99.

Состав продуктов разложения масла ВНИИП-50-1-4ф (основа диоктилсебацат) при температуре 300 °С		
Компонент	Доля в составе продуктов разложения, %	Предельно допустимая концентрация по ГОСТ 12.1.005, мг/м ³
Масло (основа)	79,5	2
Формальдегид	0,6	0,5
Ацетон	0,3	200
Акролеин	0,5	0,2
Фенол	0,8	0,3
Бензол	0,2	5
Толуол	0,5	50
Оксид углерода	3,0	20

Исследования показали, что на состав вредных примесей рецептура масла влияет слабо, больше её влияние сказывается на величине порога "взрывного" разложения масла, который для большинства авиационных смазочных масел составляет (250...300) °С.

Наиболее токсичными компонентами парогазоаэрозольной смеси являются оксид углерода, кетоны, альдегиды и ароматические углеводороды.

Следует заметить, что по содержанию загрязнений в воздухе, отбираемом на нужды СКВ, можно косвенно контролировать надежность работы масляных уплотнений. Работы выполняются в два этапа: от соответствующей ступени компрессора при работе ГТД на различных режимах отбираются пробы воздуха, а затем производится их анализ по соответствующей методике с целью определения содержания вредных примесей.

При стендовых испытаниях двигателя чистота отбираемого от компрессора воздуха оценивается по количественным показателям, характеризующим содержание основных загрязнителей: паров топлива, паров и аэрозолей масла, трикрезилфосфата (ТКФ), окиси углерода, формальдегида, акролеина бензола, толуола и кетонов. Важно отметить, что непосредственное измерение концентраций загрязнителей должно производиться с минимальными погрешностями на всех этапах измерений.

Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) каждого из этих вредных химических веществ в атмосфере воздушных судов

жестко нормируются целым рядом государственных и ведомственных документов (ГОСТ 12.1.005, НЛГ, АП-23, АП-25, АП-29, СанПиН 2.5.1.051-96 и др.).

Многие авиационные моторостроительные предприятия используют методики отбора и анализа проб воздуха, в соответствии с которыми предусмотрен отбор проб в стеклянные колбы, заполненные поглотителем (силикагелем), путем прокачки воздуха в течение десяти-пятнадцати минут работы двигателя (на каждом режиме отбора) через две последовательно соединенные колбы емкостью 20...30 л каждая. Для обеспечения этих работ испытательный стенд ГТД должен быть оборудован специальными трубопроводами для отбора проб воздуха от компрессора с охлаждением их до температуры 15...20 °С. Определение содержания вредных примесей в полученных пробах производится колориметрическим методом с применением специальной аппаратуры (фотоколориметров, спектрофотометров и др.) и различных реактивов. Расчет численных значений концентраций загрязнителей производится вручную.

Погрешность указанного метода составляет более 30%. Кроме того, он не позволяет производить отбор проб во время необходимых в опытно-производстве испытаний двигателя на переменных и переходных режимах (при проверке приемистости и сбросе оборотов, запуске и останове). Дополнительные искажения в значения истинного содержания масла в отобранной пробе вносит масляный конденсат, образующийся в длинных (более 30 м) трубопроводах, протяженность которых зависит от планировки испытательного стенда (продольного или поперечного расположения оси двигателя относительно кабины наблюдения). Отбор и анализ проб занимает длительное время. Серьезнейшим недостатком методики является невозможность автоматизации процесса и создания компьютерной базы полученных результатов.

Для исключения отмеченных выше недостатков применяемых в настоящее время методик ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" совместно с ЛИИ им. М.М. Громова в 1996-1999 гг. разработали систему отбора проб (СОП) и Методические указания МУ 1.1.258-99 "Двигатели газотурбинные авиационные. Порядок отбора и газохроматографического анализа проб воздуха из компрессора двигателя при стендовых испытаниях". Методические указания распространяются на основные и вспомогательные газотурбинные двигатели как гражданской, так и военной авиации, аттестованы Госстандартом РФ (свидетельство об аттестации МВИ № 62-99 от 13 апреля 1999 г.).

Предлагаемый аналитический комплекс включает в себя:

- стенд для отбора проб воздуха с пультом управления и концентраторами, заполненными специальным сорбентом;
- набор разделительных колонок для определения всей гаммы вредных веществ, содержащихся в отобранных пробах;
- программное обеспечение сбора и обработки хроматографических данных,
- устройство сопряжения с компьютером;
- методику поверки хроматографического комплекса.

Стенд отбора проб (рис. 1) представляет собой панель, на которой установлены 15 пробоотборников 17, 19 электромагнитных клапанов (ЭМК) 19, четыре емкости 24, 25 объемом около 1 л каждая, четыре датчика 26 для измерения разрежения в емкостях, четыре приемника температуры 28 для измерения температуры воздуха в емкостях, диффузор 10, соединительные трубопроводы 15, 18, 27 и коллекторы 20, 21, 22, 23, 29. Жиклеры 13, установленные в штуцерах головок 12, в процессе отбора проб обеспечивают постоянную продувку воздухом трубопроводов, воздухозаборника 11 и самих головок, таким образом препятствуя образованию масляного конденсата. Панель устанавливается непосредственно около двигателя на расстоянии не более 3...4 м от места отбора воздуха для системы кондиционирования воздуха и соединяется металлорукавом 9 с диффузором 10 СОП. Металлорукав подсоединяется к переходнику 4 стеновой системы отбора воздуха на СКВ. В пробоотборники устанавливаются адсорбционные пакеты с размещенными внутри концентраторами. В концентраторах с маркировкой "М" в качестве сорбента используется мелонированный силохром, а с маркировкой "СО" - молекулярные сита NaY, активированные серебром.

Отобранный от компрессора ГТД, а также на входе в двигатель воздух в объеме 500...1000 см³ продувается через адсорбционные пакеты, при этом вредные примеси, содержащиеся в воздухе, задерживаются концентраторами.

По результатам газохроматографического анализа отобранной пробы определяется степень загрязнения воздуха продуктами термоокислительного разложения масел двигательного происхождения. Количество загрязнителей в пробах воздуха, отбираемого от компрессора ГТД, оценивается и сравнивается с значениями предельно допустимых концентраций для данных химических веществ. Полный перечень вредных примесей, рекомендуемый для оценки чистоты воздуха, и их ПДК, представлены в МУ 1.1.258-99.

СОП позволяет производить отбор проб на любых трех режимах работы ГТД: например, на малом газе (земной малый газ), крейсерском режиме (максимально продолжительный), максимальном (взлетный) или форсированном, на режимах оценки приемистости, а также на переменных режимах запуска и останова двигателя.

Отбор проб производится в темпе технологических операций испытания ГТД (обычно на режимной наработке, в то время, когда не определяются параметры двигателя).

Вкратце опишем порядок работы СОП. После запуска двигателя и установления заданной температуры масла на входе и выходе из масляной системы производится отбор проб с открытым краном 7 стеновой системы отбора

воздуха на имитатор СКВ. Шайба 3 обеспечивает расход воздуха на нужды СКВ, заданный конструкторской документацией.

При помощи стенового вакуумного насоса 31 в емкостях 1, 2, 3, 4 создается разрежение в диапазоне 80...90 кПа (0,8...0,9 кгс/см²). При одновременном включении ЭМК № 1, 4, 7, 10 через концентраторы в пробоотборниках 1, 4, 7, 10 под воздействием перепада давления воздуха за соответствующей ступенью компрессора и разрежения в емкостях прокачивается около 1 л воздуха. При этом через пробоотборник № 1 отбирается проба для анализа содержания паров топлива, паров и аэрозоля масла, ТКФ, а через пробоотборник № 7 - проба на содержание окиси углерода. Для определения фоновых значений содержания этих загрязнителей пробы отбираются из гребенки 33, установленной на входе в двигатель, через пробоотборники № 4 и № 10, соответственно. Без изменения режима работы ГТД повторно вакуумируется емкость № 4 и производится отбор пробы при включенном ЭМК № 13 для анализа содержания ароматических углеводородов и альдегидов. Аналогичным образом производится отбор проб на других режимах. На втором из исследуемых режимов после вакуумирования емкостей 1, 2, 3, 4 для анализа, например, содержания ароматических углеводородов и альдегидов включаются ЭМК № 2, 5, 8, 11 и № 14, а для аналогичного анализа на следующем режиме (также после вакуумирования тех же емкостей) задействуются ЭМК № 3, 6, 9, 12 и № 15.

Управление ЭМК осуществляется выключателями, которые смонтированы на дистанционном пульте управления СО, расположенном в кабине наблюдения и соединенном электрическим кабелем с панелью СОП. ЭМК запитываются напряжением 27 В постоянного тока. На пульте расположены четыре вольтметра, при помощи которых измеряется разрежение в каждой емкости. В последующем их показания переводятся в единицы измерения давления при компьютерной обработке полученных значений параметров.

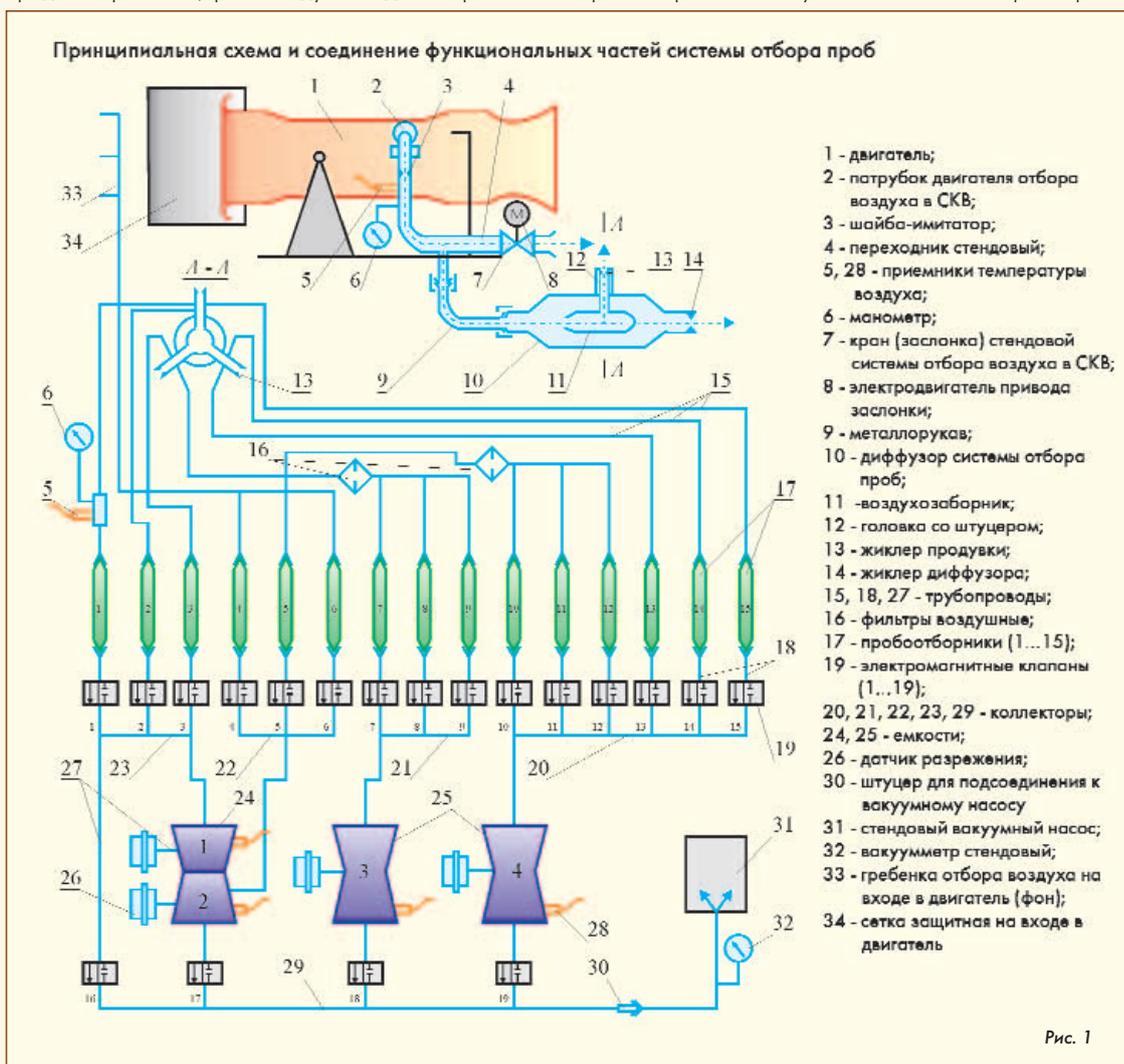
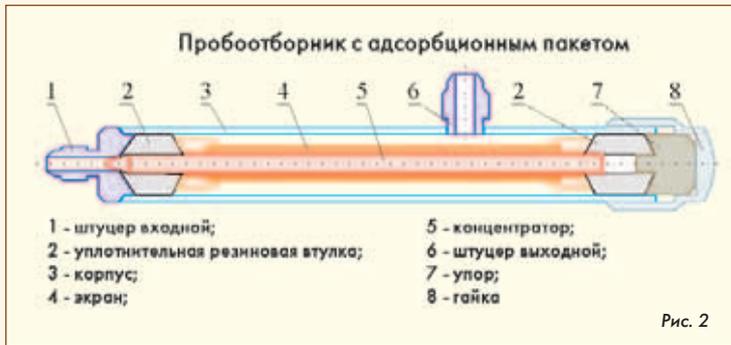


Рис. 1



В процессе отбора проб в протокол отбора заносятся начальные и конечные показания приборов измерения разрежения и температур в каждой емкости.

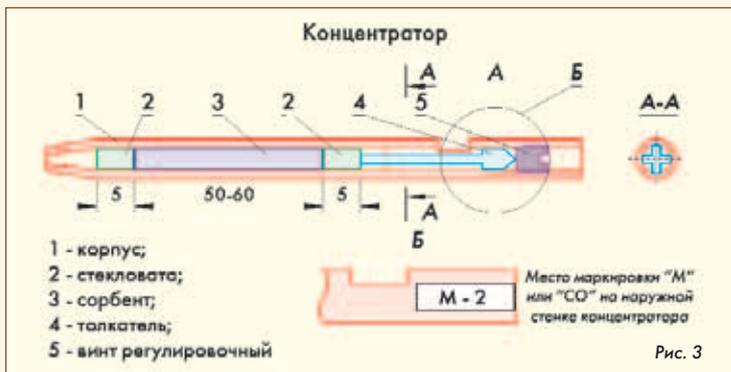
Время отбора проб зависит от плотности набивки сорбента в концентраторах, давления за ступенью компрессора и величины разрежения в емкостях. Например, для отбора проб через пробоотборники 1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 15 это время составляет не более 3...4 мин, а для пробоотборников 4, 5, 6, 10, 11, 12 - 5...7 мин. При отборе фоновых проб прокачка воздуха через концентраторы 4, 5, 6, 10, 11, 12 производится только под воздействием разрежения.

После останова двигателя адсорбционные пакеты извлекаются из пробоотборников, укладываются в транспортировочную тару и направляются в газохроматографическую лабораторию. В пробоотборники устанавливаются свежие адсорбционные пакеты с активированными концентраторами, и система вновь может использоваться для отбора проб.

Состояние измерительных систем СОП контролируется путем тарировки электрических датчиков измерения разрежения и приемников температуры воздуха в емкостях. Метрологическая аттестация системы отбора проб (определение рабочих объемов ее вакуумируемых частей) производится службой метролога один раз после окончательной сборки панели системы и при замене трубопроводов или емкости.

При использовании компьютера для автоматизации процессов стендовых испытаний авиационного двигателя используется специальная программа, управляющая срабатыванием ЭМК в заданное время и на заданном режиме работы ГТД. Кроме того, компьютерная программа обеспечивает вакуумирование емкостей системы отбора проб в необходимый момент и фиксирует величины разрежения и давления с использованием более точных датчиков (с последующим приведением параметров отбора проб к нормальным атмосферным условиям).

Анализ отобранных проб воздуха на содержание вредных примесей проводится с использованием газовых хроматографов (типа ЦВЕТ-800, 3700, КРИСТАЛЛ, ХРОМ5, ЛХМ-80, ЛХМ-8МД, ХЬЮЛЕТТ-ПАККАРД, ВАРИАН и др.), снабженные детекторами ионизации пламени (ДИП) и детектором по теплопроводности (ДТП). Хроматограф с ДИП оснащен разделительной колонкой, заполненной смесью 5% метилсиликонового масла OV-101 с инертным носителем, и предназначен для разделения паров топлива, паров масла (синтетического и минерального) и ТКФ. Разделительная колонка второго хроматографа с ДИП заполнена полимерным сорбентом типа хромосорб 101 или 102, данный прибор используется



для разделения альдегидов, ароматических углеводородов и кетон. Наконец, третий хроматограф с ДТП предназначен для разделения окиси углерода, а его разделительная колонка заполнена молекулярными ситами СаА. Все три хроматографа подключены к компьютеру с помощью четырехканального устройства сопряжения, преобразующего аналоговый сигнал от каждого детектора в цифровой код и передающего его в компьютер.

Обработка информации в компьютере производится при помощи специализированного Windows-приложения "ПолиХром" - универсальной компьютерной системы сбора и обработки данных хроматографического анализа, идентификации и количественной интерпретации хроматографической информации.

"ПолиХром" разработан НПФ "ИнфоХром-99" (Москва) и поставляется потребителям вместе с устройством сопряжения, руководством пользователя и комплектом документов для метрологической аттестации системы. Программное обеспечение "ПолиХром" специально адаптировано НПФ "ИнфоХром-99" совместно с ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" и Московским энергетическим институтом для решения задач хроматографии в авиационной отрасли. Система "ПолиХром" представляет собой программно-аппаратный комплекс, включающий в себя:

- IBM совместимый компьютер, работающий в операционной среде MS Windows;
- устройство сопряжения хроматографа с компьютером;
- программы сбора и обработки хроматографической информации;
- программы специализированных расчетов;
- банк данных хроматограмм, методов и результатов обработки.

Сочетание универсальной программы сбора и обработки хроматографических данных и программ специализированных расчетов позволяет автоматизировать процессы анализа проб воздуха и формализовать выдачу сообщения о соответствии полученных концентраций вредных веществ допустимым нормам.

Компьютерная обработка данных анализа отобранных проб воздуха включает в себя следующие этапы:

- сбор данных от хроматографа;
- запись хроматограмм в архив на жесткий диск компьютера;
- разметку хроматограмм в соответствии со специальным алгоритмом;
- определение параметров пика;
- идентификацию веществ;
- составление отчета или протокола обработки;

Сбор данных от хроматографа может проводиться как по отдельным измерительным каналам (детекторам), так и по всем трем каналам (с задействованием трех детекторов) одновременно. Запись хроматограмм в архивный файл на жесткий диск (или дискету) может производиться как автоматически, так и по команде пользователя после приема хроматограммы. Разметка хроматограмм осуществляется с применением заранее настроенного алгоритма поиска пиков и заранее выбранных директив разметки. Определение параметров пика производится по результатам разметки и включает в себя вычисление времени удерживания, площади пика (или суммы площадей пиков), высоты, ширины и асимметрии каждого пика. Идентификация вредных веществ в анализируемых пробах выполняется по значениям времени удерживания, заданным в градуировочной таблице. Отчет о выполненной обработке составляется по результатам обработки каждой хроматограммы и содержит компонентный состав пробы, информативные параметры пиков, подробные данные о методе и аппаратуре, использованной при анализе.

Собственно процедура анализа проб заключается в следующем: три концентратора с пробами воздуха, отобранными, например, на режиме малого газа, через пробоотборники № 1, 7, 13, устанавливаются в испарители трех хроматографов. При температуре испарителя 300 °С проба воздуха из концентратора № 1 в газообразном состоянии под давлением газа-носителя (обычно гелия) переносится в разделительную колонку, где происходит непосредственно разделение пробы на составляющие ком-

пONENTы при программном нагреве колонок от 50 до 300 °С. Программируемый нагрев устанавливается в темпе 6 °С/мин, а время анализа - 40 мин для определения паров топлива, масла и ТКФ на одном хроматографе. На другом хроматографе проба анализируется на содержание альдегидов и ароматических углеводородов (концентратор № 13) при времени анализа 20 мин и программируемом нагреве колонки от 50 до 250 °С. Температура детектора первого хроматографа устанавливается 300 °С, второго - 250 °С. На третьем хроматографе анализируется проба на содержание окиси углерода (концентратор № 7) при температуре испарителя и детектора 250 °С, постоянной температуре колонок 70 °С и времени анализа 7 мин. При переносе разделенных компонентов газом-носителем из колонок в детектор происходит разбалансирование электрической схемы детектора, и сигнал от детектора через устройство сопряжения поступает в компьютер. На экран монитора в трех окнах системы "ПолиХром" выводятся хроматограммы с базовыми линиями сигнала детектора и пиками при наличии анализируемых веществ. После завершения первой серии измерений концентраторы извлекаются из испарителей и устанавливается следующая группа концентраторов № 2, 8, 14 для следующего режима работы испытываемого ГТД (например, крейсерского режима), после чего процедура анализа проб повторяется при указанных параметрах нагрева блоков хроматографов. Затем проводится анализ с концентраторами № 3, 9, 15 для третьего (например, взлетного) режима отбора. Наконец, анализ повторяется: с концентраторами № 4, 5, 6 - на содержание паров топлива, масла и ТКФ в фоновых пробах на указанных выше режимах отбора и с концентраторами № 10, 11, 12 - на содержание окиси углерода в фоновых пробах. Таким образом, при анализе 15 проб воздуха из соответствующих концентраторов система отбора проб "ПолиХром" записывает в компьютер 15 хроматограмм, определяя (после соответствующей обработки) наличие вредных примесей как в пробах, отобранных из компрессора ГТД, так и в фоновых пробах. Основным параметром, получаемым в результате обработки хроматограмм, является площадь пика, пропорциональная концентрации вредного вещества.

Система "ПолиХром" формирует файлы, содержащие информацию о площади пиков для каждого режима отбора, и передает их в программу "АВИАХРОМ" для расчета концентраций, сравнения полученных значений концентраций вредных веществ с нормами ПДК и выдачи заключения о соответствии полученных значений нормам ПДК для данного типа ГТД и применяемого смазочного масла. Программа "АВИАХРОМ" также разработа-

на ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" и представляет собой базу данных, в которую могут заноситься и там сохраняться такие параметры, как дата отбора пробы, тип ГТД, марка масла, вид испытания, номер системы отбора проб, данные градуировок измерительного тракта СОП и т.д., а также данные, необходимые для обеспечения заданных условий и требований, приведенных в МУ1.1.258-99 для расчета концентраций вредных веществ. Программа "АВИАХРОМ" поставляется в виде самостоятельного устанавливаемого на компьютер Windows-приложения.

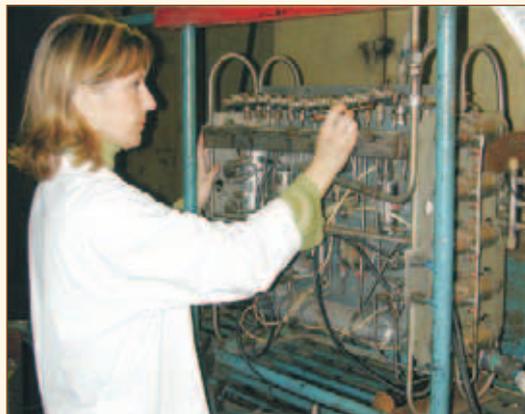
Применение описанного выше комплекса из системы отбора проб, газовых хроматографов, аттестованных контрольных смесей, компьютера, программно-аппаратных систем "ПолиХром" и "АВИАХРОМ" обеспечивает суммарную погрешность измерения концентраций вредных веществ не более 20 %. Дальнейшее снижение погрешности измерения концентраций возможно путем внедрения более совершенных датчиков измерения разрежения и температуры, имеющих погрешность в пределах 0,5...0,25 %, а также повышения стабильности характеристик газовых хроматографов.

В процессе эксплуатации системы измерения концентраций должна проводиться периодическая поверка хроматографов, применяемых в составе хроматографической измерительной системы типа "ПолиХром" (ХИС "ПолиХром"). Поверка хроматографического комплекса проводится по методике МИ-2629-2000, разработанной ОАО "ММП им. В.В. Чернышева" совместно с НПФ "ИНФОХРОМ-99" и утвержденной Всероссийским научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС) Госстандарта РФ. МИ-2629-2000 определяет методику периодической поверки хроматографов в комплексе с применяемыми при реализации данных измерений средствами (заполненные колонки, поверочные смеси и др.). В соответствии с МУ1.1.258-99, являющихся нормативной документацией на методики выполнения измерений по ГОСТ Р 8.563-96, поверку хроматографов в составе ХИС выполняют только в целях определения погрешности результатов измерений.

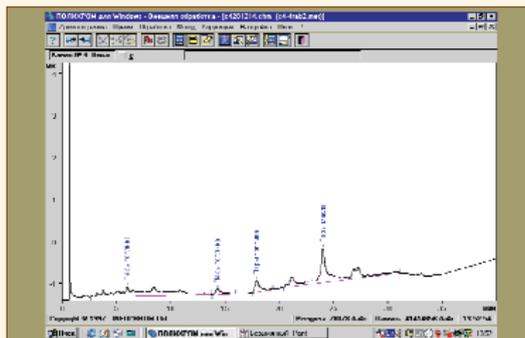
В заключение следует отметить, что применение описанного выше инструментально-программного комплекса отбора и газохроматографического анализа проб воздуха, используемого сис-

темами кондиционирования воздуха, позволяет обеспечить:

- объективность контроля чистоты воздуха;
- высокую производительность;
- оптимизацию процесса контроля данных, получаемых при анализе проб;
- оперативность сбора и обработки большого объема аналитической информации.



Установка адсорбционного пакета в пробоотборник системы отбора проб



Образец хроматограммы, полученной при анализе пробы воздуха на содержание паров топлива, паров и аэрозоля



Дистанционный переносной пульт управления системой отбора проб воздуха



Обработка хроматограмм на компьютере в системе "ПолиХром"

О БЕССТАРТЕРНОМ ЗАПУСКЕ ГТУ И ГТД



ФГУП "КБ Химавтоматики":

Владимир Рачук, генеральный конструктор -
генеральный директор

Владимир Иванов, заместитель генерального конструктора
Анатолий Сухов, заместитель главного конструктора

ООО "Тюментрансгаз":

Павел Завальный,
генеральный директор

ГК "Космос-Нефть-Газ":

Иван Лачугин, председатель
Совета директоров

Александр Шевцов, генеральный директор

Тел./Факс: (0732) 77-07-72

Федеральной целевой программой "Национальная технологическая база" на 2002-2006 гг. предусмотрено совершенствование газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей (ГТД). Одним из путей совершенствования конструкции нового поколения этих машин может стать применение системы запуска без использования стартера. Это позволит исключить кинематическую связь высокооборотного ротора турбокомпрессора с пневмо- или электростартером, что будет способствовать повышению надежности и увеличению ресурса. Такой способ запуска может быть использован в первую очередь для энергоустановок наземного применения (электростанции, насосные и компрессорные станции, автотранспорт и т.п.), созданных на базе авиационных двигателей.

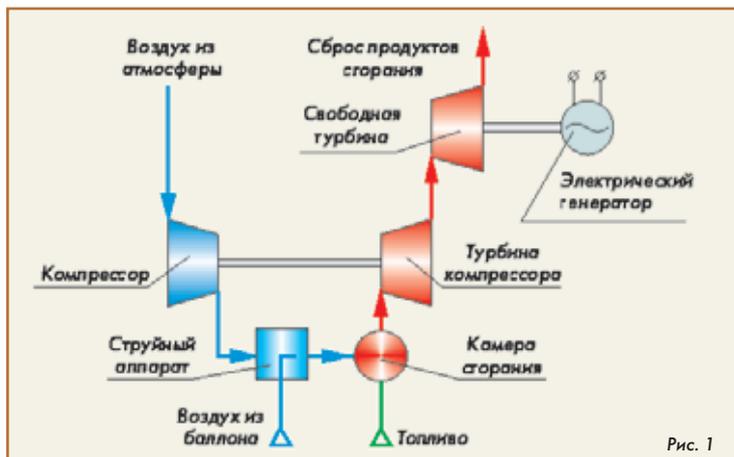
Бесстартерный запуск может представлять интерес и применительно к некоторым другим двигателям, например, ГТД с двумя турбокомпрессорами (газогенераторами), которые работают на одну свободную турбину, подключенную к нагрузке.

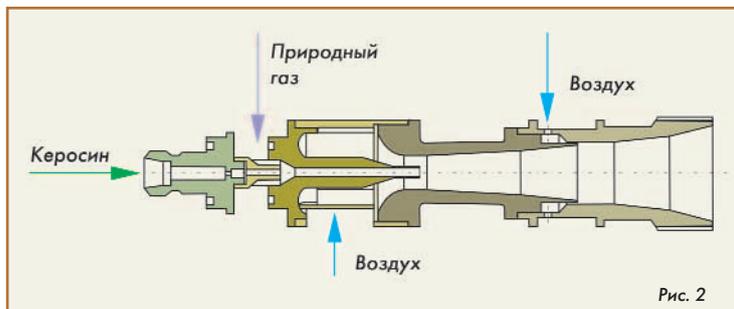
Сущность бесстартерного способа запуска ГТУ и ГТД в отличие от классического, предусматривающего раскрутку вала двигателя с помощью какого-либо привода, заключается в следующем. От баллона подается воздух в камеру сгорания через струйный аппарат (типа эжекторного устройства), установленный на участке между компрессором и камерой сгорания (рис. 1). В камере сгорания создается небольшое избыточное давление. Затем подается необходимое количество топли-

ва и производится его поджиг. Ротор турбокомпрессора начинает вращаться сразу после начала подачи воздуха, а вслед за воспламенением топливозвоздушной смеси частота его вращения увеличивается. Далее расход топлива повышают, температура в камере сгорания растет, частота вращения ротора турбокомпрессора увеличивается, и при заданной величине температуры ГТУ (ГТД) выходит на режим "малый газ".

В процессе отработки и практической проверки реализуемости бесстартерного запуска ГТУ (ГТД) были найдены способы решения следующих проблем.

1. Организация процесса горения топлива при очень низких давлениях и малых расходах топлива потребовала создания новых смесительных элементов и изменения схемы распределения топлива по смесительным элементам. Первая задача была решена путем использования форсунок-горелок соплового типа (рис. 2), а вторая - внедрением двухколлекторного подвода топлива (на этапе запуска топливо подводилось к четырем форсункам, а на переходном режиме подключались еще восемь форсунок). Следует обратить внимание на то, что подключение дополнительных форсунок оказалось непростой задачей, ведь топливо отбиралось от работающих форсунок, которые вследствие этого могли создать обедненную зону устойчивого горения. Кроме того, к первоначально неработающим форсункам топливо неизбежно подавалось с некото-





сора в момент подачи топлива составляла 2500 об/мин., а после подачи топлива и начала процесса горения в камере - 5000 об/мин. Переход от пусковых смесительных элементов к основному производился при частоте вращения ротора, составляющей 11 500...12 000 об/мин. Испытания демонстрационного образца завершились с положительными результатами.

рым запаздыванием. Это обстоятельство приводило к срыву пламени в камере сгорания, и ГТУ не запускалась. Для преодоления указанной проблемы в качестве топлива был применен природный газ. При этом часть топлива заблаговременно перепускалась из пускового коллектора в основной для предварительного его заполнения. Осуществляется поиск оптимального решения для ГТУ, в которых в качестве горючего используется керосин.

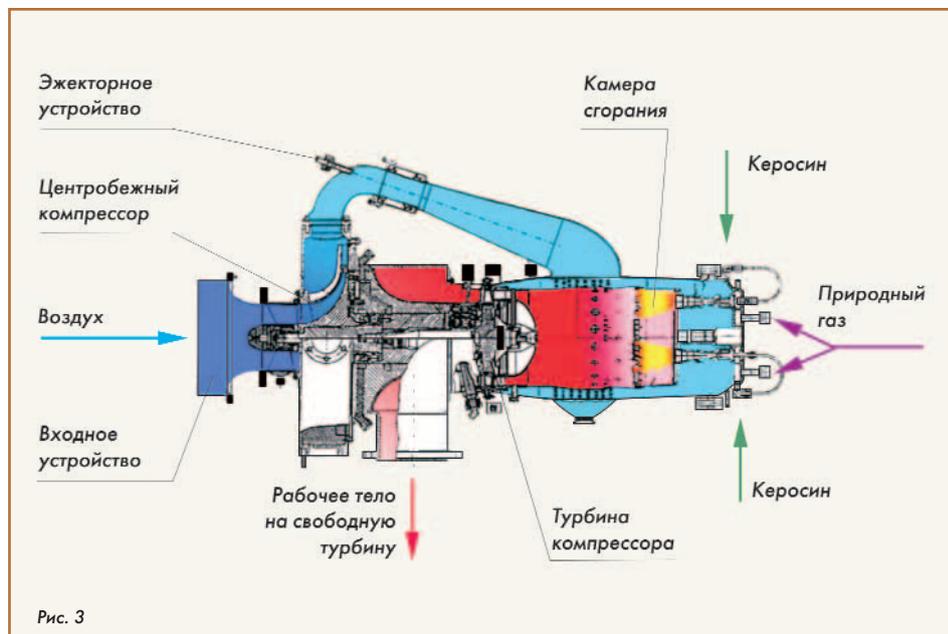
2. Подача воздуха на участке между компрессором и камерой сгорания удачно и оригинально решена только для выносной камеры сгорания, причем удалось обеспечить достаточную эффективность струйного аппарата без его профилировки.

Выполненные расчеты свидетельствуют, что для достижения высокого к.п.д. эжектора (с целью уменьшения расхода воздуха от внешнего источника) необходимо уменьшать проходное сечение воздушной магистрали, соединяющей полости компрессора и камеры сгорания, однако для газотурбинного привода это недопустимо из-за увеличения гидравлического сопротивления.

3. Особые требования предъявляются к масляному и топливному (если газотурбинный привод работает на жидком топливе) насосам, ведь оба устройства должны функционировать до начала раскрутки ротора. Можно предложить два способа задействования масляного насоса: либо с применением электропривода, работающего от собственного или внешнего источника, либо с помощью воздушной турбины, рабочее тело в которую вначале подается от системы запуска, а затем - от собственного компрессора. Привод топливного насоса может осуществляться аналогично, причем если для этой цели будет использован электропривод, то последний целесообразно выполнить с переменной частотой вращения (для изменения расхода топлива по заданной программе).

Кроме того, для наземных установок не исключается применение вытеснительной системы подачи, когда наддув топливного бака воздухом осуществляется от собственного компрессора. Для уменьшения потребного давления впрыска топлива в камере сгорания могут быть применены сопловые форсунки.

4. Непростой задачей оказалось определение потребных величин расхода и давления воздуха, которые должны обеспечиваться внешним источником, в зависимости от мощности энергоустановки (влияние масштабного фактора). В первом приближении на демонстрационном образце, созданном на базе авиационного двигателя ГТД-350, эти параметры были выбраны применительно к баллону с воздухом давлением 0,6...0,7 МПа из условия достижения давления в камере сгорания 0,0015...0,002 МПа перед началом подачи топлива. Величина расхода топлива задавалась такой, чтобы температура в камере сгорания не превышала 300 °С. При этом частота вращения ротора турбокомпрессора



5. Система и агрегаты регулирования режимов ГТУ также потребовали внесения определенных изменений в зависимости от того, каким образом строилась система топливоподдачи. На рис. 3 показана схема турбокомпрессора нового поколения, опытный образец которого будет изготовлен в 2003 г. Это - один из возможных вариантов описываемой конструкции.

На разработанные устройства и способ бесстартерного запуска ГТУ получены патенты Российской Федерации. Исследования процессов функционирования ГТУ с бесстартерным способом запуска продолжаются.

СПАС

ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКАХ ROBOFORM

При электроэрозионной обработке деталей из труднообрабатываемых материалов сложной формы основного производства, в том числе для двигателей, а также деталей инструментального производства - штампов, пресс-форм и т.п., необходимо получение поверхности, вся площадь которой должна быть однородной по качеству. Особые требования предъявляются к качеству приповерхностных слоев обрабатываемых материалов. В них недопустимы (или должны быть минимальными) структурные изменения в виде отбеленных слоев, должны отсутствовать микротрещины и т.п.

Одной из причин, приводящих к указанным дефектам, являются случайные короткие замыкания (КЗ) электродов в процессе обработки с последующим образованием стационарной дуги между ними.

Практически на всех электроэрозионных копировально-прошивочных станках типа ROBOFORM равномерная по шероховатости поверхность обеспечивается благодаря оригинальной схеме генераторов типа ISOPULS, вырабатывающих "изоэнергетические импульсы", и блокам SPAC защиты от КЗ, разработанным фирмой CHARMILLES и встраиваемым в эти генераторы.

Для пояснения принципа действия блока SPAC необходимо отметить, что технологические показатели электроэрозионной обработки полостей и отверстий на копировально-прошивочных станках в значительной степени зависят от движения твердых продуктов эрозии ("стружки") в межэлектродном промежутке, образуемом электродом-инструментом из меди, графита и других электропроводных материалов и обрабатываемой детали. Их присутствие в зоне обработки может иметь как положительный, так и отрицательный эффект в зависимости от того, какая обработка (черновая или чистовая) осуществляется. Главная проблема возникает при КЗ между электродом и деталью из-за шунтирующего электрода мостика. В такой ситуации единственным решением (до появления системы SPAC) было разведение электродов. Вместе с этим применяли также импульсную прокачку рабочей жидкости. Внедрение системы SPAC для устранения КЗ является более эффективным способом, чем существовавшие до сих пор.

Большинство образующихся шунтирующих металлических мостиков между электродами разрушается под действием тока генератора. Величина этого тока связана с заданным режимом обработки. Однако случается, что мостик при этом не разрушается. Единственным известным методом решения проблемы, как было отмечено, являлось механическое разрушение мостиков путем принудительного увеличения пространства между электродами. Для реализации этого метода в электроэрозионных станках всех изготовителей были предусмотрены специальные сервоприводы, обеспечивающие быстрое разведение электродов по пройден-

ной до этого момента траектории. Без таких сервоприводов, характерных для электроэрозионных копировально-прошивочных станков, обработка прекратилась бы уже после первого КЗ.

Как само КЗ, так и процесс разведения электродов, необходимый для его устранения, являются причинами существенных потерь времени. Поэтому было выдвинуто предложение устранять КЗ, разрушая металлические мостики путем их расплавления мощным импульсом тока от дополнительного источника питания. Такая идея впервые была выдвинута в ЭНИМСе в 70-х годах XX столетия. Однако для предотвращения повреждения поверхности без изменения заданного текущего режима обработки с установленным уровнем съема материала и заданной шероховатостью поверхности параметры тока дополнительного источника должны выдерживаться очень точно (рис. 1). Этот новый процесс был успешно реализован специалистами фирмы CHARMILLES, создавшими специальный блок генератора, который и получил название SPAC.

SPAC работает следующим образом. После обнаружения КЗ некоторое время система ожидает разрушения мостика под действием тока, определяемого режимом обработки. Известно, что по окончании заданного интервала времени выдержки вероятность разрушения таким током становится весьма малой, и тогда система SPAC подает импульс тока от дополнительного источника. Пока сохраняется КЗ, большой ток не оказывает отрицательного воздействия на поверхность детали, так как энергия выделяется не в ней, а в мостике. С момента подачи импульса тока SPAC осуществляет контроль фактического напряжения на электродах. Его резкий рост четко указывает на то, что металлический мостик разрушен. В этот момент SPAC немедленно прекращает подачу большого тока для предотвращения повреждения поверхности детали.

Экспериментальные исследования показали, что SPAC позволяет разрушить большинство КЗ, образующихся и в процессе финишной обработки. Только небольшое число мостиков не разрушается под действием дополнительного тока. В этом случае после выжидания некоторого времени, если КЗ сохраняется, подача большого тока прекращается, и сервопривод ликвидирует КЗ путем разведения электродов.

Основными параметрами блока SPAC фирмы CHARMILLES являются:

- значение тока, условно называемого "большим" и поступающего от дополнительного источника. Оно складывается (при срабатывании блока SPAC) с величиной тока, определяемой режимом обработки;
- максимальная длительность импульса большого тока;
- время от возникновения КЗ до начала срабатывания блока SPAC.

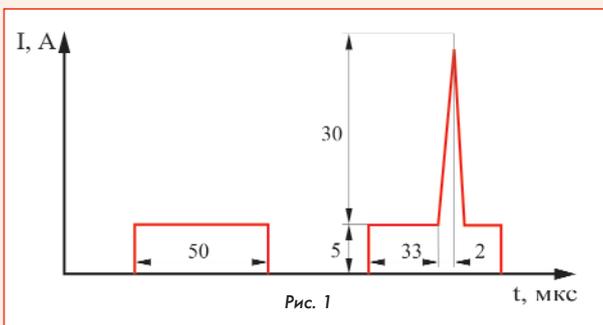


Рис. 1

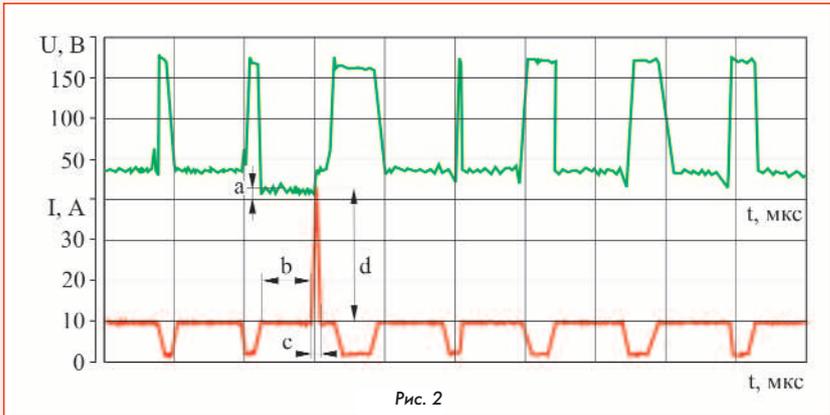


Рис. 2



Рис. 4

Как только напряжение a (рис. 2) на электродах станет меньше 7,5 В, формируется импульс включения таймера для отсчета времени (b), по истечении которого должен сработать блок SPAC и включить большой ток (d) на максимальное время (c).

В ряде случаев приходится (в ущерб производительности) выбирать режим обработки с минимальным износом электрода. В процессе обработки на таких режимах чаще всего образуются КЗ (рис. 3), которые вызываются шунтирующими межэлектродный промежуток микрочастицами, находящимися в нем и не разрушающимися при прохождении слабого тока, определенного режимом обработки. При работе с заданным износом электрода ток нарастает намного быстрее в начале импульса и разрушает микрочастицы.

Ниже приведены некоторые наиболее интересные примеры, демонстрирующие эффективность системы:

1. При обработке без SPAC винтовых поверхностей, например, резьбы, возникают большие проблемы, связанные с удалением шунтирующих мостиков при разведении электродов по винтовой линии. В этих условиях применение системы SPAC позволяет обеспечить в два раза большую производительность.

2. При обработке пуансонов контрэлектродами, изготовленными, например, на электроэрозионных проволочно-вырезных станках ROBOFIL фирмы CHARMILLES (обратное копирование) без SPAC, образуется неоднородная по качеству поверхность из-за отводов электродов для прекращения КЗ. Необходи-

мость получения высококачественной поверхности и малого времени обработки обусловила применение SPAC. При изготовлении пуансона вырубного штампа (рис. 4), предназначенного для обработки тонколистового металла (максимальный диаметр пуансона 70 мм, высота - 95 мм, шероховатость $Ra = 0,80$ мкм), обеспечивается в 1,5 раза большая производительность в сочетании с низким износом контрэлектрода.

3. При векторной обработке частицы скапливаются под электродом в образующемся пазу, что приводит к КЗ. В результате использования SPAC удается получить в 1,2 раза большую производительность.

4. При микрообработке возникают большие трудности, связанные с удалением продуктов эрозии из межэлектродного промежутка (размеры которого менее 0,05 мм), а также с использованием малого тока. Применение SPAC позволило в 1,5 раза увеличить производительность с одновременным уменьшением износа электрода.

5. Всегда существовала большая вероятность КЗ при обработке деталей с использованием электрода из композиционного материала "медь-вольфрам". SPAC обеспечил в 1,25 раза большую производительность.

Блок SPAC копировально-прошивочных станков ROBFORM позволил покупателям этих станков эффективно изготавливать детали, которые прежде требовали больших материальных и временных затрат.

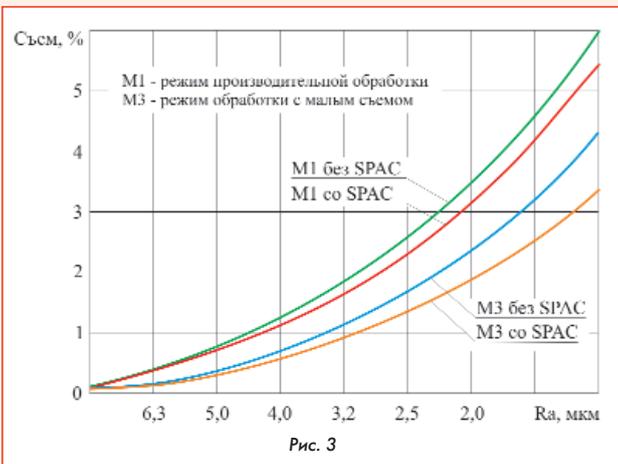
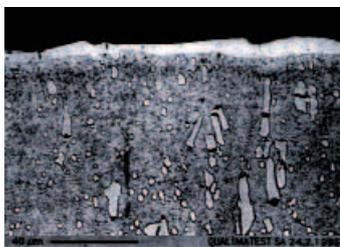
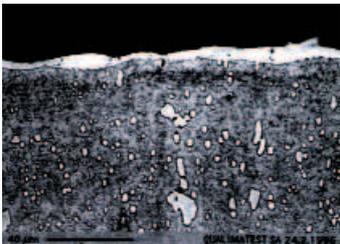


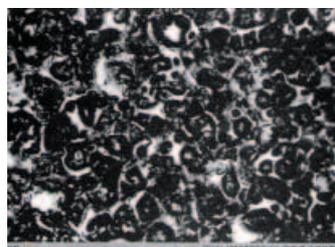
Рис. 3



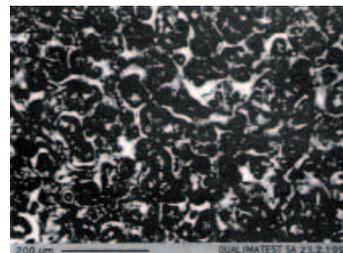
Структура поверхностного слоя детали без использования SPAC ($Ra=1,62$ мкм)



Структура поверхностного слоя детали при использовании SPAC ($Ra=1,62$ мкм)



Поверхность детали, обработанная без использования SPAC ($Ra=1,62$ мкм)



Поверхность детали, обработанная с использованием SPAC ($Ra=1,62$ мкм)



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

ПРАЗДНИК СБЫВШЕЙСЯ МЕЧТЫ



Международный авиасалон и аэрошоу "МАКС-2003" пройдет в августе этого года в подмосковном авиаграде Жуковский. В этом гнезде отечественной авиационной науки, где сосредоточены все наши самые известные авиационные научные центры - ЛИИ, ЦАГИ и другие, международные авиасалоны проводятся уже более десяти лет. Наш корреспондент побеседовал о подготовке выставки с генеральным директором ОАО "Авиасалон" Игорем Константиновичем Новиковым.



"Двигатель": Игорь Константинович! В чем МАКС этого года будет отличаться от предыдущих?

Игорь Новиков: Известно, что в целом интерес к мировым авиасалонам несколько снижается. Это видно прежде всего по снижению посещаемости виднейших форумов. И прямо обратная картина наблюдается у нашего МАКСа: увеличивается как посещаемость Салон, так и число его участников. Это объясняется поразному у отечественных и иностранных фирм. Принимающим участие в МАКС российским фирмам, например, здесь проще искать партнеров и представлять свою продукцию. Зарубежных же партнеров гонит к нам желание поиска совершенной техники за меньшие, чем в иных местах, цены. Так что, причина-то на самом деле одна - непрерывающиеся попытки ведущих производителей авиатехники поделить между собой международные рынки сбыта.

В предстоящем МАКС-2003 примет участие около 400 российских фирм и свыше ста зарубежных. Это почти на четверть больше, чем два года назад. По этому поводу руководству Салона пришлось строить еще один постоянный павильон площадью свыше 3000 м² и заказывать на время выставки сборный пластиковый ангар (такой же, какие монтируются при проведении большинства зарубежных выставок) на 3500 м². И, несмотря на это, оргкомитет Салона ощущает большие трудности со свободным экспозиционным местом для размещения вновь прибывающих экспонентов.

В этом году будет принципиально изменена программа показательных полетов. Она, прежде всего, будет гораздо продолжительнее - до 5-6 часов. При этом ожидается не только традиционный пролет и пилотаж, но демонстрация действия структур МЧС и ВДВ, включая десантирование тяжелой техники из самых новейших образцов транспортных машин. В этом году, кроме наших прославленных "Русских витязей" и "Стрижей", приедут несколько зарубежных пилотажных групп: "Патруль де Франс", итальянские "Фрейче триколор" и некоторые другие, работающие на самых последних моделях американской авиатехники.

"Д": Какие проблемы требуют решения на более высоком уровне, чем способно обеспечить Ваше ОАО?

И.Н.: По нашему глубокому мнению, авиасалон в Жуковском должен перейти из разряда "разовых мероприятий", которые объявляются раз в два года отдельным распоряжением правительства, в программу федерального значения, место и сроки которой определены заранее и на долговременной основе, а деньги заранее заложены отдельной строкой бюджета. Выставочный комплекс в Жуковском, чтобы давать отдачу, должен работать постоянно, а выставки разного рода должны проходить здесь как минимум два раза в год. Почему бы, например, не де-



монстрировать здесь военную технику или строительное оборудование? А на выставке "Двигатели", которая проходит также через год (но в четные года), могли бы демонстрироваться все ее экспонаты в работе, а также натурные образцы энергосиловых и перекачивающих установок во всем их великолепии.

"Д": Что нового почувствуют зрители и экспоненты в организации самого Салона?

И.Н.: Прежде всего изменится сам принцип подхода к обслуживанию посетителей на авиасалоне. Торговля будет не какими-то "островками", как это было прежде, а станет интегрирована с самой экспозицией. Причем это касается как сувенирной торговли, так и торговли продуктами питания и в особенности напитками: в это время на нашем поле всегда жарко.

На аэродроме ЛИИ будет открыто два КПП - "Центральный", через который мы уже привыкли проходить во время Салона, и "Ильюшинский", со стороны Егорьевского шоссе и платформы "42-й километр". При этом, поскольку от этой станции до ЛИИ гораздо ближе, чем до платформы "Отдых" в Жуковском, то и попасть на МАКС отсюда будет проще. Чтобы разделить потоки зрителей, предполагается распространять отдельные билеты, дающие право на вход с каждой из сторон летного поля.

Мы учитываем опыт прошлых лет, когда практически все дороги в Жуковском превращались в бесконечные стоянки и пробки. Причем во время проведения последних салонов было достаточно много жалоб на автомобильных воров и вандалов, пользовавшихся большим количеством беспризорных машин. В этом году все поле аэродрома Быково будет превращено в одну большую автомобильную стоянку, откуда до Жуковского зрители повезут автобусы. В черту города иногородние автомашины без специальных пропусков не допустят. Это, естественно, облегчит работу служб, обеспечивающих режим охраняемого объекта на аэродроме ЛИИ.

Кстати, о режиме: в этом году будут введены принципиально новые образцы пропусков для экспонентов и работающих на Салоне: пластиковые карты повышенной защищенности, снабженные фотографиями владельца. Это позволит исключить анекдотические случаи, когда пытались печатать пропуска на офисных принтерах, не зная о внедренных системах защиты. И приходилось ведь охране как мальчишек выводить от проходной серьезных людей!

"Д": Насколько изменился подход к подготовке Салона?

И.Н.: Сейчас коренным образом изменилась сама идеология подготовки рекламы и информационных материалов для Салона. Впервые за всю историю наших МАКСов пресс-центр начал работать больше чем за два с половиной месяца до события. Его организует опытная PR-компания "ETC Partner". Теперь вся информация о Салоне будет исходить от единого центра, что

исключит всякого рода разночтения. Рекламная деятельность по Салону будет целенаправленной и координированной. Для прессы и информационных органов, также впервые на наших Салонах, будут организованы общие залы прессы "пресс-рум", где все могут не только получить новую информацию (этого на Салоне всегда с избытком), но и поделиться с посетителями своими возможностями и способностями по этому поводу.

"Д": Изменится ли что-нибудь в порядке проведения Салона?

И.Н.: Самое крупное изменение будет внесено в программу летного дня. Как я уже говорил, его общая продолжительность в течение дня будет не менее 5-6 часов. И ее программа будет одинакова каждый день. Это планируется для того, чтобы уравнивать в возможностях просмотра программы посетителей, пришедших в разные дни. При этом, шесть дней Салона будут поровну поделены между днями визита специалистов и бизнес-посетителей (со вторника по четверг) и днями общего посещения (пятница - воскресенье). Опыт прошлых лет показал, что только два последние дня, традиционно отдаваемые на свободный просмотр Салона, слишком плотно посещаемы публикой. Так же, как и на прошлой выставке, не предполагается иной культурной программы, кроме демонстрации самой авиатехники. Наш лучший концерт - в небе, шедевры нашего искусства - на стендах экспозиции.

Кроме того, на этом Салоне предполагается опробовать целый ряд новинок, ранее на таких экспозициях не применявшихся. Это позволит весьма оживить и украсить экспозицию любого рода, даже и такую разнообразную, как наша. О каких новинках идет речь - увидите при посещении нашей выставки.

В этот раз предполагается включить в программу салона отдельным номером шаровую фиесту, организовав полет тепловых аэростатов в небе Жуковского. Это когда-то было на первых МАКСах, но ни разу не коррелировалось с программой полетов. Сейчас мы будем это увязывать.

И также впервые в Салоне будет существовать "выставка в выставке" - детский авиасалон "ЮНИМАКС". На нем будет представлено детское и юношеское техническое творчество, моделизм, спортивная программа: если хотим жить и работать дальше, с детьми и молодежью надо работать сейчас. ЮНИМАКС организуется ОАО "Авиасалон" совместно с администрацией города Жуковский, а также рядом коммерческих фирм и государственным научным центром ЦАГИ.

Процесс труда редко ощущается как праздник. Однако, если его результат не приносит вам радости от содеянного, то не зря ли вы старались? Мы бы хотели, чтобы каждый участник и посетитель Салона почувствовал, что авиация в России не только область наиболее дерзновенных технических свершений, но и именно праздник. Праздник сбывшейся мечты. 

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>





ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР СЕРГЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ТУМАНСКИЙ

Лев Берне

(Продолжение, начало в № 2, 2003)

От поршневых - к реактивным

В Центральном институте авиационного моторостроения Сергей Константинович проработал менее года. В марте 1941 г. Михаил Михайлович Громов пригласил его в только что организованный Летно-исследовательский институт НКАП. Здесь С.К. Туманский вместе с одним из первых инженеров-испытателей Александром Васильевичем Чесаловым организовал подразделение, которое должно было проводить летные испытания двигателей и силовых установок самолетов. Вскоре после начала войны М.М. Громова командировали в США для закупки тяжелых бомбардировщиков, а затем И.В. Сталин назначил его командиром авиадивизии (впоследствии ВВС фронта и воздушной армии). Деятельность ЛИИ НКАП в первые годы войны не соответствовала "конструкторским" интересам Сергея Константиновича. В феврале 1943 г. С.К. Туманский принял предложение А.А. Микулина перейти к нему на должность заместителя главного конструктора.

Напомню читателю, что еще в 1940 г. А.А. Микулин, В.Я. Климов и С.К. Туманский обращались с письмом к Сталину, в котором предлагали организовать специальные подразделения авиационной промышленности - опытные заводы. По мысли авторов письма, такие предприятия, не обремененные выпуском серийной продукции, но располагающие самым совершенным оборудованием и станочным парком, должны были заниматься созданием новых типов двигателей в кратчайшие сроки. В условиях надвигающейся войны на развертывание опытных заводов не пошли, но А.А. Микулину все же удалось добиться положительного решения этого вопроса в начале 1943 г. Первый в СССР опытный авиамоторный завод получил № 300.

В тот период основная тематика предприятия была связана с разработкой высотных моторов АМ-39 и АМ-39ФН-2 (впоследствии АМ-40) и мощного двигателя для штурмовика АМ-42. Сергей Константинович Туманский курировал работу над первыми двумя двигателями. Параллельно он стремился создать на заводе фундаментальную базу для разработки технической документации. Именно тогда, в последние годы войны, он определил для себя главное предназначение опытного завода: "проверка правильности чертежа" (конструкторской документации).

В начале февраля 1946 г. вышло Постановление правительства, подписанное Сталиным, в котором в качестве важнейшей задачи для авиационной промышленности выдвигалось создание турбореактивных двигателей и самолетов, оснащенных ТРД. К тому времени уже были хорошо изучены конструктивные решения, положенные в основу германских и английских газотурбинных двигателей. Но Микулин, как обычно, принял решение двигаться своим путем. Первый микулинский ГТД с длинным названием АМТКРД-01 имел необычную компоновку: камеры сгорания располагались над компрессором. Такая схема позволяла существенно уменьшить длину двигателя, сократить количество опор ротора всего до двух, ради-

кально снизить массу двигателя. Как выяснилось позже, главными недостатками двигателя подобной схемы оказались увеличенный расход топлива и неважная экономичность.

И все же создание двигателя АМТКРД-01 и его модификации АМРД-02 стало хорошей школой для всего коллектива завода № 300. С.К. Туманский отдал много сил, чтобы эти первенцы газотурбинной техники были доведены до работоспособного состояния. Но по мере решения вставших задач Сергею Константиновичу стала понятна нежизнеспособность примененной схемы. И действительно, несмотря на то, что эти двигатели прошли государственные испытания, дальнейшего развития они не получили.

А тем временем А.А. Микулин увлекся новой идеей малых двигателей, которые согласно теории подобия должны были обладать малой удельной массой. "Гроздь" таких ГТД, по его мысли, могли заменить двигатели с большей единичной мощностью. Впоследствии эта идея, увы, не прошла проверки практикой. Сергей Константинович Туманский, не вступая в конфликт с генеральным конструктором, полагал более целесообразной разработку двигателя большой тяги для перспективных тяжелых самолетов.

В 1948 г., когда Микулин ушел в длительный отпуск, обязанности главного конструктора перешли к С.К. Туманскому. Так случилось, что именно в отсутствие "начальства" ОКБ приступило к разработке двигателя большой размерности классической схемы, рассчитанного на тягу более 8 тс. К возвращению из отпуска Микулина основная компоновка была выполнена, параметры оценены, и стало ясно, что такой двигатель (потом он получил индекс АМ-3) будет очень востребован. Кроме того, разработчики высказывали твердое убеждение, что новый двигатель можно будет сделать достаточно быстро.

В начале 1948 г. директором завода № 300 стал А.А. Завитаев. До этого Алексей Александрович прошел все ступени инженерно-руководящей деятельности. Начав с ученика токаря, он стал директором Рыбинского авиамоторного завода, одного из крупнейших в отрасли. В 1942 г. Завитаева назначили заместителем наркома (впоследствии министра) авиационной промышленности СССР. Однако в 1946 г. на совещании у Сталина по поводу создания будущего Ту-4 неудачная фраза вызвала недовольство у "Верховного". Завитаев был "разжалован" и вновь стал "рядовым" директором.

В 1948 г. под его руководством впервые в отечественном двигателестроении была освоена и внедрена штамповка лопаток компрессора из алюминиевых сплавов без припуска на механическую обработку. Туманский и Завитаев на свой страх и риск сделали ответственный шаг: запустили в производство детали и узлы нового двигателя. Затем они встретились с министром М.В. Хруничевым и его заместителем М.М. Лукиным и получили у них полную поддержку. Завитаев со свойственной ему энергией и талантом организатора все производство развернул на изготов-

ление большого двигателя. Завод в три смены, полным ходом производил узлы будущего АМ-3. Сергей Константинович приезжал на завод рано и уезжал едва ли не последним. Поэтому неудивительно, что все чертежи этого двигателя были подписаны Туманским. Вернувшийся из отпуска Александр Александрович Микулин в общем идею поддержал, но тут же параллельно начал разработку "малой тройки" - двигателя АМ-5 тягой 2 тс.

29 августа 1949 г. в СССР было успешно проведено испытание первой отечественной ядерной бомбы РДС-1. Но единственным самолетом-носителем в Дальней авиации оставался тяжелый бомбардировщик Ту-4 с поршневыми двигателями АШ-73ТК и крейсерской скоростью 500 км/ч. Реактивные истребители вероятного противника обладали головокружительным превосходством в скорости, что делало бесперспективной попытку прорыва подобных тяжелых бомбовозов в глубокий тыл врага. Нужен был новый самолет, способный летать со скоростью, сопоставимой со скоростью реактивных истребителей, и обладающий дальностью, достаточной для доставки советской ядерной бомбы в любую точку Европы, большей части Азии и на Аляску. При ведении боевых действий без применения ядерного орудия такая машина должна была брать на борт до 9 т обычных бомб.

В конце сороковых годов в туполевском ОКБ по заданию ВВС прорабатывался дальний бомбардировщик "86" с двумя двигателями АМРД-02. Эскизный проект был закончен, но заказчика не удовлетворяла дальность полета, обусловленная недостаточной тягой двигателей - 4500 кгс. Проведенная специалистами ОКБ оценка потребных характеристик силовой установки для самолета, устранившего заказчика, свидетельствовала, что при сохранении двухдвигательной схемы и с учетом реальных габаритов и масс предполагавшейся к использованию номенклатуры боевых нагрузок тягу ТРД необходимо увеличить в 1,5...2 раза. Отсюда, собственно, и появился заказ на разработку газотурбинного двигателя с фантастически большой по тем временам тягой 6...8 тс. Соответственно возросли и габариты двигателя, что потребовало определенного пересмотра аэродинамической схемы самолета. Если прежде двигатели предполагали смонтировать в отдельных мотогондолах под крылом, то по проекту "88" они размещались в корневой части крыла "впритык" к фюзеляжу. Кроме того, аэродинамики ОКБ А.Н. Туполева отклонили их оси наружу, так, чтобы реактивная струя не оказывала непосредственного воздействия на фюзеляж. Свою часть работы по "привязке" двигателя АМ-3 к проекту "88" выполнил и перспективный отдел ОКБ завода № 300.

Для дальнего бомбардировщика особое значение приобрели высокая надежность и большой ресурс ГТД, ведь один полет такой машины нередко продолжался 7...8 часов. Кроме того, выдвигалось требование обеспечения высокой эксплуатационной технологичности АМ-3. Еще на этапе разработки всесторонне оценивалось удобство выполнения ремонта, технического обслуживания и контроля состояния двигателя. Фактически впервые предъявлялось требование по обеспечению возможности модульного ремонта двигателя. И как тут не вспомнить, что Сергей Константинович Туманский еще до поступления в Военно-воздушную академию имени Н.Е. Жуковского, работая сначала мотористом, а потом техником, приобрел огромный опыт по эксплуатации самолетов и моторов. Хочется подчеркнуть, что вся конструкция двигателя АМ-3, с одной стороны, отличалась оригинальностью и новизной, а с другой - была надежно подкреплена уже накопленным опытом создания предшествовавших ГТД.

В апреле 1950 г. начались стендовые испытания двигателя. Естественно, что создание оригинального и очень мощного ГТД (аналогичного образца в то время в мире попросту не существовало) потребовало больших усилий на этапе его доводки. В середине апреля 1952 г., то есть через два года после первого запуска двигателя АМ-3 на стенде, все необходимые отчеты и заключения для начала летных испытаний нового бомбардировщика были подписаны. Командиром первого опытного самолета "88-1" назначили летчика-испытателя Николая Степановича Рыбко. 27 апреля 1952 г. эта машина, ставшая прототипом са-

мого массового в истории человечества дальнего бомбардировщика Ту-16, совершила первый полет.

С 1954 г. началась многолетняя служба Ту-16 в частях Дальней авиации ВВС и авиации ВМФ. Первые серии машин выпускались с двигателями АМ-3А. На высоте 6250 м самолеты развивали максимальную скорость 992 км/ч, обладали технической дальностью 5760 км с бомбовой нагрузкой 3000 кг, могли базироваться на аэродромах второго класса. В октябре 1956 г. прошел государственные испытания разведчик Ту-16Р, оснащенный более мощными двигателями АМ-3М (после "отставки" А.А. Микулина их название поменялось на РД-3М). Впоследствии серийные разведчики и самолеты-ракетоносцы Ту-16К-16 выпускались казанским авиазаводом № 22 с такими же двигателями. Всего за время серийного производства было выпущено 1507 машин. Кроме того, необходимо учитывать еще примерно 120 машин различных модификаций, построенных в КНР.

В апреле 1957 г. группа работников завода № 300 за создание и внедрение в серийное производство двигателя АМ-3 была отмечена Ленинской премией. Этой самой высокой премии, существовавшей в то время в Советском Союзе, были удостоены В.И. Базаров, П.Ф. Зубец, Г.Л. Лившиц, К.А. Сазонов, Б.С. Стечкин, С.К. Туманский и Я.Л. Фогель.

Как уже упоминалось, 1949 г., когда в ОКБ уже полным ходом создавался двигатель АМ-3, началась разработка "малыша" - двигателя АМ-5. С использованием разработанной при активном участии Б.С. Стечкина стройной теории подобия, позволяющей с высокой точностью оценивать влияние размерности, термо- и газодинамических параметров двигателя на его удельную массу, были сделан важный вывод о том, что уменьшение размерности ТРД (до определенного предела) приводит к сокращению удельной массы. Более того, теоретически удалось установить размерности и параметры двигателя, обеспечивающие получение максимальной весовой отдачи, минимальной лобовой площади и минимального удельного расхода топлива. В марте 1951 г. все рабочие чертежи двигателя АМ-5 были готовы, а в мае того же года собрали первый экземпляр и начали его стендовые испытания.

По конструкции АМ-5 очень напоминал своего "старшего брата" АМ-3. Он имел восьмиступенчатый осевой компрессор, кольцевую прямоточную камеру сгорания, двухступенчатую турбину и нерегулируемое реактивное сопло. Но если крупногабаритный АМ-3 запускался турбостартером, то на относительно легком АМ-5 применили более простой и надежный электрический стартер-генератор.

Идею создания легкого малогабаритного и к тому же очень экономичного по тем временам ТРД особенно пришлось по душе А.С. Яковлеву, которому в августе 1951 г. был заказан первый в нашей стране "барражирующий перехватчик", оснащенный бортовой РЛС. Из-за значительных габаритов антенны и блоков радиолокационной станции ее пришлось разместить в носовой части самолета, а двигатели установить на крыле. Большая продолжительность полета (3 ч 40 мин.), необходимая для перехватчика,



Группа сотрудников ОКБ А.А. Микулина фотографируется с Н.М. Шверником по случаю вручения государственных наград. С.К. Туманский крайний слева в первом ряду



обеспечивалась относительно низким расходом топлива и применением баков большой емкости, включая подвесные. 12 декабря 1951 г. был утвержден макет перехватчика, первоначально получившего наименования "120" и Як-2АМ-5, а впоследствии - Як-25. В первый полет машина отправилась 19 июня 1952 г. под управлением летчика-испытателя В.М. Волкова.

Другим "потребителем" двигателя АМ-5 стало ОКБ-155, возглавлявшееся А.И. Микояном. Дело в том, что в июне 1951 г. в первом же полете потерпел аварию опытный истребитель И-350, оснащенный люльковским двигателем ТР-3А. Причиной аварии оказалась именно неустойчивая работа двигателя. Вскоре стало ясно, что в короткий срок "довести" ТР-3А не удастся. Не прошло и двух месяцев, как Совмин СССР принял постановление о прекращении разработки неудачной машины. Вместо нее Микояну поручили создать фронтальный истребитель с новыми микулинскими двигателями. Специалисты ОКБ-155 быстро спроектировали новый истребитель И-360 (он же СМ-2) по схеме, примененной на И-350. Самолет стал легче, меньше по размерам, а в хвостовой части фюзеляжа вместо одного ТР-3А максимальной тягой 5200 кгс разместились два АМ-5 тягой по 2000 кгс. Силовой установкой СМ-2 занимался начальник бригады Г.Е. Лозино-Лозинский.

Увы, и эта машина в горизонтальном полете не смогла исполнить мечты разработчиков - превзойти скорость звука, поскольку для этого не хватило тяги микулинских "малышей". Сами двигатели также нуждались в доводке, для чего был использован самолет СМ-1 - старый опытный МиГ-15бис 45° (прототип МиГ-17). Любопытно, что после установки двух АМ-5 вместо одного ВК-1Ф выяснилось, что при большей суммарной тяге двигателей (4000 кгс против 3380 кгс у ВК-1Ф) силовая установка машины стала весить на 88 кг меньше.

Самолетчики потребовали от микулинского ОКБ увеличить тягу двигателей АМ-5 на 35 % путем применения форсажной камеры. Такие двигатели (АМ-5Ф) уже осенью 1952 г. установили на СМ-1 и СМ-2, однако последний и в "подфорсированном" варианте не смог превзойти скорость звука из-за выявившейся неустойчивости по тангажу, обусловленной неудачным расположением стабилизатора почти на вершине киля. После доработки, связанной с переносом стабилизатора на фюзеляж, самолет получил обозначение СМ-2А. Его государственные испытания были возобновлены в конце июня 1953 г. Испытания велись параллельно на двух машинах, и, в общем, проходили без особых проблем, но летные данные машины получились не слишком высокими для своего времени (максимальная скорость не превысила 1240 км/ч).

Тем временем в ОКБ-300 был сделан очередной шаг в совершенствовании двигателя АМ-5Ф: добавлена еще одна ступень компрессора (сверхзвуковая), что позволило увеличить тягу на номинальном режиме до 2600 кгс, а на режиме с форсажем до 3250 кгс. Двигатели, получившие обозначение АМ-9, смонтировали на втором опытном СМ-2, после чего эта машина сменила наименование на СМ-9/1. 5 января 1954 г. летчик-испытатель Н.А. Седов впервые поднял самолет в воздух. Уже во втором полете, включив форсаж, Седов без труда преодолел скорость звука. Этот результат оказался настолько важным для отечественной военной авиации, что еще до окончания заводских испытаний, в

феврале 1954 г., Совет Министров СССР распорядился организовать серийный выпуск сверхзвуковых истребителей, получивших обозначение МиГ-19. И хотя государственные испытания машины начались только осенью 1954 г. (в ходе испытаний в конструкцию самолета и двигателя вносились многочисленные изменения, в результате чего "движок" получил новое обозначение АМ-9Б), уже в марте 1955 г. первые МиГ-19 поступили в строевые части.

В 1953 г., когда еще полным ходом шли работы по многочисленным модификациям АМ-3 и АМ-5, в ОКБ-300 началась разработка совершенно нового двигателя АМ-11. Это был двухкаскадный двигатель со сверхзвуковыми ступенями компрессора и рекордно малой удельной массой. Для дальнейшего повышения скорости истребителей требовалось постоянно наращивать тягу ГТД. В ОКБ Микояна в 1954 г. был разработан аванпроект легкого самолета Е-1 с одним двигателем АМ-5А, затем переработанный под двигатель АМ-9Б, а еще через непродолжительное время - под двигатель АМ-11 (название машины сменилось на Е-2). Опытный самолет построили раньше, чем был готов летный экземпляр "одиннадцатого", поэтому микояновцам пришлось вернуться к варианту с АМ-9Б. Истребитель Е-2 был одной из первых машин ОКБ А.И. Микояна, оснащенной регулируемым воздухозаборником, что позволило решить проблему восстановления давления на входе в двигатель при полете на сверхзвуке и в широком диапазоне углов атаки. В феврале 1955 г. летчик-испытатель Г.К. Мосолов впервые поднял Е-2 в небо.

Основные данные первых серийных газотурбинных двигателей ОКБ-300

Характеристика	АМ-3	АМ-5	АМ-9
Тяга на взлетном режиме, кгс	8700	...	3300
Тяга на номинальном режиме, кгс	6200	2000	2150
Удельный расход на взлетном режиме, кг/кгс·с	1,0	...	1,6*
Удельный расход на номинальном режиме, кг/кгс·с	0,93	0,88	0,88
Масса двигателя, кг	3100	445	700
Степень повышения давления в компрессоре	6,2	5,8	7,5
Максимальная температура газов перед турбиной, К	1130	1130	1150
Максимальный диаметр, м	1,4	0,67	0,66
Длина, м	5,38	2,77	5,56

Примечание: * - на форсаже.

Но незадолго до этого, в январе 1955 г. Микулин неожиданно был освобожден от должности ответственного руководителя и генерального конструктора завода (об обстоятельствах, послуживших причиной такого решения, можно прочесть в журнале "Двигатель" № 6 - 2002 - прим. авт.). Вопрос о том, кто заменит Микулина в ОКБ, не стоял. На его место был немедленно назначен Сергей Константинович Туманский.

Новый главный конструктор сразу провел ряд организационных мероприятий. На завод № 16, куда был передан для серийного производства двигатель АМ-3, уехал П.Ф. Зубец, ставший потом главным конструктором казанского моторостроительного предприятия. Там же было организовано ОКБ, которое полностью взяло на себя все работы по модификациям АМ-3. В Уфе на авиамоторном заводе № 26 было организовано еще одно ОКБ во главе с В.Н. Сорокиным для доводки и конструкторского сопровождения выпуска двигателя АМ-9Б. С 1954 г. на серийном заводе № 500 в Тушине было организовано производство двигателей АМ-5А для истребителей-перехватчиков Як-25. В перспективе предприятие должно было освоить изготовление АМ-11.

В рамках борьбы с "вредным микулинским наследием" серийно выпускавшиеся двигатели получили новые обозначения: РД-3 (бывший АМ-3) и РД-9Б (бывший АМ-9Б). Каждый из указанных двигателей выпускался на двух серийных заводах. Аналогичным образом поступили с еще не готовым АМ-11, получившим обозначение Р11-300 (впервые в наименование "изделия" был включен номер завода, что впоследствии стало традицией). А вот

АМ-5 наименования так и не поменял, хотя его изготовление продолжалось до 1960 г.

Теперь ОКБ во главе с С.К. Туманским могло сосредоточить все свои усилия на разработке перспективного двигателя Р11-300. В его конструкции были применены новые оригинальные решения, не имевшие аналогов в мировой практике. Так, двигатель имел компрессор со сверхзвуковыми ступенями, при этом удалось всего на шести ступенях получить степень повышения давления около девяти. Впервые в мире двухвальный ротор компрессора и турбины был спроектирован без выносных опор. Вместо традиционно переднего корпуса компрессора конструкторы применили консольное крепление первой ступени к ротору. Эту ступень можно было заменить в процессе эксплуатации без разборки двигателя. Таким образом, при создании Р11-300 был сделан важный шаг на пути к внедрению ГТД модульной конструкции. Двухвальная схема обеспечила устойчивую работу двигателя на всех режимах без применения каких-либо элементов механизации компрессора. Надежный запуск двигателя на всех высотах и режимах полета обеспечивался подпиткой воспламенителей кислородом.

Первым самолетом микояновского ОКБ, на котором был установлен двигатель Р11-300 тягой 5100 кгс на форсаже, стал экспериментальный истребитель Е-5. 9 января 1956 г. он совершил первый полет под управлением летчика-испытателя В.А. Нефедова, но уже 20 февраля в очередном полете разрушилась лопатка турбины. Неприятность повторилась 19 мая 1956 г. после восстановления поврежденной машины. Летом самолет снова отремонтировали и установили новый двигатель, однако 18 октября 1956 г. С.К. Туманский вынужден был запретить полеты всех машин (к этому моменту с Р11-300 помимо Е-5 летали Е-2А и Е-50). Для повышения надежности Р11-300 руководители ОКБ-300 пошли на этот трудный шаг, чреватый опасными последствиями: тему попросту могли закрыть. В процессе доработки был увеличен диаметр форсажной камеры двигателя, после чего он получил обозначение Р11Ф-300 (в ранних документах - Р11-300Ф). Тяга двигателя составила 3880 кгс на максимальном и 5740 кгс на форсажном режиме.

О том, с какими колоссальными трудностями пришлось столкнуться создателям самолета и двигателя, можно судить по следующему факту: в ходе испытаний Е-5 двигатель пришлось сменять десять раз! Мало известен и другой факт: именно Е-5 в 1957 г. был запущен в серийное производство на тбилисском заводе № 31 под наименованием МиГ-21. Всего было построено пять машин (они оснащались двигателями Р11-300), однако производство истребителя вскоре было прекращено из-за недостаточной надежности силовой установки. Но Микоян и Туманский не сдавались. Они непрерывно дорабатывали самолет и двигатель.

В мае 1958 г. вышел на испытания новый вариант легкого истребителя с треугольным крылом и двигателем Р11Ф-300, получивший наименование Е-6. 28 мая 1958 г. в седьмом полете он потерпел катастрофу, погиб летчик-испытатель Герой Советского Союза В.А. Нефедов. В тот день автор этих строк должен был лететь на летающей лаборатории Ту-16 для проведения испытаний двигателя Р11Ф-300. Мы оказались неподалеку от упавшего самолета, и часть нашего экипажа бросилась к потерпевшему аварию истребителю. Когда мои товарищи подбежали к месту падения Е-6, пожар в основном был погашен, сильно обгоревшего летчика вытащили из машины. Несмотря на тяжелое состояние, Нефедов успел рассказать об основных событиях, случившихся в полете. Владимира отправили в больницу города Жуковский, где он через несколько часов скончался. Трагедия с Нефедовым сильно подействовала на Сергея Константиновича Туманского, однако не остановила дальнейшие работы по созданию самолета МиГ-21 и двигателя Р11Ф-300.

Главный конструктор А.И. Микоян принял решение построить дублер Е-6 с использованием планера одного из МиГ-21 тбилисского завода. Эта машина оказалась счастливой (на ней летал летчик-испытатель К.К. Коккинаки). В ходе испытаний самолет продемонстрировал скорость, соответствующую числу $M=2,05$ на высоте 12 км. Вскоре был построен еще один, третий экземпляр Е-6. Эта машина получила "запутывающее противника" обозначение Е-66, именно на ней в октябре 1959 г. летчик-испытатель Г.К. Мосолов установил мировой рекорд скорости на базе 15...25 км, который составил 2388 км/ч. Впоследствии на самолетах семейства МиГ-21 в разное время и в разных категориях было установлено 17 мировых рекордов.

В 1958 г. Совмин СССР принял решение о возобновлении серийного производства самолета МиГ-21 (непосредственный прототип для серии - самолет Е-6Т) на тбилисском авиационном заводе № 31. Первый МиГ-21 (предсерийный) с двигателем Р11Ф-300 с тягой на форсаже 5740 кгс и массой 1070 кг при взлетной массе 6870 кг (с полным запасом топлива и штатным вооружением) имел тяговооруженность, равную 0,84, т.е. чрезвычайно высокую по тем временам. В 1960 г. постройку МиГ-21Ф перенесли на горьковский авиазавод № 21.

Чрезвычайно перспективный двигатель не мог не заинтересовать и других конструкторов самолетов. В 1959 г. в ОКБ А.С. Яковлева был создан двухдвигательный бомбардировщик Як-28 с Р11АФ-300. Тогда же он был запущен в серийное производство на иркутском авиазаводе № 39. А еще раньше, в 1954 г. (!) этот же коллектив прорабатывал самолет Як-2АМ-11, который, вероятно, являлся самой первой машиной, создававшейся в расчете на этот двигатель. Впоследствии проектирование прекратили из-за неготовности двигателя. Еще раз А.С. Яковлев делал ставку на Р11Ф-300 в 1958 г., когда его ОКБ было выдано задание на маловысотный истребитель Як-35МВ. Этот проект, впрочем, также остался нерезализованным. Значительно позднее (в 1962 г.) и П.О. Сухой применил уже вполне доведенный двигатель Р11Ф-300 на перехватчике Су-15 (опытный самолет назывался Т58Д). В серию эта машина была запущена на новосибирском заводе № 153 в 1965 г.

За три десятилетия было создано более 20 модификаций двигателя Р11-300, каждая из которых имела свои существенные отличия. Так, к концу выпуска этих двигателей компрессор из шестиступенчатого стал одиннадцатиступенчатым, а максимальная тяга выросла с 5100 до 13 000 кгс. Ресурс ГТД увеличился с 25 ч на первых двигателях до 1000 ч. Всего до 2000 г. было произведено более 20 тысяч различных двигателей семейства Р11-300. **▲**

(Продолжение в следующем номере)



В первом ряду (слева направо): начальники отделов УЗАТ ВВС П.Б. Антонов и В.Н. Дорофеев, директор завода № 21 А.И. Ярошенко, заместитель генерального конструктора ММЗ "Зенит" Р.А. Беляков, начальник 1 ГУ МАП В.Г. Давыдов, заместитель генерального конструктора ММЗ "Зенит" П.Е. Сыровой, генеральный конструктор ММЗ "Зенит" А.И. Микоян, главный конструктор С.К. Туманский. Во втором ряду: главный конструктор МКБ "Гранит" Ф.В. Шухов, главный инженер завода № 21 Т.Ф. Сефьи, начальник отдела ММЗ "Союз" Л.П. Берне, нач. ЭРО завода № 45 Е.С. Тарасов, представитель ММЗ "Союз" на заводе № 21 Г.И. Колгатин

24-25 апреля 2003 г. на базе ФГУП "ММПП "Салют" состоялся симпозиум, посвященный 60-летию начала практического применения электроэрозионной обработки (ЭЭО) металлов. В многолетнем соревновании с другими способами металлообработки электроэрозионный способ доказал свою перспективность, чрезвычайную простоту осуществления, малую энергоемкость, практически неограниченную область применения.



Изобретение советским ученым Борисом Романовичем Лазаренко принципиально нового электрического способа обработки металлов, сплавов и других токопроводящих материалов можно отнести к числу выдающихся открытий двадцатого века. Первое промышленное применение новый способ обработки металлов получил на Урале в 1942 г. В 1947 г. появился копировально-прошивочный станок с автоматическим приводом подачи электрода-инструмента в процессе обработки. Этот станок был создан инженерами Е.М. Левинсоном и Е.И. Владимировым при участии Б.Р. Лазаренко.

В начале 50-х годов в Советском Союзе, Швейцарии, Японии, Чехословакии и Германии появляются научно-инженерные коллективы и фирмы, основной деятельностью которых явилось изучение физической природы ЭЭО, исследование и разработка технологических процессов, разработка и создание оборудования.

О современном состоянии электроэрозионной обработки рассказали участники симпозиума. С приветственными словами обратились заместитель руководителя департамента Минпромнауки В.И. Бабкин, президент АССАД В.М. Чуйко, начальник управления Росавиакосмоса С.А. Чернявский.

С докладом о состоянии и перспективах развития ЭЭО на ММПП "Салют" выступил главный инженер завода В.А. Поклад. В настоящее время, работая в новых экономических условиях, ММПП "Салют" успешно расширяет области применения ЭЭО как в основном, так и в инструментальном производстве. Достигнутый технический уровень ЭЭО позволяет эффективно решать широкий круг технологических задач, таких как обработка отверстий малого диаметра, струйная обработка глубоких отверстий, обработка сложных фасонных поверхностей и отверстий. Стала возможной обработка непрофилированным электродом-проволокой, ЭЭ шлифование как плоскостей, так и поверхностей вращения. За разработку технологии струйной ЭЭ перфорации охлаждаемых лопаток ГТД и наземных

энергетических установок группа специалистов ММПП "Салют" и ОАО НИИД удостоена премии имени Льюки.

ЭЭО нашла широкое применение в ракетно-космической отрасли, о чем и рассказал генеральный директор НПО "Техномаш" В.В. Булавкин. В связи с тем, что детали ракетно-космической техники, особенно детали двигательной группы, изготавливаются из труднообрабатываемых сталей и сплавов, для их обработки требуются специальные методы. И первые роторы, полученные электроэрозионным способом уже в 1962 г., при стендовых испытаниях показали, что возможно достижение окружной скорости вращения до 400 м/с. При этом значение к.п.д. турбонасосного агрегата (ТНА) повышается до 58 %, и имеется возможность дальнейшего форсирования режима эксплуатации ротора до окружной скорости 465 м/с при повышении к.п.д. ТНА до 64 %.

Большая работа, связанная с совершенствованием технологии формообразования межлопаточного пространства турбин турбонасосного агрегата с цельным бандажом при помощи методов ЭЭО, проведена в КБ Химавтоматики. В докладе С.Н. Коденцева было отмечено, что разработка специально профилированного черного электрода, имеющего в плане дугообразную форму усредненной окружности, позволяет максимально выбрать зону прожига, оставляя лишь припуск на чистовой проход. Это дает возможность сократить время работы и уменьшить выгорание электродов. Применение ЭЭ прошивочного станка А35R (Sodick) позволило резко сократить сроки технологической подготовки производства, а также повысить точность и качество изготовления продукции.

Внедрение методов ЭЭО в производство изделий ГТД, с одной стороны, позволило решить ряд серьезных проблем, связанных с изготовлением деталей из жаропрочных материалов и их элементов при обеспечении высоких требований к точности и качеству обработки, а с другой стороны, поставило ряд вопросов, решение которых необходимо для повышения эффективности ЭЭО:

- повышение производительности обработки и снижение износа электрода-инструмента при ЭЭО титановых сплавов;
- ЭЭО отверстий с большим соотношением длины к диаметру при номинальном значении диаметра порядка 1...3 мм;
- снижение величины дефектного слоя при ЭЭО деталей.

Пути решения этих задач было посвящено выступление К.В. Такунцева - директора ГУП "НКБТ "Искра".

Конечно, такой симпозиум не мог обойтись без тех фирм, которые занимаются разработкой и изготовлением ЭЭ станков. В докладах Э. Штуца и Х. Висса (AGIE), Ф. Лоусона (AMCHEM Ltd), П. Варда (MJ Technologies Ltd), В.С. Полуянова (CHARMILLES) и др. были изложены перспективы развития электроэрозионных станков и новых технологий. П

ЮБИЛЕЙ



Редакция журнала с большим удовольствием оповещает Уважаемые Читателей о том, что 22 июня сего года одному из самых печатаемых наших авторов, Льву Павловичу Берне исполняется 85 лет!

Лев Павлович - один из уникальнейших людей в нашем авиационном двигателестроении. Почти ровесник Революции, Ветеран Войны, он более 40 лет деятельно и весьма результативно отработал на различных инженерных должностях в одной фирме - московском "Союзе" в Лужниках. Немалая доля его труда вложена в создание практически всех послевоенных двигателей этого предприятия - лучших отечественных реактивных двигателей.

С середины 80-х годов прошлого века Лев Павлович активный сотрудник и заместитель главного редактора нашего старейшего авиационного журнала "Крылья Родины". Его разнообразные по тематике, весьма грамотные и всегда интересные работы с удовольствием печатают как в "Крыльях", так и в других журналах и газетах России и мира. Конечно же, "Двигатель" не мог пройти мимо такого замечательного Человека в отечественной журналистике: статьи Берне мы печатаем с самого первого выпуска нашего журнала. Говорим авторитетно: немногие достигают такой глубины творческого проникновения в тему, какая дана Льву Павловичу. И уж совсем редко кому удается сохранить такой круг общения и память о многих, многих встречах, что делает его работы уникальными.

Желаем нашему дорогому Льву Павловичу и дальше удачно во всех начинаниях, крепкого здоровья, любви и уважения родных, близких и друзей. П

ВЫСТАВКА НАШЕГО БУДУЩЕГО

С 12 по 19 июля 2003 года в Москве на территории Всероссийского выставочного центра состоится IX Международная выставка молодых научно-технических проектов "ЭКСПО-Наука 2003". Руководит ее подготовкой Организационный комитет во главе с мэром Москвы Ю.М. Лужковым. В состав комитета входят заместители мэра, министры и руководители департаментов правитель-



ства Москвы, депутаты Московской городской Думы, работники министерств РФ, ректоры московских вузов, видные деятели науки.

В выставке примут участие около 2000 молодых людей из ста стран. Такого широкого представительства не знала ни одна из предшествующих выставок научно-технического творчества молодежи.

"ЭКСПО-Наука-2003" пройдет под эгидой ЮНЕСКО и соберет представительный состав участников из числа лучших юных изобретателей и молодых представителей науки России, зарубежных стран. Форум, безусловно, придаст новый импульс научно-техническому творчеству молодежи всего мира.

Международные выставки "ЭКСПО-Наука" организованы Международным движением научно-технического досуга



(МИЛСЕТ). Сегодня МИЛСЕТ объединяет молодежные организации, научные ассоциации, клубы, центры досуга из 80 государств. Движение содейству-

ет развитию научной культуры, привлекая молодежь к участию в выставках и совместных проектах.

Композиция выставки строится по четырем тематическим разделам. Ведущее место в программе отводится науке, ее роли в развитии человечества. В этой связи большое значение придается Международному молодежному научному конгрессу "Молодежь. Наука. Общество", который проводится в рамках "ЭКСПО-Наука 2003" в два этапа.

В дни работы выставки состоятся "круглые столы", мастер-классы, конференции. Запланированы встречи ведущих ученых России с молодежью по актуальным направлениям науки и техники. Кроме того, большая группа авторитетных российских ученых будет привлечена к работе по оценке молодежных научно-технических проектов, привезенных на выставку. Будет издан специ-



альный сборник лучших научных работ по тематике конгресса.

Программа конгресса будет завершена 17 июля 2003 года международной молодежной научной Ассамблеей, участники которой, как ожидается, примут обращение молодежи к главам государств и правительствам мира.

Доброй памятью о IX Международной выставке молодежных научно-технических проектов станет закладка "Сада будущего" неподалеку от Всероссийского выставочного центра.

Предстоящая Международная выставка молодых научно-технических проектов "ЭКСПО-Наука 2003" призвана внести достойный вклад в объединение усилий по созданию гармоничного мира, способствовать сближению молодежи многих стран. Ведь именно в ее руках в скором будущем окажется судьба планеты.



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО АРМ ДК-30 (СД)

контроля технического состояния
силовой установки самолетов
Су-27 и Су-30МК

КОНЦЕРН "КЭМЗ":
Республика Дагестан, 368800,
Кизляр, ул. Кутузова, 1.
Тел./Факс: (8-7239) 2-22-77.
E-mail: kket@mail.ru

ЗАО НПП "ИДС Дозор":
Россия, 123007, Москва,
ул. 4-я Магистральная, 13.
Тел./Факс: (095) 256-6649.
E-mail: y-dozor@yandex.ru

ПРИБРЕТАЕМ
никельсодержащие отходы,
лом жаропрочных (Ni-Cr)
и магниевых сплавов,
АВИАДВИГАТЕЛИ,
энергетические
силовые установки Б/У



РОСАВИАТЕХНИКА
АВИАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ
тел./факс: (095) 230-68-36/39/42
rosaviatech@mtu-net.ru www.rosaviatechnika.ru

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО СССР В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ (70-80-е годы XX века)

Валентин Шерстянников, д.т.н., Ветеран Космонавтики России

Международное сотрудничество Советского Союза в космической области начиналось еще в 1957 г. с организации совместных наблюдений за первыми советскими спутниками Земли. Впоследствии при Академии наук СССР был организован Совет по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства "Интеркосмос". В 60-80-е годы прошлого столетия с помощью многочисленных искусственных спутников, оснащенных уникальной аппаратурой, которая разрабатывалась специалистами различных стран, выполнялись разнообразные совместные научные исследования. Состоялись успешные запуски советско-французских и советско-индийских космических аппаратов, пилотируемых кораблей типа "Восток" и "Союз", а также орбитальной станции "Салют".

В 60-е годы по инициативе Советского Союза была принята международная программа "Сотрудничество социалистических стран в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях", в которой участвовали Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Монголия, Польша, Румыния, СССР и Чехословакия. Она включала проведение научно-исследовательских работ, осуществление запусков космических аппаратов, проведение конференций, симпозиумов, совещаний, стажировок и взаимных посещений учеными, участвующими в совместных исследованиях. Обширная научная информация, получаемая с помощью космических средств, публиковалась в печатных изданиях, трудах Международных конгрессов и симпозиумов и была хорошо известна мировой научной обществу. Автор настоящей статьи в 70-80-е гг. принимал непосредственное участие в совместных работах с зарубежными коллегами как специалист по ракетным двигателям.

70-80-е годы прошлого века были периодом интенсивного сотрудничества СССР с социалистическими странами и США в области освоения космоса по программам "Союз-Аполлон" и "Союз-Салют", осуществление которых вызвало большой интерес во всем мире и способствовало укреплению международного авторитета нашей страны. По этим программам пуски пилотируемых кораблей "Союз" осуществлялись ракетами-носителями (РН) "Союз" с двигателями ОКБ В.П. Глушко РД-107 и РД-108, серийно выпускавшимися на заводе им. Фрунзе в Куйбышеве. За многолетний период эксплуатации РН "Союз" было изготовлено несколько тысяч двигателей. По принятой тогда методике контроль качества изготовления двигателей осуществлялся путем проведения контрольно-выбороч-

ных испытаний (КВИ) единичных двигателей; по результатам этих испытаний принималось решение о пригодности всей партии выпущенных двигателей для установки на ракеты. При неудовлетворительных результатах испытаний создавались межведомственные комиссии для анализа причин и принятия решений.

В соответствии с приказами Министерства авиационной промышленности (МАП) я возглавлял ряд таких комиссий по двигателям, которые проходили КВИ в период 1974-1980 гг., и лично докладывал результаты работы комиссии руководству МАП. Обстановка в тот период была напряженной, как всегда поджимали сроки изготовления двигателей. Для обеспечения своевременной поставки двигателей заводом им. М.В. Фрунзе совместно с ОКБ В.П. Глушко и межведомственной комиссией был проделан большой объем работ, направленных на повышение качества выпускаемой продукции. Выполнение намеченной программы способствовало успешному осуществлению запусков пилотируемых кораблей "Союз", проведению их стыковок с кораблем "Аполлон" и станцией "Салют-6", работе на околоземной орбите и возвращению космонавтов на Землю. Многие участники этих работ были отмечены высокими правительственными наградами.

Здесь хочется отметить, что для многих из нас 70-80-е годы были периодом интересной, увлекательной работы и неожиданных событий в личной жизни. Так, приказ о назначении председателем комиссии по двигателям РН "Союз" я получил в день своего пятидесятилетия. В этот день в кабинете заместителя начальника института В.Р. Левина состоялось заседание НТС, на котором присутствовали коллеги по работе в институте, а также специалисты из двигательных и ракетных ОКБ. Открывая заседание, В.Р. Левин высоко отозвался о моей научной деятельности и о моем авторитете как председателя межведомственных комиссий, где, "как и в ООН, требуется большой опыт и способности, чтобы добиться согласованных решений". После приветственных выступлений собравшихся В.Р. Левин вручил мне поздравительный адрес, подготовленный министерством, а затем неожиданно сообщил, что приказом заместителя министра я назначен председателем комиссии и должен немедленно вылететь в Куйбышев, чтобы возглавить работу по допуску двигателей к совместному советско-американскому полету. В состав комиссии вошли заместитель директора завода-изготовителя, представитель Министерства обороны, заместитель главного конструктора ОКБ В.П. Глушко, ведущие специалисты НИИ ТП.

Юбилейный банкет пришлось отложить. Комиссия в этот же день вылетела в Куйбышев и приступила к работе. Был проведен анализ стендовых систем и материалов КВИ и разработан план мероприятий. Для приближения условий испытания двигателей на стенде к реальным рекомендовалось обеспечить гидродинамичес-



Космический Центр имени Ю.А. Гагарина. Делегаты Конгресса у орбитальной станции "Салют", 1982 г. В первом ряду (слева): профессор Г. Оберт (четвертый), президент ММА - Ч.С. Дрейпер (шестой), В.А. Шерстянников (восьмой). Во втором ряду седьмой справа - академик Б.В. Раушенбах

кое подобие топливных магистралей стэнда и ракеты при проведении испытаний двигателя. О результатах работы комиссии я доложил в МАП. Оценка была положительной. Однако для переделки стэнда требовалось время, а до совместного полета оставался всего один год. Руководство министерства стремилось развязать сроки поставки двигателей на РН со сроками окончания работ по предложенному комиссией плану. Положение было серьезным. На межведомственном совещании МАП, МОМ и ГУКОС с моим участием, которое проводилось по поручению комиссии по военно-промышленным вопросам (ВПК), наши предложения получили поддержку. Мне было дано указание подготовить доклад на ВПК.

Напряженная работа завода при активной помощи министерства обеспечила поставку двигателей в срок. В июле 1975 г. состоялся запуск пилотируемого корабля "Союз-19" и его стыковка с кораблем "Аполлон". Программа "Союз-Аполлон" была выполнена успешно и вызвала большой резонанс в мире.

Помимо реализации совместной программы с американцами, в 1975-1980 годах в нашей стране проводились работы по программе "Союз-Салют", в которой принимали участие социалистические страны.

Изготовление и поставки двигателей "Союзов" в 1975 г. проходили нормально. Однако однажды все же произошел отказ двигателя. В связи с этим по решению комиссии на заводе им. М.В. Фрунзе проводился большой объем исследований, направленных на выявление причин отказа, включая вибрационные испытания узлов двигателя в условиях, максимально приближенных к реальным на ракете. Работа проходила трудно. Причина долгое время оставалась неясной, и это вызвало недовольство у руководства. Во время моего очередного доклада о состоянии работ по двигателям на совещании в МАП начальник главного управления М.Н. Степин, резко прервав сообщение, дал мне указание немедленно вылететь в Куйбышев. Возникла непредвиденная ситуация - через три дня я должен был выступать с докладом в Праге на международном астронавтическом конгрессе, командировка уже была оформлена. Несмотря на это в тот же день я вылетел на завод им. М.В. Фрунзе. За два дня напряженной работы комиссия совместно с заводскими специалистами подготовила заключение и сформулировала дополнения к плану мероприятий по повышению качества изготавливаемых двигателей. Доложив о проделанной работе по "вертушке" Степину, я получил разрешение на поездку и утром следующего дня был уже в Праге.

Стоял ясный солнечный день. Нашу делегацию встречали космонавты и в представители оргкомитета конгресса. Международный астронавтический конгресс (МАФ-XXVIII) проходил под девизом "Использование космического пространства сегодня и завтра". В работе Конгресса приняло участие около 1500 делегатов. Среди них были многие выдающиеся ученые и инженеры из США, Англии, ФРГ, Франции, Италии и других стран. Делегацию СССР возглавлял академик Б.Н. Петров. Среди делегатов были академики Л.И. Седов, О.Г. Газенко, Г.Г. Черный, В.С. Авдучевский, космонавты А.А. Леонов, В.И. Севастьянов, В.В. Аксенов, В.Н. Кубасов и др. Советское посольство в Праге устроило большой прием, на котором я был представлен профессору Бюлеру, руководителю секции конгресса по космическим двигателям.

В рамках конгресса работало 49 секций и несколько симпозиумов. Советская делегация принимала активное участие в пленарных заседаниях и в работе большинства секций, что способствовало повышению международного авторитета нашей страны как лидера в освоении космоса. Я прослушал более 20 докладов по двигателям и двигательным установкам, предназначенным для различных космических систем. Мой доклад, посвященный моделированию рабочего процесса в ЖРД на режимах запуска, был встречен с интересом и впоследствии опубликован в трудах Международной академии астронавтики. Американские специалисты сделали много хорошо подготовленных докладов по космическому самолету "Спейс Шаттл" и его двигателям. Членами нашей делегации в личных контактах с зарубежными учеными и специалистами, в ходе дискуссий на секциях и симпозиумах были получены ценные материалы по американскому многоразовому космическому "челноку" и его силовой установке. Впоследствии нами были сдела-



XIII Международный симпозиум по космической науке и технике. Токио, 1982. В центре - профессор Акиба

ны доклады в ряде организаций (МАП, ЦИАМ, ЦАГИ, НПО "Молния" и др.) с подробным анализом материалов конгресса по перспективным космическим системам США, Европы и Японии.

В январе 1978 г. на полигоне Байконур я докладывал председателю госкомиссии о готовности двигателей РН к пуску ракеты с пилотируемым кораблем "Союз-27". Запуск корабля и его стыковка со станцией "Салют-6" прошли успешно.

Последующие полеты кораблей "Союз" осуществлялись с космонавтами из социалистических стран. Первым иностранным космонавтом стал гражданин Чехословакии Ремек, стартовавший с советским космонавтом Губановым на корабле "Сюз-28" в марте 1978 г.

В последующие годы специалисты авиационной промышленности принимали участие в конгрессах МАФ и других международных космических симпозиумах, их доклады публиковались в отечественных и зарубежных академических изданиях. Ценные материалы были получены делегацией СССР на XIII международном симпозиуме по космической науке и технике, состоявшемся в 1982 г. в Токио. На нем присутствовало 550 участников из 15 стран, было сделано более 100 докладов. Наибольший интерес представляли доклады японских специалистов о создании кислородно-водородных ЖРД типа LE-5 для второй ступени японской ракеты Н-1. ЖРД разрабатывались по открытой схеме с низким давлением в камере сгорания. Такое решение хотя и приводило к увеличению размеров камеры сгорания и утяжелению конструкции двигателя, однако оно способствовало снижению опасности взрыва кислородных насосов и возгорания газового тракта турбин. Большая величина удельного импульса этих ЖРД (близкая к удельному импульсу американского кислородно-водородного ЖРД для "Спейс-Шаттл") достигалась благодаря применению высокоэффективного сопла с большой степенью расширения. В ходе работы двигательной секции симпозиума было заслушано 26 докладов. В моем докладе (опубликованном в трудах симпозиума) излагались результаты исследования нестационарных процессов в ЖРД закрытой схемы. Перед докладом я сделал небольшое вступление на немецком языке и извинился за мои возможные неточности в английском. После выступления было задано много вопросов, поскольку опыта создания ЖРД закрытой



VII Международный аэрокосмический симпозиум. Пекин, 1985. Второй справа - председатель оргкомитета симпозиума академик Ч.Х. Ву. Второй слева - руководитель советской делегации В.А. Шерстянников



Специалисты минавиапрома во главе с заместителем министра А.В. Болботом (первый справа) на авиадвигательном заводе в Чехословакии, 1985

схемы японские специалисты тогда не имели. Возникла дискуссия, в ходе которой профессор Акиба, руководитель симпозиума, обращаясь ко мне, заметил: *"Интересный Вы русский, говорите по-английски с немецким акцентом!"*

Научно-техническое сотрудничество СССР с зарубежными странами в те годы было плодотворным и проходило в дружественной обстановке. В 1982 г. в Москве состоялась международная научная конференция, посвященная 25-летию запуска первого ИСЗ. В ней участвовали видные советские и зарубежные конструкторы ракетно-космической техники, космонавты СССР и стран Восточной Европы. В качестве почетного гостя АН СССР на конференцию был приглашен выдающийся немецкий ученый Герман Оберт, которому в то время было 88 лет. Он посетил ЦПК им. Ю.А. Гагарина, дом-музей К.Э. Циолковского и музей космонавтики в Калуге. Выступая на торжественном заседании, Оберт сердечно поблагодарил собравшихся и сказал: *"Несмотря на мой преклонный возраст, я решил посетить Вашу замечательную страну. Я не оратор, но сегодняшний день делает меня самым счастливым в моей жизни. Я благодарю всех Вас и дарю мою книгу "Ракета в космическом пространстве", опубликованную в 1923 году"*. В память об этих событиях у меня сохранилось несколько фотографий, сделанных в ЦПК, и пригласительный билет конференции с автографами Г. Оберта, президента международной астронавтической академии Ч. Дрейпера и космонавта ГДР З. Йена.

В 1985 г. делегация МАП принимала участие в 7 международном симпозиуме по воздушно-реактивным двигателям, проходившем в Пекине, где присутствовали представители институтов, университетов двигателестроительных и самолетостроительных фирм ведущих промышленных стран. Материалы и доклады симпозиума свидетельствовали о значительном научно-техническом прогрессе в области ВРД, а также о значительном расширении научных исследований в КНР за последние годы. Вместе с тем, докладов, посвященных проблемам применения водорода в авиационных двигателях, не было. Советская делегация посетила Пекинский институт аэронавтики и астронавтики академии наук Китая, Китайскую национальную лабораторию реактивных двигателей и институт технической теплофизики академии наук Китая, ознакомилась с экспериментальными стендами, аэродинамическими трубами и установками для испытаний двигателей и их узлов. Как руководитель делегации СССР я участвовал в заседании оргкомитета симпозиума и был принят директором департамента китайской ассоциации по науке и технологии Ю. Фангом. Наиболее ценные материалы симпозиума были предоставлены руководством ЦИАМ и ЦАГИ и использованы для корректировки тематических планов исследовательских работ.

В начале 80-х годов я был рекомендован на работу в МАП на должность заместителя начальника Главного управления и впоследствии координировал работы по организации ряда перспективных научных исследований и разработок, выполняемых головными НИИ МАП, институтами АН СССР и научно-техническими объединениями стран социалистического содружества.

Научно-техническое сотрудничество Советского Союза с социалистическими странами в области создания авиационно-космической техники осуществлялось вначале на основе двусторонних межправительственных соглашений. Впоследствии эти страны про-

являли заинтересованность в более широком научно-техническом и экономическом сотрудничестве в этой области, что соответствовало интересам и нашей страны. С учетом этих обстоятельств с целью более широкого и эффективного использования научно-технического, производственного и экономического потенциала заинтересованных стран МАП считал целесообразным рассмотреть возможность создания в рамках Комитета СЭВ по машиностроению отраслевого Бюро по авиационной технике. В Совмин СССР были направлены соответствующие предложения, и после их одобрения в апреле 1985 г. Бюро по авиационной технике во главе с министром авиационной промышленности СССР И.С. Силаевым было создано. По поручению Силаева мною совместно с головными НИИ был разработан проект "Соглашения об основных направлениях сотрудничества", который после согласования с МВТ, ГКНТ, Госпланом и заинтересованными странами был направлен в секретариат СЭВ. Соглашение было одобрено на заседании Комитета и подписано Болгарией, Венгрией, ГДР, Кубой, Польшей, Румынией, Чехословакией и Югославией. Для координации работ был образован Координационный совет во главе с заместителем министра авиационной промышленности А.В. Болботом. В качестве подразделения Координационного совета был образован Совет главных конструкторов (сопредседатели - Главные конструкторы А.А. Туполев и Г.В. Новожилов) и НТС (председатель - автор настоящей статьи). В состав образованных органов вошли руководители и ведущие специалисты ОКБ Туполева и Ильюшина, а также головных НИИ, в том числе ЦАГИ и ЦИАМ.

Интеграция стран содружества в рамках СЭВ обеспечила качественно новый уровень организации совместных работ. МАП провел организационные мероприятия, позволившие значительно расширить объем научно-технической помощи этим странам, включая выделение головных ОКБ в качестве соразработчиков и консультантов, широкое привлечение ведущих НИИ, проведение консультаций и стажировок специалистов, а также решение вопросов материально-технического снабжения. В целях повышения эффективности решения возникающих вопросов в рамках Бюро были созданы совместные рабочие группы специалистов из НИИ и ОКБ стран содружества. Руководители групп назначались после согласования с министерствами соответствующих стран. Мне было поручено возглавить группы по научно-техническому сотрудничеству с Польшей и Чехословакией. Я неоднократно бывал в этих странах, посещал авиационные институты, конструкторские бюро и заводы с целью координации совместных научно-исследовательских и опытных работ и оказания содействия в их проведении. Ярким примером плодотворного сотрудничества между СССР и Чехословакией в 50-70-е годы стало создание в нашей стране уникальной научно-экспериментальной базы, предназначенной для исследования и отработки авиационных двигателей и новейших образцов ракетно-космической техники. При создании этого комплекса специалистами обеих стран были решены сложнейшие научно-технические и производственные задачи, так как многие установки комплекса в то время не имели себе равных не только в Европе, но и в Америке.

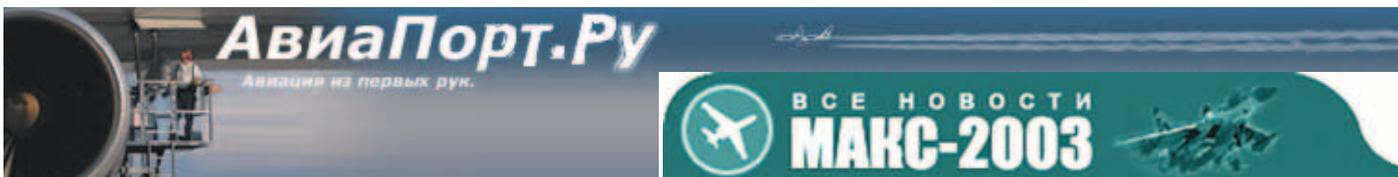
Бурное развитие авиационно-космической техники в последующие годы потребовало дальнейшего совершенствования испытательного оборудования. При научно-техническом содействии СССР на заводах объединения "ЧКД-Прага" были разработаны высокопроизводительные экзаустерные установки, оснащенные системами автоматического контроля, управления и регулирования, которые поставлялись в СССР для экспериментальных комплексов ЦИАМ, ЦАГИ и ЦНИИМаш. Это позволило создать в оборонном комплексе страны мощную научно-экспериментальную базу для проведения исследований в области авиационно-космической науки и техники. Основные участники создания экспериментальной базы были отмечены Государственной премией СССР.

Проведение совместных работ, нацеленных на создание и организацию производства перспективных изделий авиационно-космической техники, явилось ярким примером плодотворного научно-технического сотрудничества и международного разделения труда в интересах всех стран содружества. **А**

ИНФОРМАЦИОННОЕ ЗЕРКАЛО

В мае 2003 г. Научно-исследовательский институт экономики авиационной промышленности открыл проект "Все новости МАКС". Наш корреспондент побеседовал с руководителем проекта Иваном Скляровым.

МАКС-2003



"Двигатель": Пожалуйста, несколько слов о проекте и задачах, которые стоят перед его участниками.

Иван Скляров: В 1998 г. Научно-исследовательский институт экономики авиационной промышленности создал в сети Интернет свой первый сайт. И если пять лет назад это был корпоративный сайт, то спустя несколько лет на его основе создан крупнейший в России информационный проект, посвященный авиационной тематике - "АвиаПорт.Ру - авиация из первых рук". Руководство института поставило перед коллективом разработчиков "АвиаПорта" задачу оперативно и достоверно рассказывать обо всем, что происходит в авиации. И я могу смело утверждать, что с этой задачей мы справляемся.

Очевидно, что, рассказывая о жизни отрасли, мы не можем оставить без внимания важнейшее событие - Международный авиационно-космический салон, регулярно проводимый в подмосковном Жуковском. У нас есть большой опыт освещения работы салона в 1999 и 2001 годах. Все это позволило нам считать, что мы справимся с задачей создания специального информационного проекта, посвященного МАКСу, и сделаем это лучше, чем кто-либо другой. Решение Российского авиационно-космического агентства поручить НИИ экономики освещение участия предприятий отрасли в выставке подтверждает нашу уверенность.

"Д": Насколько известно, существует официальный сайт выставки. Зачем же дублировать его функции?

И.С.: Хочу сразу пояснить: мы делаем новостной проект, который займет свою нишу. Дело в том, что для коллектива нашего сайта стало уже привычным оперативно работать с самой разнообразной новостной информацией в авиакосмической области. Определенно могу сказать, что "АвиаПорт.Ру", пожалуй, наиболее посещаемый из всех новостных сайтов, связанных с гордостью России - авиацией и космонавтикой. Впервые за все время проведения аэрокосмических салонов в России задолго до открытия МАКСа-2003 готовятся и размещаются на сайте статьи, обзорные материалы и новости. В разработке информационных материалов принимают участие ведущие специалисты отрасли. В результате мы достигаем оперативности, обычной для информационных агентств.



Дело в том, что Интернет может предоставить гораздо более широкий спектр услуг, чем любое печатное издание, телевидение или радио. В первую очередь благодаря тому, что мы можем связать в единую логическую цепочку всю информацию об участниках выставки, экспонатах, мероприятиях, проводимых во время работы салона. Мы приобрели бесценный опыт, научились строить элегантные и логичные системы, которые отвечают на любые вопросы посетителя. Это позволяет нам считать, что мы существенно дополним представление о МАКСе, которое дает официальный сайт авиасалона.

"Д": Нельзя ли подробнее рассказать о том, что же смогут узнать участники салона и его посетители, зайдя на Ваш сайт?

И.С.: Надеюсь, что мы, как и обычно, не обманем ожидания наших пользователей. Они найдут здесь все, что их интересует. Например, мы предоставляем возможность участникам заявить о себе еще до открытия выставки, а в ходе ее работы - постоянно рассказывать о себе. Причем мы бесплатно предоставляем широкие возможности: от размещения информации в электронном каталоге участников до рассказа обо всех проводимых мероприятиях: презентациях, пресс-конференциях, семинарах и демонстрациях.

Деловые посетители смогут заранее найти наиболее интересные экспозиции и подготовить свою работу на выставке так, чтоб не пришлось тратить время на "ориентирование на местности". Любители авиации найдут расписание демонстрационных полетов и смогут просмотреть фоторепортажи с выставки.

"Д": То есть, фактически можно ознакомиться с выставкой, не выходя из дома?

И.С.: Конечно, мы предоставим максимум информации для тех, кто не сможет посетить салон. Для этого мы не просто публикуем статьи и новости на своих страницах. Нами развернута работа по сотрудничеству с региональными СМИ и Интернет-изданиями, которые воспользуются услугой экспорта наших новостей. В результате даже в отдаленных уголках страны и далеко за ее пределами читатели смогут "держать руку на пульсе событий" и быть в курсе всего происходящего в Жуковском.

Но в любом случае я советую приехать на МАКС, оказаться в центре российской авиационной науки, увидеть новейшие самолеты и вертолеты, насладиться великолепным авиашоу. Почувствовать атмосферу сопричастности. Ведь авиация - любимое детище всей нашей страны. Это сделали все мы. До встречи на салоне!

От себя редакция считает нужным добавить, что уже четыре года сайт нашего журнала размещен на интернет - площадях, предоставленных "АвиаПортом". На протяжении всего этого времени сотрудничество было самым высокопрофессиональным, дружелюбным, обстоятельным и взаимовыгодным. Во многом благодаря нашему сегодняшнему собеседнику. **И**



Представления К.Э. Циолковского и Ю.В. Кондратюка о конструкции ракетного двигателя



Лариса Васильева,
ведущий инженер-программист НПО Энергомаш
Вячеслав Рахманин,
главный специалист НПО Энергомаш, к.т.н.,
член-корреспондент РАК им. К.Э. Циолковского

К.Э. Циолковский – основоположник теории космонавтики – в многочисленных научных трудах рассматривал как теоретические, так и практические вопросы создания техники для космических полетов. И хотя общий уровень науки и техники первой трети XX века не позволял создать ракету для таких полетов, К.Э. Циолковский в своих работах изложил технические основы будущей ракетной техники.

Ю.В. Кондратюк – создатель собственной теории космических полетов – долгие годы был мало известен в научно-технической среде. Так сложилось, что его теоретические разработки по космонавтике составляют, к сожалению, только два печатных труда. Но это не снижает его вклада в теорию космонавтики. Для иллюстрации значимости разработанной им теории можно достаточно напомнить читателю, что предложенную им схему полета и посадки пилотируемого аппарата на Луну использовали американские ученые при разработке своей лунной программы.

Авторы статьи стремились не только передать основные мысли теоретиков космонавтики о ракетном двигателе, но и максимально сохранить их своеобразный язык. Это, по нашему мнению, должно не только сделать статью более достоверной, но и в какой-то мере передать дух времени, романтизм зарождения одного из великих научно-технических достижений ушедшего XX века – ракетно-космической техники.

В трудах К.Э. Циолковского рассмотрен широкий спектр различных технических вопросов, связанных с созданием реактивных самолетов, металлических дирижаблей, с осуществлением межпланетных перелетов. Но в центре его внимания было решение проблем по созданию ракет с двигателями, работающими на жидком топливе. В своем основополагающем труде "Исследования мировых пространств реактивными приборами" он дает такое определение: "Для путешествия вне атмосферы и всякой другой материальной среды на высоте 300 км, а также еще дальше, между планетами и Солнцем, нужен специальный прибор, который мы только для краткости будем называть ракетой". И далее там же: "Ракетой я называю реактивный прибор, который двигается отталкиванием вещества, запасенного в нем заранее".

В своих работах Циолковский указал наиболее рациональные пути и перспективы развития этого нового вида техники, а также дал ряд схем ракетных устройств, имеющих практическое значение. Одним из таких устройств является жидкостный ракетный двигатель.

Оценивая с сегодняшних позиций представления Циолковского о ракетном двигателе, невольно испытываешь бесконечное уважение к человеку, который, не имея инженерного образования, опираясь лишь на собственное воображение, сумел определить основные принципы, которые следовало положить в основу конструкции ЖРД, описал ее составные части и сформулировал технические требования к двигателю, которого никто еще не разрабатывал. Конечно, в представлениях Циолковского по нынешним меркам было много упрощенного, до некоторой степени наивного. Циолковский и сам это отчетливо понимал. Так, оглядываясь на четверть века своих занятий идеей реактивного движения, он написал статью "Труды о космической ракете 1903-1927 годы", в которой признал: "Ценность моих работ состоит главным образом в вычислениях и вытекающих отсюда выводах. В техническом отношении мною почти ничего не сделано. Тут необходим длинный ряд опытов, сооружений и выучки. Длинный путь экспериментального труда неизбежен. Пока могут быть даны малозначущие схемы и приводимые тут указания..."

И в то же время Циолковский удивительно близко подошел к типовому облику современного жидкостного ракетного двигателя. Чтобы прийти к такому результату он в течение более 25 лет размышлял над химико-физическими процессами, протекающими в камере сгорания ЖРД, и результаты этих размышлений находили место в регулярно публикуемых им научных трудах. В этих работах при описании ЖРД наибольшее внимание уделено конструкции и условиям работы камеры сгорания или "взрывной трубы", как ее называл Циолковский на протяжении всей своей творческой жизни. И это закономерно, т.к. по его определению "главный двигатель ракеты есть взрывная труба".

Уже в первом своем научном труде по ракетной технике "Исследования мировых пространств реактивными приборами", опубликованном в 1903 г., Циолковский, наряду с описанием и схемой ракеты, впервые изложил свое представление о ракетном двигателе. В этом описании двигатель и ракета пока единое целое: "В качестве исследователя атмосферы предлагаю реактивный прибор, т.е. род ракеты, но ракеты грандиозной и особенным образом устроенной, эта моя работа далеко не рассматривает всех сторон дела и совсем не решает его практической стороны относительно осуществимости, но в далеком будущем уже виднеются сквозь туман перспективы, до такой степени обольстительные и важные, что о них едва ли теперь кто мечтает."

Представим себе такой снаряд: металлическая продолговатая камера... Камера имеет большой запас веществ, которые при своем смешении тотчас же образуют взрывчатую массу. Вещества эти, правильно и довольно равномерно взрываясь в определенном для того месте, текут в виде горячих газов по расширяющимся к концу трубам вроде рупора или духового музыкального инструмента. В одном, узком конце трубы совершается смешение взрывчатых веществ: тут получают сгущенные и пламенные газы. В другом, расширенном, ее конце они, сильно разредившись и охладившись от этого, вырываются наружу через раструбы с громадной относительной скоростью". Далее в работе приводится дополнительное указание: "Труба окружена кожухом с быстро циркулирующей в нем металлической жидкостью".

Эта, казалось бы, сделанная вскользь ремарка получает в одной из последующих глав обоснование: "Циркуляция металлической жидкости в кожухе, окружающем трубы, необходима для поддержания одной и той же невысокой температуры трубы, т.е. для сохранения ее крепости. Несмотря на это, возможно, что часть ее будет расплавлена, окислена и унесена вместе с газами и парами. Может быть, для избежания этого внутреннюю часть трубы будут выкладывать каким-нибудь особенным огнеупорным материалом: углеродом, вольфрамом или чем-нибудь иным". И далее, предположив, что в качестве "взрывчатых веществ" могут быть использованы жидкие кислород и водород, Циолковский предложил: "Так как температура их весьма низкая, поэтому ими полезно окружить или кожухи с циркулирующим металлом, или непосредственно самые трубы". Так была сделана первая рекомендация по охлаждению камеры ЖРД: покрытие внутренней стенки тугоплавким материалом и наружное охлаждение компонентом топлива.

В одной из последующих работ ("Дополнение 1914 г.") Циолковский впервые отошел от общих рассуждений по поводу обеспечения работоспособности ракетного двигателя и привел некоторые расчеты, которые конкретизировали его представление о ЖРД. В 1914 г. это выглядело так: "Представим себе начало взрывной трубы, куда в определенном отношении притекают газы в жидком виде (хотя бы водород и кислород). [...] Принимая плотность смеси газов за единицу, найдем, что упругость их, принимая в расчет высокую их температуру, не превысит 5000 атмосфер, или около 5000 кг давления на 1 см² поверхности трубы в самом ее начале. [...] Положим для простоты, что она цилиндрической формы и определим ее наибольшую толщину и площадь дна. [...] Давление на ракету весом в 10 т положим в 5 раз больше ее веса. [...] Итак, давление газов на дно трубы составит 50 000 кг. А так как газы в начале трубы дают 5000 кг давления на 1 см², то площадь основания трубы соста-

вит 10 см². Толщину стенок трубы, принимая лучшую сталь и обычную безопасность, вычислим равной 4,5 см при внутреннем диаметре 3,6 см. Значит, внешний диаметр будет менее 13 см, а внутренний менее 4 см".

Из приведенного фрагмента видно, как далеки были представления Циолковского в 1914 г. от реальных параметров ныне существующих ракетных двигателей. Основное его заблуждение - выбор давления в камере в 5000 атмосфер - порожден, видимо, его представлениями о протекающих термохимических реакциях. Смешение раздельно подающихся в камеру кислорода и водорода (это Циолковский специально оговаривал) приводило к образованию "гемучего газа" (этот термин Циолковский использует в своих трудах) и соответственно к взрыву (отсюда и "взрывная труба"). А взрыв в полужамкнутом объеме может создать давление и в 5000 атм.

Взрыв, а не горение топлива в камере - это, пожалуй, единственное ошибочное представление Циолковского о процессах, протекающих в ЖРД. В остальном его представления отличаются четкостью, а изложение - ясностью и образностью.

Здесь уместно отметить, что из всех приведенных материалов по ракетному двигателю цифровые расчеты являются наименее сильной стороной Циолковского. Выбор исходных данных, полученные на их основе параметры работы камеры и ее геометрические размеры свидетельствуют о том, насколько далеки были безусловно правильные теоретические представления ученого о ракетном двигателе от их практического воплощения в будущем.

Что же касается представления о взрывном характере протекания рабочего процесса в камере, то в 1933 г. в статье "Топливо для ракеты" Циолковский подверг анализу употребляемый им термин "взрыв". Он писал: "В сущности, нет резкой границы между процессом взрывания вещества и простым горением. Действительно, то и другое есть более или менее быстрое химическое соединение. Горение есть медленное соединение, взрыв же есть быстрое горение".

Надо сказать, что Циолковский отчетливо представлял термодинамическую картину создания реактивной тяги. В редакции 1926 г. своего основополагающего труда он замечал: "Для реактивного аппарата надо, чтобы возможно большая часть тепловыделительной или химической энергии частиц превратилась бы в согласованное поступательное движение. Тогда исчезнет теплота, а взамен ее мы получим механическое движение или быстро движущуюся струю. Для этого употребляют длинную трубу. [...] Газ, расширяясь в трубе, все более и более охлаждается, теплота исчезает, заменяясь газовой струей. [...] Труба должна быть настолько длинна, чтобы газ на выходе расширился по крайней мере в 36 раз. Еще лучше - в 1300 раз".

Определив важность степени расширения газов в сопле камеры ЖРД, Циолковский в той же работе дал практические рекомендации по габаритам и конфигурации сопла. Он писал: "Цилиндрическая форма трубы оказывается чересчур длинной. Коническая форма тем сильнее сокращает эту длину, чем конус больше расширяется. Но чем угол его больше, тем более и потери энергии, т.к. движение газов уклоняется в стороны. Все же при угле в 10° потеря почти незаметна. Конус нужен усеченный. В меньшее основание накачиваются жидкие взрывчатые вещества. В трубе они смешиваются, взрываются, стремятся по трубе к открытому широкому основанию конуса, откуда и вырываются наружу сильно разреженные, охлажденные, со скоростью до 5 км/сек (для справки отметим, что скорость газа на срезе сопла современных камер составляет 2...3 км/сек - прим. авт.). В цилиндрической трубе полезное давление действует только на круглое основание цилиндра, в конической же трубе полезное давление происходит по всей внутренней поверхности конуса".

Но не только конструкция камеры ЖРД была в поле зрения Циолковского. Рассматривая ракету в комплексе, он в своих научных размышлениях коснулся также методов хранения и подачи компонентов топлива в камеру. Все в той же основной работе 1926 г. он писал: "Как же взрывать их и как хранить? Если взрывать так, как во всех известных старых и новых ракетах, то реактивное давление

при взрыве будет передаваться на всю поверхность сосуда (хранилища), что заставит делать его очень массивным. [...] Гораздо расчётливее держать элементы взрыва особо, без давления, и только накачивать их во взрывную трубу. Тогда для хранения их могут служить обыкновенные баки или даже сама разгороженная ракета" (заметим, что упомянутая вскользь "разгороженная ракета" - не что иное, как современные несущие баки).

Рассматривая насосную схему подачи топлива в камеру, Циолковский высказал интересную идею, которая, как и многие другие у него, прошла без акцентирования. Касаясь применения дополнительного двигателя для привода в действие топливных насосов, Циолковский писал: "Выход продуктов горения в нем должен быть направлен в общую взрывную трубу. Нельзя пренебрегать и малым использованием энергии горячих продуктов горения. [...] Извлеки механическую работу для привода насосов, мы воспользуемся продуктами горения как реактивным материалом во взрывной трубе". В другой главе все той же работы 1926 г., указывая на источник энергии для двигателя привода насосов, Циолковский писал: "...возможно для этого и предварительное использование небольшой части запаса взрывчатых веществ; после работы в моторе они поступают во взрывную трубу и совершают работу реакции". Вот так, вскользь, малозаметно. А ведь это - идея ЖРД дожиганием генераторного газа!

До сих пор мы имели дело со взглядами ученого на конструкцию ракетного двигателя, фрагментарно представленными в различных трудах, которые публиковались в период с 1903 по 1926 г. В 1927 г. вышла работа "Космическая ракета. Опытная подготовка", в которой Циолковский развил комплексное представление о ЖРД, сложившееся у него за 25 лет теоретической работы в области ракетостроения и космонавтики. Работа открывалась схематическим изображением "предполагаемого на первое время устройства аппарата". Далее приводилось пояснение работы основных агрегатов двигателя.

На схеме были представлены баки для компонентов топлива, топливные трубопроводы, насосы для подачи топлива с двигателем для их привода, пусковые и отсечные клапаны, смесительная головка, камера и рама двигателя. Как видим, Циолковский упомянул почти все элементы сегодняшней принципиальной схемы ЖРД. Нет только дросселя и регулятора, управляющих работой двигателя. Но в описании функционирования агрегатов Циолковский предусмотрел и этот момент, передав функциональную роль регулятора топливным насосам.

Рассмотрим, как в 1927 г. Циолковский представлял себе конструкцию и принцип работы всех составляющих элементов двигательной установки.

Бак горючего - водородный или нефтяной - окружал горячую "взрывную трубу", охлаждая её.

Бак окислителя - кислородный - окружал бак горючего для его охлаждения.

Топливные трубопроводы от баков к насосам "могут быть устроены из тонкого материала, т.к. не подвергаются давлению взрыва".

Топливные насосы предлагалось приводить в действие специальным мотором, продукты горения из которого выбрасывались в сторону, противоположную движению ракеты, для увеличения реактивного действия. Производительность насосов определяла объемный расход компонентов топлива. Дозирующая регулировка обеспечивалась изменением величины хода одного из поршней. Отсюда следует, что Циолковский предполагал использование насосов поршневого типа (через 5 лет насос такого типа пытались создать в ГД и ГИРДе независимо друг от друга, однако он оказался малопригодным для работы в составе ЖРД).

Клапаны предполагалось устанавливать на входе и выходе из каждого насоса. Судя по дальнейшему описанию их работы, это обратные клапаны. В пояснении Циолковского они должны были работать так: "Клапаны, ведущие во взрывную трубу, захлопываются с ужасной силой в момент взрыва. Только тогда, когда уменьшится давление в трубе, клапаны могут открыться, и поршни будут двигаться, чтобы дать трубе новую порцию взрывчатых веществ".

Смесительная головка по Циолковскому - это решетка с косыми дырами для лучшего смешения углеводородов с кислородом. Смешение и взрыв должно было происходить за решетками, где множество разнородных струй приходило в столкновение и смешение.

Камера - по Циолковскому - "взрывная труба конической формы". Ее расширяющаяся к выходу форма позволяла сократить длину всего устройства. Опыт должен был помочь определить наиболее выгодную степень ее расхождения или угол конуса.

Взрывную трубу следовало изготавливать из материала прочного (даже при высокой температуре), тугоплавкого и несгораемого; хорошо, если он также являлся бы лучшим проводником тепла. Циолковский считал целесообразным сделать трубу из двух оболочек: первой - внутренней, очень прочной и тугоплавкой, второй - менее тугоплавкой, но тоже прочной и хорошо проводящей тепло. "Благодаря этому тепло от страшного нагревания трубы вблизи решеток будет быстро уноситься наружной трубой. [...] Кроме того, труба охлаждается еще и жидкостями".

Подводя итоги изложению взглядов Циолковского на конструкцию ЖРД, следует отметить, что его предложения были в той или иной более совершенной форме использованы при разработке фундаментальной конструкции ЖРД.

Так, Циолковский обосновал целесообразность насосной подачи топлива, необходимость и возможность охлаждения внутренней стенки камеры компонентом топлива, дал рекомендации по использованию материалов и теплостойких покрытий для камеры, указал на выгоды применения конического сопла по сравнению с цилиндрическим, предложил основы организации смешения в камере.

Следует особо отметить, что Циолковский, может быть недостаточно акцентированно, но в явной форме указал на энергетическую эффективность схемы с дожиганием. Это же можно сказать и об идее несущих баков.

Есть в его работах и не вошедшая в статью идея схемы с безрасходным третьим компонентом, являющимся рабочим телом турбины. Сейчас в практической деятельности двигательных ОКБ проявляется интерес к возможному использованию такой схемы ЖРД.

Другой наш отечественный теоретик космических полетов и ракетной техники Ю.В. Кондратюк разработал собственную теорию завоевания Солнечной системы. Его основной научный труд "Завоевание межпланетных пространств" впервые был издан в 1929 г. в Новосибирске тиражом 2000 экземпляров. В авторском предисловии, датированном июнем 1925 г., Кондратюк указывал, что его работа была начата в 1916 г., потом в нее трижды вносились дополнения, а сама она подвергалась коренной переработке. Далее Кондратюк отмечал, что в процессе работы над книгой он не имел возможности ознакомиться с иностранной литературой по теме работы, а из трудов Циолковского смог увидеть только вышедшие в свет до 1911 г.

Отмечая теоретический характер своей работы, Кондратюк в этом же предисловии писал: "В работе отсутствуют конструктивные рисунки и чертежи: общие принципы конструкций легко могут быть выражены и словесно, частности же нами пока разрабатываемы быть не могут..." Более того, в первоначальной рукописи отсутствовала глава о приводящей силе космической ракеты - ракетном двигателе. По признанию Кондратюка в письме к профессору Н.А. Рынину, редактор первого издания профессор В.П. Ветчинкин обратил внимание автора "на огромное значение конструктивной разработки "горелки" - извергающей трубы, почему была написана и вставлена глава IV".

Впрочем, глава IV, названная "Процесс сгорания, конструкция камеры сжигания и извергающей трубы", занимает неполные две страницы книги. Чувствуется, что Кондратюк подошел к ее написанию довольно поверхностно. И тем не менее, учитывая полную самобытность автора, его представления о процессах в камере сгорания двигателя и ее конструкции представляют интерес для сегодняшних историков ракетной техники.

Итак, вот выдержки из IV главы: "Весьма существенным является вопрос о температурах в камере сжигания и в извергающей

трубе. Происходящая при высоких температурах диссоциация молекул не даст пойти химической реакции сразу полностью; при некоторой температуре (выше 3000 °С) для всех реакций наступит химическое равновесие, после чего дальнейшее их течение возможно будет лишь по мере потери тепла газами при их расширении в извергающей трубе.

Конструировать камеру сжигания и извергающую трубу придется следующим образом: те поверхности, которые будут подвержены действию температур более высоких, чем может выдержать самый огнеупорный материал, нужно делать металлическими (медными или из тугоплавких металлов, как хром или ванадий) и подвергнуть интенсивному охлаждению снаружи жидкими газами, подающимися в камеру сжигания. Остальные поверхности можно облицовывать изнутри достаточно огнеупорными материалами".

На этом, собственно, и заканчивается описание Кондратюком предполагаемой конструкции камеры ЖРД. Все здесь правильно: и взгляды на термодинамику в камере, и на необходимость охлаждения... Но конструкция камеры как агрегата ЖРД отсутствует. Так что можно считать, что замечание В.П. Ветчинкина было "устранено" довольно формально.

Однако этим не исчерпываются взгляды Кондратюка на конструкцию ЖРД. В другой работе, написанной в 1918-1919 гг. и озаглавленной "Тем, кто будет читать, чтобы строить", Кондратюк дал еще несколько рекомендаций по созданию ракетного двигателя. Так, он предложил изготавливать сопло в виде параболоида вращения, только параболы более высокой степени, чем квадратная.

При этом внутреннюю поверхность сопла следовало, по его мнению, полировать для уменьшения потерь скорости газового потока на трение.

Рассматривая вопрос о сжигании топлива, Кондратюк анализировал различные схемы смесеобразования из кислородно-во-

дордных компонентов и пришел к выводу, что оптимальной может быть раздельная подача каждого компонента с чередованием подающих элементов - то, что сегодня называется "шахматная схема расположения форсунок".

Сделав вывод о целесообразности создания высокого давления в камере для повышения степени расширения газов, что, в свою очередь, должно повысить к.п.д. двигателя, Кондратюк считал необходимым применение насосной подачи топлива. Он писал: "Насосы приводятся в действие двигателем внутреннего сгорания или лучше турбиной, но опять нужен соответствующий материал, так как двигатель работает на гремучем газе". И здесь следует многозначительная сноска: "Выпускная труба этого двигателя должна открываться в камеру в таком месте, чтобы давление газов в камере позволяло выходить газам от двигателя".

Таким образом, и у Кондратюка просматривается идея ЖРД с дожиганием. На этом его рекомендации по созданию ракетного двигателя исчерпываются. К сожалению, указанная работа Кондратюка была впервые опубликована в 1964 г. в сборнике "Пионеры ракетной техники", так что говорить о ее влиянии на развитие конструкции ракетных двигателей не приходится.

Остается провести сравнение взглядов Циолковского и Кондратюка на конструкцию ЖРД. Практически их взгляды совпадают, только у Циолковского разработки имеют более глубокие обоснования, они шире по охвату узлов и агрегатов двигателя.

Знаменательно, что взгляды на конструкцию ЖРД у наших великих теоретиков во многом предвосхитили многое из того, что было создано "в металле" через десятки лет. Идеи основоположников космонавтики в дальнейшем нашли экспериментальное подтверждение в работах отечественных конструкторов, сделавших не менее важный шаг от теории к практическому ракетостроению. 

ЕПК ЕВРОПЕЙСКАЯ ПОДШИПНИКОВАЯ КОРПОРАЦИЯ

ХОЛДИНГ
«ЕВРОПЕЙСКАЯ ПОДШИПНИКОВАЯ КОРПОРАЦИЯ» –
КРУПНЕЙШИЙ В СНГ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Производство:

- объединяет "Московский подшипник" ("ГПЗ-1"), Волжский подшипниковый завод ("ВПЗ-15"), Степногорский подшипниковый завод ("СПЗ-16");
- лидирующее положение на рынках России и СНГ;
- широкая номенклатура подшипников различного назначения, в т.ч. для нефтегазового комплекса и авиакосмической промышленности;
- соответствие качества продукции международным стандартам.

Поставки:

- единая сбытовая структура "Торговый дом ЕПК",
- региональные представительства,
- послепродажное обслуживание,
- гибкая система скидок.

ООО "Торговый дом ЕПК", 115088,
Москва, ул. Новоостاپовская, д. 5, стр. 14.
Тел.: (095) 275-3206, 275-9078,
(095) 275-9221.
Факс: (095) 274-6097.
E-mail: lw@ebcorp.ru, spec@ebcorp.ru
www.ebcorp.ru

ООО "Торговый дом ЕПК - Санкт-Петербург" -
ведущий представитель ОАО "ЕПК"
в Северо-Западном регионе.
Тел.: (812) 327-4914, 320-0520.
Факс: (812) 327-4971
E-mail: tdebcsppb@westcall.net
www.ebcorp.ru/spb

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ (ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ)

Часть 2

Евгений Бугаец, д.т.н.

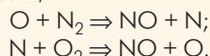
В первой части статьи ("Двигатель" № 6, 2002) мы упомянули, что новая свеча зажигания с тонкостенной конусной насадкой улучшает в том числе и экологические показатели двигателей, работающих на легком топливе. Учитывая важность проблемы экологии, рассмотрим этот вопрос более подробно.

Как известно, в результате сгорания органического топлива в двигателе образуется ряд газообразных соединений разной степени вредности: оксид углерода, диоксид углерода, оксиды азота, углеводороды, диоксид серы, сажа, соединения свинца, бензопирен и др. Их наличие в абсолютных и относительных единицах измерения определяется многими факторами: качеством органического топлива, нагрузкой, режимом работы двигателя, правильностью регулировки двигателя, а также характером процесса горения воздушно-топливной смеси в камере сгорания. Например, диоксид серы и соединения свинца появляются при использовании соответствующего бензина. Мы будем рассматривать лишь то, что в наших силах изменить, в частности с помощью свечи зажигания.

Оксиды азота

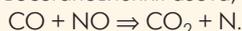
По коэффициенту опасности и реальному объему выбросов оксиды азота с большим отрывом занимают "почетное" первое место. В отличие от многих других токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах двигателя и являющихся продуктом неполного сгорания, частичного окисления и термического разложения топлива, образование оксидов азота непосредственно с реакциями горения не связано, а имеет термическую природу.

Как известно, азот является инертным газом и основным компонентом воздушной атмосферы Земли (не менее 75 %). Вследствие диссоциации молекул O_2 и N_2 на атомы при высоких температурах образование окиси азота происходит как результат протекающих следующих цепных реакций:



В дальнейшем при наличии свободного кислорода происходит сравнительно медленное окисление NO в NO_2 . Поэтому всюду, где возникает в атмосфере источник высокой (не менее 1500 °С) температуры (удар молнии, сварочные работы и т.д.), генерируются окислы азота.

Процесс образования окислов азота в двигателе отличается важными особенностями. Атом кислорода ведет себя подобно капризной барышне. В первую очередь предпочтение отдается углероду. Далее идет водород. И лишь тогда, когда рядом нет ни углерода, ни водорода, кислород вступает в соединение с азотом. Кроме того, если позже появятся более "приоритетные партнеры", может произойти реакция восстановления азота, например



Поэтому для образования оксидов азота в двигателе значение имеет не только температура, но и степень обогащения воздушно-топливной смеси и ее качество. Даже если в среднем воздушно-топливная смесь оказывается богатой ($\lambda < 1$), но плохо смешанной (крупные капли бензина, локальные объемные области чистого воздуха), то наблюдается образование оксидов азота. Поэтому не следует жалеть усилий для получения высокооднородной воздушно-топливной смеси, так как это позитивно влияет не только на энергетические, но и на экологические показатели двигателя.

А теперь законно поставить вопрос? какое влияние на уровень оксидов азота имеет новая свеча зажигания?

Во-первых, как было показано в первой части статьи, новая свеча принципиально изменяет характер горения воздушно-топливной смеси в камере сгорания. Горение теперь происходит симметрично и примерно в три раза быстрее. Это позитивно сказывается на температурном градиенте в камере сгорания. Еще раз вспомним Махе-эффект: "При завершении горения воздушно-топливной смеси в замкнутой камере температура сгоревших газов в зоне источника зажигания наибольшая и уменьшается к границам зоны горения". Другими словами, чем дольше длится процесс горения, тем выше максимальная температура в камере сгорания. А градиент температур полностью отражает траекторию распространения пламени в камере сгорания. На рис. 1 показан характер распространения пламени (типичная камера сгорания - вид сверху, свеча зажигания - сбоку), А - традиционная свеча, В - новая свеча. Заметим, что максимальная и средняя температуры в камере сгорания с новой свечой снижаются.



Рис. 1

Во-вторых, в камере сгорания с новой свечой происходит снижение средней температуры при высоких скоростях движения автомобиля благодаря экономии топлива. Ведь количество сгоревшего топлива определяет выделяемую тепловую энергию. Новая свеча по праву может быть названа "победителем скорости". На рис. 2 приведен график зависимости расхода топлива типичного автомобиля от скорости на трассе. При использовании традиционной свечи с нарастанием скорости наблюдается экспоненциальное нарастание расхода топлива. Это объясняется известным недостатком традиционного зажигания - снижением крутящего момента двигателя с ростом нагрузки и увеличением частоты вращения.

На рис. 3А показана эпюра неравномерной нагрузки на пошень от газодинамических сил, и связанных с нею механических потерь при больших крутящих моментах. С постановкой новой свечи зажигания эта неравномерность исчезает (Рис. 3В).

На рис. 4 показаны индикаторные диаграммы при большой частоте вращения коленвала двигателя с традиционными и новыми свечами. Они объясняют причины снижения крутящего момента с

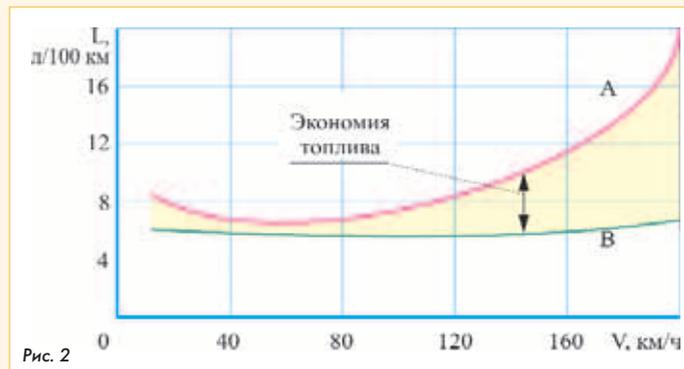


Рис. 2

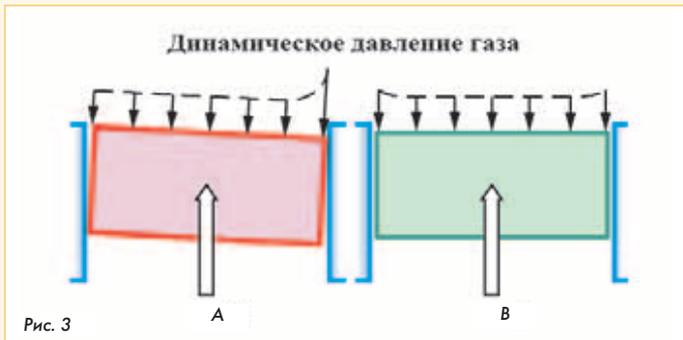


Рис. 3

ростом оборотов двигателя. Например, удельный расход топлива у двигателей гоночных болидов "Формулы-1" возрастает в 20 раз при скорости свыше 300 км/ч. Между тем новая свеча зажигания позволяет значительно уменьшить зависимость удельного расхода топлива от скорости. Было получено практическое подтверждение данного факта: при скорости 170 км/ч экономия составила 50 %. То есть автомобиль, расходуя бак бензина и двигаясь со скоростью 170 км/ч, только благодаря новым свечам преодолевал в два раза большее расстояние, чем раньше. Данное обстоятельство особенно важно для тех стран, где скорость движения по трассам практически не ограничена, например, в Германии. Кроме того, было замечено значительное снижение температуры двигателя.

В-третьих, новая свеча обеспечивает снижение выбросов оксидов азота благодаря повышению динамичности автомобиля. Особенно это относится к разгону типа "педаль акселератора в пол". Этот

Результаты измерений содержания продуктов неполного сгорания топлива в отработавших газах двигателя с электронными системами впрыска и зажигания автомобиля Renault 19 выпуска 1992 г.			
Условия	Экология		
	CO, %	CH, ppm	CO ₂ , %
Со штатными свечами	0,4	180	14,6
С новыми свечами	0,08	80	15,6
После 200 км пробега	0,00	26	15,9

режим разгона, кстати, является и самым экономичным (по А. Дивакову). Чем быстрее автомобиль достигнет заданной скорости, тем меньше он сожжет топлива и меньше будут выбросы оксидов азота.

На практике получены следующие результаты эксплуатации новых свечей. На холостом ходу оксиды азота практически отсутствуют, так как температура горения низка. Однако с увеличением частоты вращения коленвала двигателя количество оксидов азота заметно растет (рис. 5).

Ездовые испытания выявили удивительное непостоянство уровня оксида азота. Испытания проводились на фиксированной скорости 120 км/ч. При этом показания прибора резко колебались в зависимости от малейшего изменения профиля дороги, ветра, положения педали акселератора. Поэтому было решено регистрировать крайние показания (рис. 6).

Оксид углерода (CO) и углеводороды (CH)

Данные компоненты выхлопных газов объединены общим понятием - продукты неполного сгорания органического топлива. Считается,

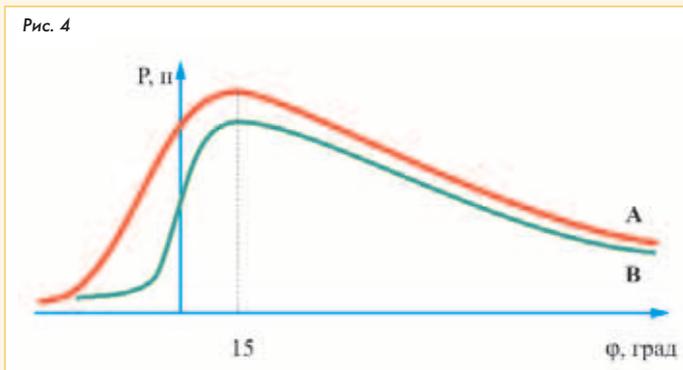


Рис. 4



Рис. 5

что содержание CO и CH в отработавших газах двигателей почти не зависит от многих факторов, важных для оксидов азота: степени сжатия, частоты вращения коленчатого вала, угла опережения зажигания. Это практически линейная зависимость от коэффициента богатства смеси λ. Заметим, что содержание CH практически никогда не может достичь нулевой отметки, так как около 2 % топлива находится в пограничном слое у холодных стенок, где горения не происходит. Логично заключить, что особенности свечи зажигания тем более не смогут повлиять на уровень CO и CH. Однако действительность оказалась иной. Мы воспользуемся результатами экспериментов, проведенных Римантасом Шерейка (г. Алитус, Литва), который накопил наибольший профессиональный опыт использования новых свечей. Измерения проводились на холостом ходу, когда уровень CO и CH оказывается максимальным из-за наихудших условий горения (см. таблицу).

При повышении частоты вращения коленвала двигателя содержание CO и CH еще больше уменьшается, а содержание CO₂ увеличивается до 16 %. Было замечено, что после замены свечей появился специфический запах выхлопных газов, который через 150 км исчез. Это объясняется тем, что в результате улучшения процесса горения в двигателе происходила очистка катализатора и всей выпускной системы в целом от загрязнений.

Если установить новые свечи в карбюраторные двигатели, то в результате несколько увеличивается частота вращения коленвала на холостом ходе, но уровень CO и CH практически не изменяется. С увеличением угла опережения зажигания частота вращения коленвала на холостом ходе растет и достигает максимума при его увеличении на 3...5°. Путем соответствующей регулировки карбюратора частоту вращения вала снижают до штатной. При этом обеспечивается стабильная работа двигателя и заметное уменьшение содержания CO (до 0,2 %) и CH. Содержание CO₂ при этом возрастает, что указывает на более качественное горение.

Заключение

Приведенные теоретические обоснования и полученные экспериментальные результаты ни в коем случае нельзя считать окончательными. Это только начало. Но уже сейчас многие специалисты абсолютно убеждены, что новые свечи положительно влияют не только на динамику автомобиля, экономию топлива, увеличение моторесурса двигателя, но, что особенно важно в наше время, на резкое снижение загрязнения окружающей среды. Напомним, что катализатор дорогостоящ, недолговечен, занимает много места, снижает мощность двигателя, и его использование приводит к повышению расхода топлива.

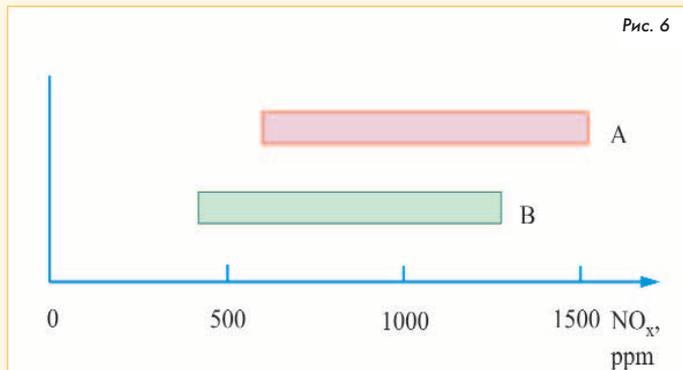


Рис. 6

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПУСКОВЫХ КАЧЕСТВ ТАНКОВЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Александр Ефремов, ведущий научный сотрудник 38 НИИИ МО РФ, к.т.н.

Для современного танкового газотурбинного двигателя (ГТД) режим запуска является одним из наиболее напряженных. Как известно, частота осуществления запусков в неблагоприятных климатических условиях определяющим образом влияет на надежность и продолжительность жизненного цикла любого двигателя, будь то авиационный, морской или транспортный. В боевой обстановке пусковые свойства двигателя приобретают особую значимость, поскольку от них зависит не только способность танка выполнять поставленную боевую задачу, но и, в известной мере, судьба самой боевой машины и ее экипажа.

В соответствии со сложившимися стереотипами оценку пусковых качеств танковых ГТД производят так же, как оценивают аналогичные характеристики дизельных двигателей военно-гусеничных машин. Для большинства отечественных боевых машин характерно длительное хранение на открытых площадках, поэтому основное внимание традиционно уделяется режимам запуска при низкой температуре воздуха. В качестве одного из критериев оценки надежности запуска принята так называемая "минимальная температура холодного пуска". Имеется в виду, что перед запуском двигателя такую температуру имеет не только окружающий воздух, но и жидкости в системе охлаждения (для дизеля), масло в системе смазки двигателя и электролит аккумуляторных батарей. Определение минимальной температуры холодного пуска сохраняет свою важность и для газотурбинного двигателя несмотря на то, что он не имеет жидкостной системы охлаждения. Ограничивающими факторами для ГТД являются температуры масла и электролита, которые влияют на пусковую мощность стартера.

Под пуском, как правило, понимается процесс раскрутки вала двигателя от неподвижного состояния до режима минимально устойчивой работы. Применительно к газотурбинному двигателю таким режимом является режим малого газа. При за-

пуске ГТД функционирует на неустановившемся, фактически глубоко нерасчетном режиме. Основное отличие режима разгона ротора турбокомпрессора в процессе запуска двигателя от эксплуатационных неустановившихся режимов заключается в том, что большую часть времени ротор раскручивается от постороннего источника энергии. Лишь на последней стадии пуска, когда пусковой источник отключен, происходит обычный процесс разгона газотурбинного двигателя.

Под пусковыми качествами двигателя понимается совокупность свойств, характеризующих подготовку двигателя и его систем к запуску, собственно пуск и готовность двигателя к работе под нагрузкой. Поскольку газотурбинный двигатель и обслуживающие его системы образуют единую силовую установку, принято говорить о пусковых качествах газотурбинной силовой установки (или силовой установки с ГТД). Пусковые качества в общем случае зависят от большого числа различных конструктивных и эксплуатационных факторов, среди которых выделяют:

а) конструктивные факторы:

- отсутствие жидкостной системы охлаждения;
- применение подшипников качения;
- величина момента инерции ротора турбокомпрессора;

Основной боевой танк Т-80У оснащен газотурбинным двигателем ГТД-1250



- число валов ГТД;
 - пусковые характеристики компрессора, камеры сгорания, турбины;
 - применяемая система регулирования и реализуемая ею программа пуска;
 - используемый тип пускового устройства и наличие дублирующей системы запуска;
 - выбранная система зажигания.
- б) эксплуатационные факторы:
- температура окружающего воздуха;
 - разрежение воздуха (сопротивление на входе в двигатель) и противодавление (сопротивление на выпуске);
 - влажность воздуха;
 - типы применяемого топлива и моторных масел;
 - периодичность и глубина технического обслуживания и характеристики применяемых методов контроля;
 - квалификация механиков-водителей и качество инженерного руководства эксплуатацией техники.

Как известно, возможность совместной работы компрессора, камеры сгорания и турбины ГТД определяется в основном запасом устойчивости компрессора. Для обеспечения надежного автоматического запуска газотурбинного двигателя необходимо, чтобы запас устойчивости компрессора на этом режиме был не менее 10 %.

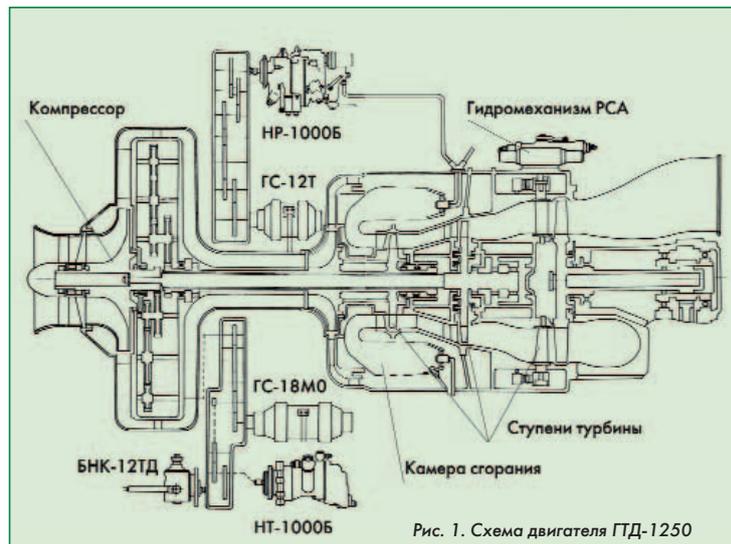
Одним из требований, предъявляемых к двигателю, является обеспечение его надежного запуска в различных условиях эксплуатации при единой регулировке топливной аппаратуры. Выполнить это требование в полной мере удается далеко не всегда. Так, программой регулирования запуска танкового газотурбинного двигателя типа ГТД-1250 (трехвального двигателя мощностью 1250 л.с., не оснащенного теплообменником) предусмотрено изменение расхода топлива в зависимости от величины давления воздуха за компрессором высокого давления с корректировкой по давлению окружающего воздуха. Такая программа не исключает возможности образования опасных "забросов" температуры газов в процессе запуска двигателя, которые могут привести к преждевременному выходу его из строя. Пуск ГТД с единой, оптимальной для различных условий эксплуатации танков регулировкой топливной аппаратуры, требует применения более совершенных электронных систем управления.

Среди обязательных требований к танковым двигателям одним из наиболее важных является наличие дублирующего (независимого от основного) средства осуществления запуска. Например, если для запуска дизельного двигателя предусмотрен электрический стартер с питанием от аккумуляторных батарей, то в случае их разряда запуск осуществляется сжатым воздухом из баллонов. Дублирующие источники энергии для запуска танковых ГТД не предусмотрены. Установка на танке автономного энергоагрегата не решает данную проблему, так как для запуска самого агрегата необходимы аккумуляторные батареи. Перспективным решением с точки зрения создания дублирующего источника энергии для обеспечения запуска газотурбинного двигателя может быть, например, установка на танке емкостных (молекулярных) накопителей. Для танков с дизельными двигателями в качестве аварийного средства иногда применяют запуск с помощью буксира. Такой способ запуска практикуется не только в мирное, но и (что особенно важно) в военное время. Запустить танковый ГТД буксировкой боевой машины нельзя, однако возможен электрический пуск с использованием силовой установки аналогичного танка в качестве внешнего источника энергии.

Пусковые качества газотурбинной силовой установки (ГТСУ) в значительной степени зависят также от функционирования системы зажигания. Необходимым условием создания устойчивого очага горения в камере сгорания газотурбинного двигателя является выполнение следующих неравенств:

$$U_{расп} \geq U_{проб};$$

$$Q_{расп} \geq Q_{воспл};$$

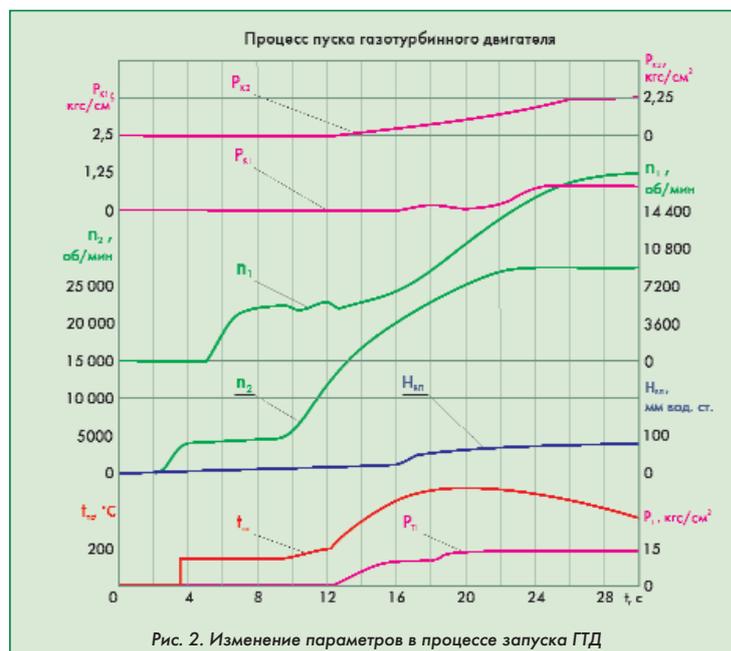


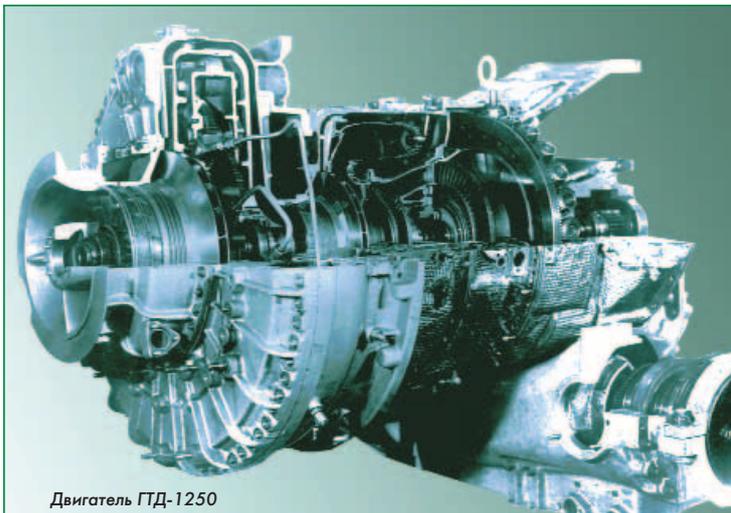
где $U_{расп}$ - напряжение, подводимое к свече зажигания;
 $U_{проб}$ - пробивное (разрядное) напряжение;
 $Q_{расп}$ - энергия, вводимая электрическим разрядом в горючую смесь;
 $Q_{воспл}$ - энергия, минимально необходимая для воспламенения начального объема топливо-воздушной смеси.

Непосредственно в войсковых условиях пусковые качества танковых газотурбинных силовых установок определяются эксплуатационными факторами. Экипажи танков с ГТСУ обязаны строго выполнять требования инструкции по эксплуатации и тем самым обеспечивать точное соответствие условий эксплуатации и параметров фактических пусковых режимов расчетным (заданным при проектировании).

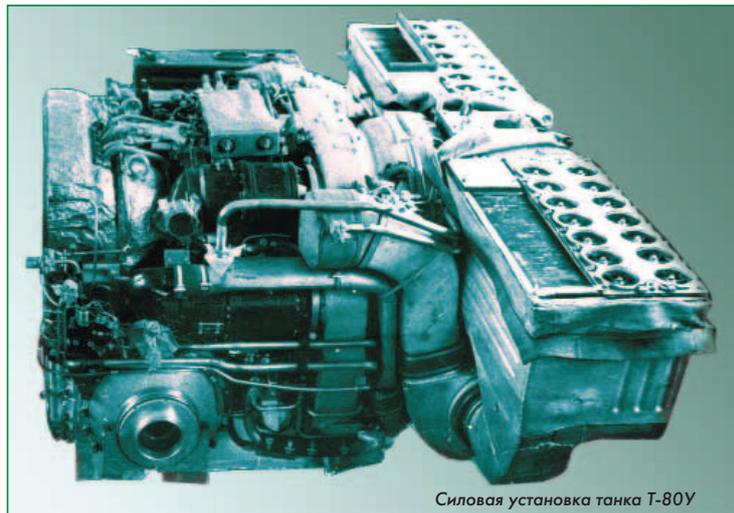
Приведем основные показатели, которые должны приниматься во внимание при оценке пусковых качеств танковых силовых установок с ГТД (с учетом конструктивных и эксплуатационных факторов):

- затраты времени на подготовку двигателя к пуску;
- максимальная допустимая температура газа ("заброс" температуры) и продолжительность ее действия;
- минимальная температура холодного пуска двигателя;
- минимальная температура пуска от "теплых" аккумуляторных батарей или неэлектрической системы пуска;
- максимальная температура воздуха при повторном пуске двигателя (через 2 мин после глушения);
- время пуска двигателя;





Двигатель ГТД-1250



Силовая установка танка Т-80У

- максимальное сопротивление на входе в двигатель (разрежение) и выходе из него (противодавление);
- затраты энергии на запуск двигателя;
- достаточность единой регулировки пусковой аппаратуры;
- надежность запуска двигателя;
- время прогрева двигателя после пуска.

Затраты времени на подготовку двигателя к пуску складываются из времени выполнения отдельных операций (проверка наличия топлива, масла и др.), предусмотренных инструкцией по эксплуатации танка с ПСУ. Например, при температуре окружающего воздуха -30°C для танков, хранящихся на открытой площадке, время на подготовку и пуск двигателя должно составлять не более 3 мин. При температуре ниже -30°C требуется установка аккумуляторных батарей, что соответственно увеличивает время подготовки пуска.

Для танковых силовых установок с ГТД минимальная температура холодного пуска определяется, прежде всего, температурой электролита аккумуляторных батарей. Если температура не опускается ниже -30°C , применяемые в настоящее время танковые аккумуляторы могут находиться непосредственно в танке. При более низкой температуре необходима установка так называемых "теплых" аккумуляторных батарей. В последнем случае минимальная температура запуска двигателя определяется вязкостно-температурной характеристикой масла (например, для масла Б-3В пуск возможен при температуре -40°C).

Процесс пуска газотурбинного двигателя, в отличие от пуска дизеля, более растянут во времени. На пуск ГТД затрачивается 30...60 с, в то время как дизель запускается за 3...5 с. Таким образом, после получения механиком-водителем команды "Запустить двигатель", танк с ГТД целую минуту остается неподвижным, являясь в боевой обстановке удобной мишенью для противотанковых средств противника. Длительность процесса запуска газотурбинного двигателя обусловлена необходимостью достижения высокой частоты вращения его турбокомпрессора (примерно в 100 раз выше, чем у дизеля), что требует больших затрат энергии. С этой точки зрения источник питания пускового устройства двигателя должен обеспечивать не менее трех попыток пуска в условиях наибольшего расхода энергии на каждый пуск.

Как свидетельствует практика, при запуске газотурбинного двигателя могут происходить опасные "забросы" температуры газа, продолжительность действия которой оказывает существенное влияние на ресурс двигателя. Максимальная температура газа и продолжительность ее действия, контролируемые перед турбиной компрессора или перед силовой турбиной, являются важными показателями при оценке пусковых качеств двигателя. Явление "заброса" температуры газа при запуске двигателя особенно часто проявляется при высокой (более $+30^{\circ}\text{C}$) температуре окружающего воздуха. Наиболее высокая температура газа наблюдается при выполнении повторных, производимых с интервалом 2...3 мин, запус-

ков после глушения двигателя. В этих случаях учащаются неудачные попытки пуска газотурбинного двигателя из-за прекращения подачи топлива форсунками.

Отмеченные обстоятельства вызывают необходимость оценки пусковых качеств силовых установок с ГТД при температурах окружающего воздуха от 30 до 50°C . Кроме того, должна проверяться также и надежность пуска двигателя через 2...3 мин после его глушения.

В соответствии с тактико-техническими требованиями, силовая установка должна обеспечивать применение танков при высоте местности над уровнем моря до 4500 м. Это делает необходимым проверку пуска газотурбинного двигателя при разрежении воздуха, соответствующем указанной высоте. Проверка возможности запуска двигателя с повышенным сопротивлением на выходе (противодавлением) обусловлена преодолением танками водных преград, особенно при обеспечении движения танка под водой с одной лишь воздухопитающей трубой и выхлопом отработавших газов в воду.

Главным показателем при оценке пусковых качеств танкового газотурбинного двигателя является его надежный пуск с первой попытки (без всех тех отклонений, которые были рассмотрены выше). Применительно к дизельным двигателям надежным считается даже тот пуск, который произошел с третьей попытки. Танк с газотурбинным двигателем, который запустился только с третьей попытки, может начать движение примерно через 10 мин, что в ряде случаев, особенно при ведении боевых действий, является неприемлемым. Согласно инструкции по эксплуатации, повторный пуск двигателя запрещен до полной остановки роторов турбокомпрессоров первого и второго каскадов. При этом допускается производить подряд три пуска с перерывами между ними не менее 3 мин, после чего необходима выдержка продолжительностью не менее 15 мин. В связи с этим надежность пуска ГТД (с учетом того, что источник питания пускового устройства должен обеспечивать не менее трех попыток пуска) оценивается тремя последовательными безотказными пусками. В случае хотя бы одной неудачной попытки запуска из трех пуск двигателя должен оцениваться как ненадежный.

Время прогрева двигателя после его запуска зависит от температуры окружающего воздуха, теплового состояния ГТД перед пуском и марки применяемого масла. Обычно двигатель прогревается на режиме малого газа на месте или в движении до достижения температуры масла на выходе 30°C . Только после этого разрешается переходить на более высокие скоростные режимы движения танка.

Таким образом, пусковые качества танкового газотурбинного двигателя должны оцениваться по показателям, учитывающим его конструктивные и эксплуатационные особенности. Двигатель должен запускаться безотказно и быстро в любой обстановке - без этого боевая машина не может считаться боееспособной. **А**

"СКОРОСТНОЕ" ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ РЕЗАНИЕ: ТИШЕ ЕДЕШЬ - ДАЛЬШЕ БУДЕШЬ...

В конце 2002 г. появились сообщения о начале выпуска электроискровых (ЭИ) станков, способных резать металл на больших скоростях. Так Mitsubishi Electric показала на выставке JIMTOF 2002 станок с заявленной скоростью резания 500 мм²/мин, назвав его "самым быстрым в мире". Сейчас этот станок усиленно рекламируется. Нужно уточнить, что речь идет о резании со специальной проволокой Ø 0,36 мм, а заявленная скорость достигается только на прямом резе и с рядом оговорок. Charmilles Technologies объявила о выпуске станков со скоростью поскорее - 400 мм²/мин. Как и в первом случае, требуется специальная проволока, но меньшего диаметра - Ø 0,33 мм. Компания Sodick имеет "скоростные" станки, бьющие все рекорды, но не пускает их в массовое производство из-за неясных рыночных перспектив.

Что могут дать "скоростные" станки пользователю? Какие фактические результаты по скорости, точности и т.д. достигаются на этих машинах? Расширяют ли "скоростные" станки возможности точной ЭИ вырезки или они предназначены для совершенно иных задач? Сравнение результатов резания двух одинаковых деталей на "скоростном" швейцарском станке и на прецизионном станке с линейными двигателями "СОДИК" достаточно наглядно демонстрирует возможности и различия "скоростных" и "нескоростных" станков.

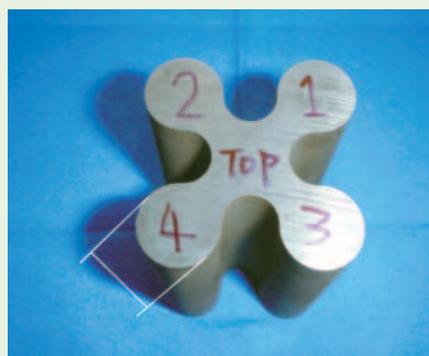
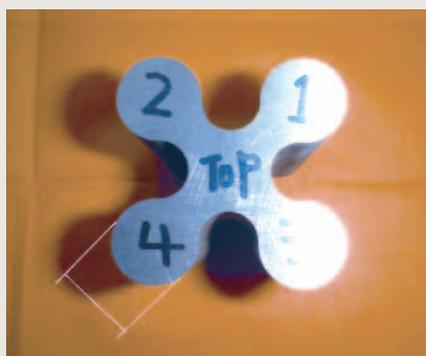
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОБРАЗЦОВ

Резание на "скоростном" швейцарском ЭИ станке;
заявленная максимальная скорость - 400 мм²/мин
(резание специальной проволокой Ø 0,33 мм,
фактическая скорость - около 330 мм²/мин)

Резание на стандартном ЭИ станке
Sodick AQ325L с линейными двигателями
(резание проволокой Mos Wire Bedra Ø 0,25 мм,
скорость резания - 210 - 220 мм²/мин)

Толщина детали 60 мм, материал - каленая сталь.

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ



Измерения выполнялись с помощью измерительного микроскопа Mitutoyo.

	ВЕРХ	СЕРЕДИНА	НИЗ
№.1	15.450	15.418	15.497 mm
№.2	15.445	15.425	15.511 mm
№.3	15.427	15.395	15.501 mm
№.4	15.480	15.442	15.512 mm

(Разброс размеров: 0,117 мм!!!)

	ВЕРХ	СЕРЕДИНА	НИЗ
№.1	15.430	15.411	15.430 mm
№.2	15.431	15.418	15.445 mm
№.3	15.432	15.425	15.445 mm
№.4	15.431	15.412	15.430 mm

(Разброс размеров: 0,034 мм)

Как видно из результатов измерений, образец, обработанный на швейцарском "скоростном" станке, имеет разброс размеров 0,117 мм. Понятно, что деталь, вырезанная с такими погрешностями, непригодна в качестве, скажем, пуансона штампа. Выправить геометрию такой перекоренной детали в ходе второго и последующих проходов также весьма проблематично. Проще вырезать заново с нормальной скоростью. Понятно, что обработка с точностью "скоростного" станка устроит только тех пользователей, для кого точность не критична. Областью применения "скоростных" станков может быть замена грубой механообработки, но никак не инструментальное производство.

Деталь, вырезанная на "нормальном" станке имеет погрешности, которые легко корректируются на втором и третьем проходах. Швейцарский "скоростной" станок обогнал Sodick AQ325L всего на 30 %, выдав "на гора" деталь с сильно испорченной геометрией и истратив массу дорогостоящей специальной проволоки. Кстати, "скоростной" станок с заявленной скоростью 500 мм²/мин рождает детали с еще более уродливой геометрией и транжирит проволоку, которая стоит 2000 йен за 1 кг в Японии. Можете вообразить, сколько это удовольствие будет стоить в России с учетом известных аппетитов всей цепочки фирм-посредников.

"СКОРОСТНОЕ" ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ РЕЗАНИЕ: С РОСТОМ СКОРОСТИ РАСТЕТ ОПАСНОСТЬ ВООБЩЕ НЕ ДОЕХАТЬ!

Технически повысить скорость первого прохода в проволочно-вырезных электроискровых станках не так уж сложно. В основном это достигается следующими мерами:

- повышением и оптимизацией тока генератора, а также оптимизацией формы импульсов;
- увеличением давления струйной прокачки для ускорения эвакуации продуктов электроэрозии;
- оснащением механизмом, рассчитанным на работу с толстой проволокой: $\varnothing 0,33$ мм, $0,35$ мм, $0,4$ мм.

Увеличение тока разряда ведет к росту шероховатости и падению линейности поверхностей реза. Форсирование струйной прокачки создает чрезмерные и неравномерные гидродинамические нагрузки на проволоку и деталь, что приводит к сильным искажениям геометрии вырезаемой детали: недопустимой конусности, бочкообразности, "корсету" и т.п. Использование толстой специальной проволоки (с "покрытием") резко увеличивает затраты на обработку. В итоге, если "скоростной" станок покупают инструментальщики или пользователи с высокими требованиями к точности, то очень скоро обнаруживается следующее:

- 1) быстрота не нужна, т.к. на скорости невосполнимо теряется геометрия детали - последующими проходами дефекты геометрии быстрого первого прохода не исправить, или таких проходов требуется слишком много;
- 2) механизм, рассчитанный на работу с толстой проволокой, менее "деликатен" с проволокой $\varnothing 0,1 \dots 0,2$ мм, что затрудняет обработку деталей с малыми радиусами;
- 3) генератор оптимизирован на большие токи и, как правило, не обеспечивает стабильных результатов при чистовой обработке.

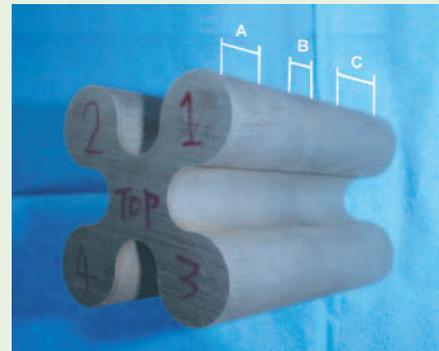
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОБРАЗЦОВ

Результат резания на "скоростном" швейцарском электроискровом станке

Результат резания на стандартном электроискровом станке Sodick AQ325L

Толщина детали 60 мм, материал - каленая сталь.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ



Измерения выполнялись на тестере SURFCOM (Hommel Tester T1000E)

Выступ № 1

A: Ra = 3.31 мкм
B: Ra = 2.90 мкм
C: Ra = 3.56 мкм

Выступ № 4

A: Ra = 3.70 мкм
B: Ra = 3.47 мкм
C: Ra = 3.42 мкм

Выступ № 1

A: Ra = 2.93 мкм
B: Ra = 2.72 мкм
C: Ra = 2.68 мкм

Выступ № 4

A: Ra = 2.69 мкм
B: Ra = 2.67 мкм
C: Ra = 2.70 мкм

Производительность - это количество произведенных изделий за единицу времени. Традиционно ЭИ станки используются в производствах с повышенными требованиями к точности и качеству. Резание детали, например, штампа на большой скорости первого прохода приводит либо к браку, либо к получению детали с чрезмерно искаженной геометрией и неудовлетворительной шероховатостью. Для исправления геометрии и выхаживания в этом случае требуется больше выхаживающих (чистовых) проходов, чем после резания первого прохода с оптимальной скоростью. В итоге, повышение скорости первого прохода не повышает, а снижает итоговую производительность там, где требуется точность и качество.

**В ТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ПРОВОЛОЧНОЙ ВЫРЕЗКЕ
СКОРОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ - ПОНЯТИЯ ПРОТИВОПОЛОЖНЫЕ.
ЧЕМ ВЫШЕ СКОРОСТЬ ПЕРВОГО ПРОХОДА,
ТЕМ НИЖЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ.**



Линейные электроискровые станки **Sodick**

С августа 1976 года компания "СОДИК" произвела более 40 тысяч электроискровых станков; более 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 \varnothing 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.

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

- ✓ **гарантия 2 года!**
- ✓ самые лучшие станки не должны быть самыми дорогими;
- ✓ лизинг на 3 года (менее 8 % в год);
быстрая поставка, оперативная техническая поддержка, **бесплатное обучение;**
- ✓ цены включают монтаж, обучение, все программное обеспечение, упаковку, но не включают доставку, также пошлины и налоги в России;
- ✓ по заказу - подержанные станки "СОДИК" из Японии и Европы после полного капремонта.

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

**Линейные
двигатели -
будущее
станкостроения!
Будьте первыми!**



**AQ35L
+CPU**

- ✓ **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**

AP450L



K3VL





Universal Insurance Company Всеобщая Страховая Компания

ЗАО "Всеобщая страховая компания" работает с физическими и юридическими лицами. Основным видом деятельности компании является защита имущественных интересов крупных промышленных предприятий в сфере недвижимости, страхование грузов.

В течение многих лет страховыми полисами Всеобщей страховой компании защищены интересы таких крупных промышленных предприятий России, как Уфимское моторостроительное производственное объединение, Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева, ФГУП "ММПП "Салют", Ульяновский автозавод, Горьковский автомобильный завод, Омское объединение "Иртыш", Внешторгбанк России и др.

Всеобщая страховая компания - участник военно-технического сотрудничества и включена в соответствующий перечень Министерства финансов Российской Федерации. Почти десять лет Всеобщая страховая компания является страховщиком по контрактам спецэкспортеров РФ.

Деятельность Всеобщей страховой компании основывается на обеспечении первоклассного страхового покрытия. Качество предоставляемых услуг гарантируется механизмом перестрахования: большие и ответственные риски перестраховываются на лондонском рынке. Страховые полисы Всеобщей страховой компании давно известны во многих странах Европы, Азии и Африки.



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