

Двигатель

Научно-технический журнал № 6 (42) 2005



Sodick

Редакционный совет

Аршавский А.Л.,

гл. конструктор НПП "ЭГА"

Бондин Ю.Н.,

ген. директор ГП "НПК газотурбостроения
"Зоря"- "Машпроект"

Губертов А.М.,

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

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания
МФПГ "БелРусАвто"

Дическул М.Д.,

пред. совета директоров ОАО "Пермский
моторный завод" и "Авиадвигатель"

Иноземцев А.А.,

ген. директор - ген. конструктор
ОАО "Авиадвигатель"

Каблов Е.Н.,

ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН

Каторгин Б.И.,

ген. конструктор НПО "Энергомаш",
академик РАН

Клименко В.Р.,

гл. инженер ОАО "Аэрофлот - РМА"

Кобзев С.А.,

начальник Департамента локомотивного
хозяйства ОАО "РЖД"

Коржов М.А.,

руководитель проекта "Двигатель"
ОАО "АвтоВАЗ"

Крымов В.В.,

директор ФГУП "ММПП "Салют" по науке

Кутенев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ
по научной работе

Кухаренко Г.М.,

зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

Лобач Н.И.,

ген. директор ПО "Минский моторный завод"

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс"

Новиков А.С.,

ген. директор ММП им. В.В. Чернышева

Пустовгаров Ю.Л.,

ген. директор ОАО "УМПО"

Ружьев В.Ю.,

первый зам. ген. директора Российского
Речного Регистра

Селезнев Е.П.,

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

Скибин В.А.,

ген. директор ГНЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова

Соколовский М.И.,

ген. конструктор, ген. директор ОАО "НПО "Искра"

Тресвятский С.Н.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

первый зам. ген. директора НПО "Сатурн" по НИОКР

Черваков В.В.,

декан факультета авиадвигателей МАИ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного
двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Чекин

Редакторы:

Александр Гомберг, Андрей Касьян,
Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Галина Бобылева

Техническая поддержка

Ольга Лысенкова

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

Александра Бажанова,
Дмитрия Боева,
Александра Кириндаса,
Александра Медведя,
Владимира Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (095) 362-3925

Факс: (095) 362-3925

engine@zebra.ru

boeff@yandex.ru

www.dvigately.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"
генеральный директор Д.А. Боев
зам. ген. директора А.И. Бажанов

.....
Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в публикуемых материалах.
Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов
Перепечатка опубликованных
материалов без письменного
согласия редакции не допускается.
Ссылка на журнал при перепечатке
обязательна.

.....
Научно-технический журнал "Двигатель"
зарегистрирован в ГК РФ по печати
Per. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"
Москва

Тираж 15 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная



®



СОДЕРЖАНИЕ

2. Потенциал для движения вперед

Интервью Ю. Пустовгарова журналу "Двигатель"

6. Дурят нашего брата?

Б. Клинский, Ю. Назаренко

8. "CADREVIEW VIP 2005"

10. Конференция "Авиадвигатели XXI века"

Э. Намсараев

12. ARBYTE VIZIOCENTER

В. Куликов, И. Осипов, А. Элькес

14. Экспериментом управляет машина

А. Сობоль

16. Состояние и некоторые возможные пути развития реактивной техники

В. Богданов

18. Реактивные первенцы Японии

А. Николаев

22. Welcome, abroad (Привет, за граница!)

Л. Ио

26. Самолет, в котором нет топлива

28. Напряжение плазменного смерча или просто - об МГД-генераторе

А. Касьян

32. Жидкие поршни стеклянного двигателя

35. Буду любить всегда

А. Маркуша

38. Балет и космос

Интервью А. Нежной журналу "Двигатель"

40. Турбулентность сложных форм

Ю. Кочетков

44. Улучшение характеристик ракет-носителей при добавлении к топливу высокомолекулярных присадок

В. Чванов, И. Фатуев, В. Гапонов, Л. Стернин

46. О "немецком следе" в истории отечественного ракетостроения

В. Рахманин

50. Так рождался знаменитый "Скад"

Ю. Бобрышев

54. Что было, что будет...

А. Бажанов

57. Перспективы совершенствования ДВС

В. Кутенев

60. Конвертирование автотопливных двигателей для установки на аэросани

А. Кириндас

63. Сравнительные преимущества различных систем клапанов в автомобильных двигателях

Б. Лобач-Жученко



ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ ВПЕРЕД



ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" – одно из крупнейших авиационных двигателестроительных предприятий в России. Двигатели, создаваемые на нем, устанавливаются на российские истребители, поставляются за рубеж, работают в составе наземных энергетических установок. По состоянию дел в объединении можно судить и о состоянии авиационной отрасли, и о состоянии всей промышленности в стране. После того, как в конце 2004 г. неожиданно из жизни ушел В.П. Лесунов, Советом директоров ОАО "УМПО" на должность генерального директора был назначен Юрий Леонидович Пустовгаров. В годовщину этого назначения редакция журнала "Двигатель" обратилась к Юрию Леонидовичу с просьбой ответить на ряд вопросов.

"Двигатель": В нашем журнале почти семь лет назад было опубликовано (в № 3 - 1999 г.) интервью Валерия Павловича Лесунова, в котором подводился итог предшествующей работы предприятия и очерчивались перспективы будущего. Что удалось осуществить за эти годы?

Юрий Пустовгаров: В.П. Лесуновым была сделана ставка на непрерывное освоение производства новых изделий, проведение масштабной диверсификации производства и в первую очередь авиационной тематики.

Объединение было задействовано во всех программах по производству перспективной военной техники, принятых в этот период, и значительно продвинулось в освоении газотурбинной техники наземного применения.

В 2000 г. объединением был освоен серийный выпуск двигателя АЛ-31ФП. Пока УМПО является единственным в мировой практике серийным производителем подобного двигателя с управляемым вектором тяги. Начиная с 2002 г. эти двигатели мы поставляем в Индию в составе самолетов Су-30МКИ. В соответствии с лицензионным договором передаем иностранному заказчику техническую документацию и технологию производства двигателей АЛ-31ФП.

В 2002 г. началось совместное с ОАО "НПО "Сатурн" освоение "изделия 117" - двигателя, переходного к следующему поколению. Изготовлена первая партия этих изделий в количестве 5 единиц. На первом же испытании двигатель подтвердил заявленные технические параметры, как по тяге, так и по топливной экономичности.

Совместно с ОАО "Мотор Сич" изготавливался двигатель Д-436Т1 для гражданской авиации.

Продолжалось изготовление и совершенствование изделий АЛ-31СТ и АЛ-31СТЭ для перекачки газа и энергообеспечения. Первый огневой запуск двигателя АЛ-31СТ лидерного комплекта ГПА-16Р "Уфа" был произведен в апреле 2001 г. на КС "Москово" ООО "Баштрансгаз". Это первая станция, спроектированная и полностью изготовленная нашим объединением. В августе 2003 г. был собран первый двигатель АЛ-31СТ, укомплектованный узлами собственного изготовления.

В 2004 г. объединение вместе с НПО "Сатурн" выиграло тендер на поставку инозаказчику многофункциональных двигателей малой тяги АЛ-55И, предназначенных для учебно-тренировочных самолетов НТТ-36. Несмотря на жесткую конкуренцию со стороны ряда зарубежных компаний индийцы отдали предпочтение российской стороне. Немалую роль в принятии решения сыграла репутация нашей компании как надежного делового партнера: современные авиационные двигатели мы экспортируем в Индию и Китай на протяжении десятилетий. Контракт предусматривает финансирование части программы разработки инозаказчиком.

В эти годы мы вышли на траекторию устойчивого роста товарного выпуска: в 1999 г. он составил в сравнении с предыдущим годом 110,8 %, в 2000 г. - 110,7 %, в 2001 г. - 147,9 %, в 2002 г. - 172,8 %, в 2003 г. - 125,9 %, в 2004 г. - 105,3 %, в 2005 г. - 102,7 %.

Такие темпы роста не спонтанные, они являются результатом грамотных управленческих усилий. Объединение стало лидером в отрасли по объемам изготавливаемой продукции. Нам повезло, что в этот период нашим руководителем являлся Валерий Павлович Лесунов. Он сумел собрать всех нас в одну команду и настроить ее на плодотворный труд. Накопленный благодаря ему огромный потенциал послужил основой для дальнейшего продвижения вперед.

"Д": Год назад Вам суждено было возглавить предприятие. Какие проблемы Вам пришлось решать в первую очередь? Что удалось сделать и что еще предстоит?

Ю.П.: Первоочередная задача, стоящая перед объединением - техническое перевооружение производства. Это требует немалых денег. Первое, чем пришлось заниматься - система бюджетирования, позволяющая в любой момент времени определить, какими финансовыми ресурсами объединение располагает и на какие цели их нужно направить. Например, из-за недостаточного высокого выхода годного литья объединение несет значительные экономические потери. И любое немедленное вложение средств в металлургию окупится максимум за пару лет.

Следующая проблема - повышение качества продукции. Действующая система качества обеспечивает необходимый сегодня

уровень. Однако завтра этого будет уже недостаточно, необходимо принять меры по достижению соответствия системы качества мировому уровню. Постоянно повышаются требования потребителей по качеству поставляемой продукции.

В настоящее время 95 % нашей продукции поставляется на экспорт. В текущем году ОАО "УМПО" выполнило все экспортные поставки в установленные контрактами сроки. Самые крупные потребители нашей продукции - Китай и Индия. Продолжались поставки нестандартного оборудования и технологического оснащения для организации лицензионного производства двигателя АЛ-31ФП в Индии. Там при техническом содействии объединения построен и в этом году запущен в эксплуатацию стенд для испытания этих двигателей. Отгружена заказчиком и продукция вертолетной тематики: колонки Д2Б и различные узлы, производился также ремонт этой техники.

Ведется работа по изменению структуры производства, направленная на повышение удельного веса гражданской продукции. Двигатель АЛ-31СТ вскоре должен стать вторым по значимости видом продукции.

В 2005 г. изготовлена и отгружена заказчику партия этих двигателей для агрегатов:

- ГПА-16Р "Уфа" (производства ОАО "УМПО");
- ГПА-16АЛ "Урал" (совместного производства ОАО "НПО "Искра" и ОАО "УМПО");
- ГПА-Ц-16Р (для замены двигателя НК-16 в агрегате производства СМНПО им. Фрунзе);
- ГПА "Нева-16" (производства ОАО "Кировэнергомаш");
- ГТЭ-18 (совместного производства ОАО "УМПО" и ОАО "НПО "Искра").

В целом объем производства в этом году превысит 11 млрд рублей, а балансовая прибыль - 2 млрд рублей.

В 2005 г. в объединении введен в строй собственный испытательный стенд для испытаний двигателей АЛ-31СТ на газу, тем самым завершён последний этап освоения производства этого двигателя в полноразмерном формате и УМПО стало обладать полным технологическим циклом изготовления и технологического сопровождения газоперекачивающей техники. Собран первый опытный двигатель АЛ-55. Запущена в эксплуатацию вторая очередь инженерного центра прототипирования. Заключен договор с инженеринговой фирмой AVL (Австрия), рассчитанный на 2005-2008 гг. Работа разбита на несколько этапов и завершится строительством производства для сборки снегоходов, квадроциклов, а также блоков и другой малогабаритной сельскохозяйственной техники.

Будущее техническое "лицо" ОАО "УМПО" должно быть современным по уровню техники и экономически эффективным.

Сегодня невозможно представить крупное промышленное предприятие без современных технологий в области управления производственным процессом и проектирования. Поэтому в 2005 г. продолжилось внедрение современной интегрированной системы управления ВААН, на основе которой ведется планирование, организация и управление производством. Для решения этой задачи выполняется модернизация и расширение компьютерной сети. Соответственно будет продолжаться и оснащение подразделений объединения новой компьютерной техникой.

Современные условия рыночной экономики заставляют совершенствовать структуру и функции управления предприятием. В текущем году в объединении созданы отдельные организационные структуры - дирекции по направлениям работы. Такая организация предприятия способствует более эффективно проводить его финансово-хозяйственную деятельность для получения дополнительных доходов при оптимальном использовании материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

В текущем году продолжено создание условий для здорового образа жизни, отдыха, профилактического лечения и проведения досуга работников объединения. Заселен дом, построенный по системе ипотечного кредитования. С 1 января 2006 г. в целях привлечения большего количества работников объединения к пользованию социальными услугами и расширению их спектра введен социальный пакет.

В сентябре текущего года мы досрочно погасили реструктурированную задолженность по налогам, тем самым с нас была списана задолженность по пени и штрафам. А эта сумма сопоставима с годовым фондом оплаты труда всего объединения. Финансово-экономическое состояние объединения теперь характеризуется как стабильное.

"Д": Какие у Вас планы и задачи на будущее?

Ю.П.: Уже сейчас заключены контракты на поставку продукции на два года вперед. Но не это главное. Объединение активно участвует во всех программах по производству перспективной военной техники. Подписаны договоры с МО РФ, разработчиками истребителя пятого поколения - АВПК "Сухой", разработчиками двигателя АЛ-55И - НПО "Сатурн".

Перед объединением стоит задача за полтора-два года освоить изготовление новых высокотехнологичных видов продукции. По основному направлению - авиационным двигателям - программа выпуска АЛ-55И составит существенную долю в загрузке ОАО "УМПО" на перспективу 20 и более лет. Спрос на этот двигатель есть как в России, так и за рубежом. Помимо АЛ-55И предстоит производство изделия "117". Это изделие - своего рода ступенька, платформа, с которой мы "стартуем" к производству двигателя 5-го поколения.

Из работ экспортного направления нам предстоит организовать линию капитального ремонта двигателей АЛ-31ФП и наладить лицензионное производство двигателя АЛ-55И в Индии. Поставка двигателей АЛ-31ФП будет осуществляться в Малайзию как в составе самолетов Су-30МКМ, так и в резерв.

Мы прогнозируем рост реализации продукции и на внутреннем рынке. В ближайшие несколько лет можно рассчитывать на реальное увеличение государственного оборонного заказа. В значительной мере будут увеличены номенклатура и объем производства продукции гражданского назначения. В дальнейшей перспективе рассчитываем на расширение заказов ОАО "Газпром".

Планируемый инвестиционный бюджет ОАО "УМПО" превысит 2 млрд рублей.

"Д": В последние годы к традиционно производимым авиационным двигателям УМПО выпускает приводы для компрессоров и электрогенераторов на базе ГД АЛ-31СТ мощностью 16 МВт. Когда была выпущена первая установка, где уже работают эти приводы и где будут установлены в ближайшее время? Планируется ли выпуск приводов меньшей и большей мощности?



АЛ-55И

Ю.П.: В рамках Генерального соглашения с ОАО "Газпром" от 15 июля 1997 г. наше объединение приступило к реализации программы модернизации действующего парка газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях ОАО "Газпром".

Для решения этой задачи объединением освоено серийный выпуск газотурбинного привода АЛ-31СТ, предназначенного для установки в газоперекачивающие агрегаты мощностью 16 МВт различных модификаций. На сегодняшний день общая наработка двигателей данного типа на компрессорных станциях ОАО "Газпром" превысила 115 тыс. часов.

Большое внимание уделяется повышению надежности двигателя в эксплуатации. Разработана и находится в стадии реализации программа работ по этапному повышению надежности двигателя с доведением величины наработки на отказ до 10...12 тыс. часов.

Другим направлением программы является создание газоперекачивающего агрегата мощностью 16 МВт, предназначенного для реконструкции газотурбинных компрессоров стационарного типа ПК-10-4. Опытный образец агрегата был изготовлен, смонтирован и прошел приемочные испытания на КС "Москово" ООО "Баштрансгаз" в 2002 г. На сегодняшний день на этой станции эксплуатируются три агрегата ГПА-16Р "Уфа". Общая наработка составляет более 26 тыс. часов. В текущем году запланированы к запуску еще два агрегата.

Наша цель в области изготовления газоперекачивающих изделий - делать не просто двигатель, а газоперекачивающий агрегат в целом, чтобы быть его генеральным поставщиком. Так весь мир работает: генеральный поставщик, изготовитель двигателя делает весь агрегат "под ключ".

"Д": Известно, что качество продукции зависит от множества факторов, в том числе и от применяемых технологий. Что лежит в основе выбора технологий и стратегии модернизации производства?

Ю.П.: Наше предприятие обладает большим потенциалом, заложенным в прежние годы, и потому политика технического перевооружения направлена на повышение отдачи, прежде всего, существующего парка оборудования за счет капитального ремонта, глубокой модернизации.

С этой целью выделяются значительные средства для приобретения нового оборудования и на глубокую модернизацию имеющегося.

Так, в 2001-2004 гг. приобретено 300 единиц новейшего высокопроизводительного оборудования на сумму 525 млн рублей. В эти же годы на модернизацию существующего оборудования с целью расширения его технологических возможностей израсходовано 160 млн рублей.

Модернизация производства, в т.ч. повышение его технологического уровня путем приобретения и внедрения современного оборудования является важнейшим фактором повышения качества продукции, но при этом мы должны учитывать такие экономические факторы как себестоимость, уровень цен выпускаемой продукции, поэтому необходимо найти оптимальные решения в выборе вложений в новые технологии.

Сложившаяся в нашем объединении организация производства позволяет:

1. Выявлять с помощью четко отлаженной системы контроля качества выпускаемой продукции "узкие" места производства и устранять их в дальнейшем.

2. Использовать внутренние ресурсы путем перераспределения и лучшего использования имеющегося разнообразного высокотехнологичного оборудования из основного фонда.

Следует отметить, что достаточно высокий технический уровень промышленного персонала пока еще позволяет обеспечивать необходимый уровень качества, но неизбежный уход уникальных работников в связи с достижением предельного возраста уже ставит задачу по приобретению современного оборудования, не требующего столь высокой квалификации.

Окончательное решение при выборе направлений модернизации производства принимается после тщательного экономичес-

кого анализа и определения целесообразности. В первую очередь, принимаются к реализации наиболее актуальные направления.

В основе выбора технологий и стратегии модернизации производства одним из основных факторов является время изготовления новой продукции. Чем быстрее будет отработана технология производства нового изделия, тем быстрее на рынке появится качественный, конкурентоспособный продукт. Исходя из этого, одним из направлений модернизации производства мы считаем использование технологий быстрого прототипирования. Эти технологии ("RP-технологии", метод реализации в макет изделия и технологическую заготовку результата работы программ компьютерного моделирования) позволяют на порядок сократить затраты времени на освоение нового изделия благодаря сокращению конструкторско-технологической подготовки производства с применением средств САПР и компьютерного моделирования. В современных условиях ни один участник авиационного производства не имеет перспектив без освоения технологий быстрого прототипирования. Очевидно, что для отечественной авиационной промышленности задача скорейшего освоения RP-технологий, всей цепочки от CAD-данных до отливки и станка с ЧПУ, является стратегически важной. Для решения этой задачи у нас созданы Инженерный центр прототипирования и конструкторско-технологическое бюро объемного моделирования. Они позволили нам получать опытные образцы и небольшие партии деталей и заготовок любой сложности и габаритов без изготовления традиционной оснастки с высокой точностью и качеством поверхности. Широкое применение нашли технологии стереолитографии, быстрого прототипирования и литья в эластичные силиконовые формы. Тем самым обеспечена полная совместимость технологии литья металлических деталей по выжигаемым моделям со стандартным производственным процессом, гарантировав при этом высокую экономичность процесса. Оборудование центра позволяет в сжатые сроки пройти наиболее трудоемкий этап освоения изделия - получение первых образцов и технологической оснастки буквально за один день.

Для дальнейшего повышения качества серийных технологических процессов ведется обновление парка технологического оборудования, модернизация существующего оборудования, не исчерпавшего своего ресурса, но не обеспечивающего требуемых параметров. В цехе точного стального литья внедрены модернизированные установки направленной кристаллизации для монокристаллического литья моделей ВИП-НК совместно с ОАО "Электромеханика" (Ржев) и УВНК-9А с ФГУП "ВИАМ". Новые установки оснащены компьютерным управлением, автоматическим регулированием технологических параметров и другими многочисленными конструктивными усовершенствованиями. Их внедрение позволило существенно повысить выход годного по макроструктуре и кристаллографической ориентации литья, устранить влияние человеческого фактора на качество отливок, сократить расход никелевых сплавов, снизить энергоемкость, расширить функциональные возможности установок, повысить их надежность, обеспечить точность измерения технологических параметров процесса плавки-заливки и оперативный контроль за ходом технологического процесса.

В ближайшее время планируется закупка модернизированных плавильно-заливочных установок модели УППФ-ЗАМ для литья лопаток с поликристаллической структурой.

Освоено фрезерование титановых компрессорных лопаток (роторных и статорных) на пятикоординатных фрезерных обрабатывающих центрах модели 500VB. Освоена обработка деталей типа "колесо рабочее" (лопаточное моноколесо) из титанового сплава ВТ8-1 на фрезерном пятикоординатном обрабатывающем центре "Хермле С800U".

ОАО "УМПО" совместно с УГАТУ ведут научно-исследовательские работы, направленные на повышение эксплуатационных свойств лопаток КНД изделия АЛ-31СТ и лопаток КВД изделия АЛ-55И методом ионной имплантации.

При изготовлении поворотного реактивного сопла для изделия АЛ-31ФП были применены оригинальные технологии изготов-

ления крупногабаритных сфер. Ранее аналогичные технологии в объединении не применялись.

"Д.": С какими отечественными предприятиями ОАО "УМПО" наладило производственную кооперацию, и по каким программам? На каких принципах строится взаимодействие с деловыми партнерами?

Ю.П.: Начиная с 1982 г. и по сегодняшний день мы работаем совместно с московским ФГУП "ММПП "Салют" по программе изготовления двигателей АЛ-31Ф.

Прочные партнерские отношения установлены с НПО "Сатурн". Мы активно сотрудничаем в рамках программ развития и модифицирования двигателя АЛ-31Ф.

В соответствии с соглашениями между правительствами РФ и правительством Украины о сотрудничестве в области разработки, производства, поставок и эксплуатации авиационной техники, в том числе по программе создания и серийного производства в кооперации с запорожским предприятием ОАО "Мотор Сич", ЗМКБ "Прогресс" и ФГУП "ММПП "Салют" двигателей Д-436Т1/ТП.

Ведется разработка нового агрегата мощностью 6,3 МВт с двигателем Д-336-2Т в кооперации с запорожским ОАО "Мотор Сич" и ОАО "НПО "Искра" (Пермь).

Что касается зарубежных партнеров, то ОАО "УМПО" связывают многолетние плодотворные взаимоотношения с крупнейшей индийской авиакорпорацией HAL.

По заказу Индии ОАО "УМПО" в кооперации с НПО "Сатурн" и ФГУП "Мотор" участвует в программе создания двигателя АЛ-55И. В настоящее время в соответствии с данной программой мы приступили к изготовлению опытных двигателей и созданию специальных установок для автономных испытаний модулей двигателя, а именно: установок контура низкого давления, камеры сгорания, контура высокого давления, газогенератора, двигателя.

У нас сложились хорошие рабочие отношения с ОАО "Иркут" и ОАО "КНААПО" - основными потребителями нашей продукции, для которых мы являемся поставщиком двигателей.

В результате плодотворного сотрудничества с ОАО "Газпром" в ОАО "УМПО" созданы газоперекачивающие агрегаты нового поколения.

В этом году наше объединение дважды посетила делегация японской фирмы "Мицубиси", выпускающей газоперекачивающий агрегат МГТ мощностью 25 МВт с приводом производства компании "Пратт энд Уитни". Их заинтересовало наше предприятие. Достигнута договоренность об изготовлении узлов силовой турбины и элементов газотурбинной установки в кооперации с компанией "Мицубиси", а также о выполнении работ по пэкед-жированию ГПА и сервисному обслуживанию.

В основе взаимоотношений кооперантов лежит взаимная выгода. Сейчас никто в мире в одиночку авиационный двигатель не изготавливает. Жизнь показала, что режим натурального хозяйства, в котором наше производство работало долгие годы, уже неэффективен. Выход из положения состоит в переходе на интеграцию, кооперацию с другими предприятиями для того, чтобы уровень производства был самым высочайшим, самым эффективным.

"Д.": Помимо уже упоминавшихся украинских предприятий, с какими зарубежными компаниями сотрудничает ОАО "УМПО"?

Ю.П.: Нашими основными зарубежными партнерами являются:

- корпорация HAL ("Хиндустан Аэронотикс Лимитед"), Индия;
- Шэньянская самолетостроительная корпорация, КНР;
- двигателестроительная корпорация "Лимин", КНР;
- фирма LG, Корея.

"Д.": Какова численность работников на УМПО, как они распределяются по возрасту и образованию? Есть ли кадровые проблемы, и по каким специальностям? Что предпринимается для повышения квалификации рабочих?

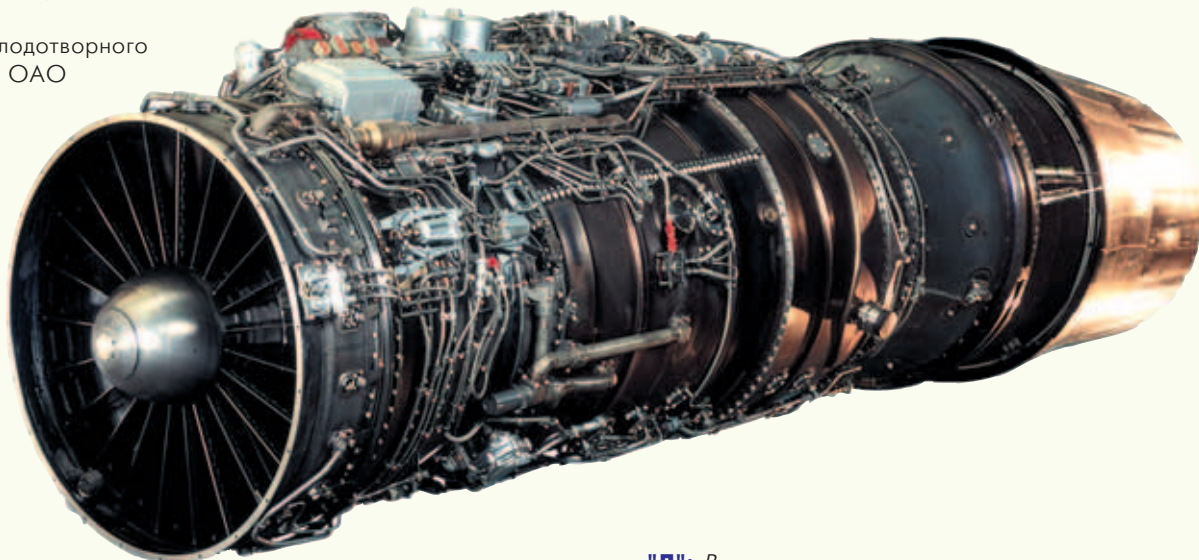
Ю.П.: Средний возраст работающих в объединении составляет 42,5 года. По возрастным категориям состав работников выглядит следующим образом:

- до 30 лет - 22,1 %;
- от 30 до 50 лет - 47,5 %;
- старше 50 лет - 30,4 %.

Профессиональные качества работающих характеризуются следующими цифрами:

- 45,9 % рабочих имеют квалификационный разряд не ниже пятого;
- 36,7 % работников объединения имеют высшее и среднее специальное образование.

Кроме приема выпускников профучилищ (ежегодно 170-200 человек) в объединении организована и успешно функционирует система подготовки и переподготовки рабочих на производственно-экономических курсах, где ежегодно повышают свою квалификацию до 900 человек, осваивают смежные и вторые профессии примерно 800 человек и получают начальную профессию через ученичество до 150 человек.



"Д.": Ваше предприятие самыми тесными узами связано с авиационной отраслью, которую постоянно реформируют и в настоящее время предлагается новая ее структура в виде Объединенной авиационной корпорации. Ваше мнение об ОАК, будущем авиационной отрасли России и что надо делать?

Ю.П.: Внимательно следим за процессом, выберем наиболее эффективную модель.

"Д.": Совершенно понятно, что у руководителя столь большого предприятия свободного времени почти не бывает, но если удастся выкроить "минутку", чему она уделяется?

Ю.П.: Тому, что в этот момент наиболее актуально для отдыха; а в основном - общению с близкими людьми.

ДУРЯТ НАШЕГО БРАТА?

К ВОПРОСУ ОБ АНТРОПОГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА И О ПРОБЛЕМАХ С МОНРЕАЛЬСКИМ И КИОТСКИМ ПРОТОКОЛАМИ

В разнообразных спорах об экологических нормах, стандартах и протоколах, время от времени выплескивающих на страницы СМИ, есть момент, который, как правило, не замечают спорящие стороны: все эти документы и правила давно стали мощнейшими орудиями конкурентной борьбы. Поэтому было бы самообманом принимать серьезные решения, не разобравшись досконально не только в том, сколь реально велик вред "усмиряемого" фактора, но и кому, чем и насколько выгодно то или иное международное соглашение в области экологии.

Борис Клинский, начальник отдела ФГУП ЦИАМ, к.т.н.
Юрий Назаренко, инженер НИЦ ЦИАМ

Действующие ныне в авиации правоустанавливающие документы по экологии представляются весьма удобным объектами, изучая которые можно установить многие общие закономерности, присущие как самим ограничивающим документам, так и технологиям их разработки и утверждения. Знание этих закономерностей представляется небесполезным для широкого круга лиц.

Нормы шума на местности были первыми едиными и обязательными для всех нормами авиационной экологии и одними из первых, если не первыми международными экологическими нормами вообще. Повсеместно шли поддержанные юристами мощные движения за ограничение шума самолетов, прекращение полетов и даже снос аэропортов. Но, время шло, и вот уже подавляющее большинство пассажирских самолетов оснастили двухконтурными двигателями, уровень шума которых упал многократно. Необходимость в радикальных мерах отпала, однако адвокаты уже сумели-таки заставить раскошелиться на борьбу с шумом, причем не только тех, кто живет вблизи аэродромов, а практически всех налогоплательщиков. Этот процесс подробно описал Артур Хейли в романе "Аэропорт".

К окончанию второй трети XX века сложилась такая ситуация, при которой западным фирмам, производящим авиадвигатели, нужно было не "закрытие" проблемы шума, а... максимальное ее обострение. Дело в том, что за шестидесятые годы инженеры сумели увеличить ресурс двигателей с 300...1000 до 5...6 тысяч часов и создать надежные предпосылки для дальнейшего их роста еще раз в десять. Однако этот великолепный с инженерной точки зрения результат едва ли мог радовать коммерсантов от двигателестроения. Прогноз динамики спроса на новые двигатели был очевиден: сначала - рост, обусловленный приобретением новых двигателей как для новых самолетов, так и для переоборудования ранее выпущенных, затем - насыщение рынка и катастрофический, как минимум, десятикратный спад объемов продаж отрасли в денежном исчислении. Увеличение ресурса ГТД - катастрофа для коммерции. И лишь принятие и последующее плавное ужесточение международных норм шума позволило не только сохранить, но и преумножить достигнутые объемы сбыта.

Замена одноконтурных двигателей первыми двухконтурными позволила снизить уровень шума на 12...16 дБ. При этом на большинстве этих новых двигателей не использовали ранее применявшиеся способы глушения шума: такие средства здесь малоэффективны. Кроме того, хватало достигнутого снижения шума, а увеличение цены, веса и расхода топлива на несколько процентов представлялись чрезмерно высокой платой за 2...3 дБ, которые можно было бы получить. Так бы все и шло, но вот стали строить жилье ... еще ближе к аэропортам. Как и следовало ожидать, проблема шума обострилась вновь, и каждый децибел его снижения стал цениться на вес даже не золота, а брильянтов.

Основной задачей, решавшейся в ходе разработки первых двухконтурных двигателей, было сделать их максимально выгодны-

ми для фирм-перевозчиков. В итоге самое большое за всю историю реактивных двигателей снижение уровня шума было достигнуто фактически попутно, как побочный эффект. Затем были приняты международные нормы шума, которые первоначально лишь узаконили положение, сложившееся после внедрения первых двухконтурных двигателей. Но для вновь разрабатываемых двигателей эти нормы требовали снижения уровня шума еще на 4...5 дБ. Достичь этого можно было, лишь использовав решения, которые повышали цену двигателя уже не на проценты, а во многие разы, ...что и требовалось для увеличения объемов сбыта в денежном выражении. С тех пор требования по шуму ужесточались дважды, и это позволило западному двигателестроению не только избежать снижения объемов продаж двигателей для пассажирских самолетов, но и значительно увеличить их. За тридцать лет нормирования шума двигателестроительные фирмы заработали на борьбе с шумом многие миллиарды долларов. Суммарное снижение норм шума за это же время составило в среднем аж ... 8 дБ! Так надо ли было нормировать шум пассажирских самолетов, если учесть, что не менее половины из этих децибел были бы "сокращены" в ходе естественной эволюции двигателей без ужесточения норм? Нужны ли были эти нормы вообще кому-то кроме двигателестроительных фирм? Риторические вопросы.

Но если шум от двигателей пассажирских самолетов действительно "бил по ушам" жителей городов и сел, то беремся утверждать, что эмиссия теми же двигателями вредных веществ в атмосферу и вовсе не могла причинить никому никакого реального вреда. К такому выводу авторы пришли, проведя сравнительный анализ двух источников загрязнения - авиадвигателя типа ПС-90А в так называемом "стандартном цикле взлета-посадки" и бытовой газовой плиты с четырьмя конфорками при номинальной тепловой мощности. Измерения и расчеты показали, что, в этих условиях, суммарная концентрация всех продуктов сгорания в воздухе, уходящем из кухни в вентиляцию, всего в 6 раз меньше средней таковой на срезе сопла двигателя ПС-90А. А в 50 метрах за соплом концентрация продуктов сгорания в струе уже существенно меньше, чем в воздухе кухни из-за их разбавления свежим воздухом, эжектируемым реактивной струей. Поскольку процесс сгорания в двигателе организован несравненно лучше, нежели в кухонной горелке (это понятно: экологически "грязный" двигатель неэкономичен, а значит и неконкурентоспособен), то присутствие в нем продуктов неполного сгорания, наиболее вредных для здоровья, еще в несколько раз меньше.

Известно, однако, что женщины, проводящие у плиты намного больше времени, нежели мужчины, все равно ухитряются жить в среднем на десять лет больше последних. Отсюда следует, что нормы эмиссии регламентирует то, что и само по себе в смысле экологии вполне благополучно. Дальнейшее ужесточение норм ведёт лишь к бессмысленной трате средств, которым можно было бы намного лучше применение, в том числе и на защиту окружающей среды от того, что действительно вредно.

Однако, напрасно выброшенные деньги, даже если это - миллиарды долларов - еще полбеда. Гораздо хуже, когда в борьбе с мнимым вредом под нож экологических запретов попадают перспективные технические идеи и технологии, экологически более чистые, нежели те, что применяются ныне. Так, например, Монреальский протокол, запретив ряд фреонов, тем самым сделал бессмысленными дальнейшие работы в области энергосберегающих технологий. В частности, были практически свернуты работы в области экологически чистых стационарных паровых фреоновых машин типа двигателей Стирлинга, в которых испарение фреона и нагрев его паров осуществлялись за счет использования термальной или солнечной энергии; значительно сузились возможности использования энергии низкотемпературных (до 100...120 °С) источников тепла (см. "Двигатель" № 2-4, 2005). Вдруг оказалось, что фреоны наносят колоссальный вред окружающей среде, поскольку "разрушают озоновый слой".

Чтобы проверить качество этой гипотезы, авторы провели "инвентаризацию" содержащихся в атмосфере природных озоноразрушающих веществ. В их числе оказался... сам озон, молекулы которого, взаимодействуя друг с другом, образуют обычный кислород, не защищающий нас от ультрафиолета. Курьезно, но наилучший из известных способов предотвращения такого "самоедства" - растворить озон в самых "озоноразрушающих" фреонах, 12-м, 13-м или 22-м. В таких растворах озон не взрывоопасен, может храниться неограниченно долго и легко выделяется при нагревании выше криогенных температур.

Но вернемся к озоноразрушающим веществам. По предварительным подсчетам, на каждую молекулу озона, содержащуюся в атмосфере, приходится 12 тысяч молекул озоноразрушающих веществ: водяного пара, метана, водорода, окиси углерода, закиси азота, угарного газа, аммиака. Годовое производство "озоноразрушающих" фреонов никогда не превышало одного миллиона тонн в год. Если перемешать его в атмосфере, то на одну молекулу фреона придется как минимум 110 миллионов молекул других озоноразрушающих веществ природного происхождения. Столь ничтожная добавка не может сколь-нибудь заметно повлиять на ход естественного природного процесса разрушения озона во всей атмосфере, а не только в озоновом слое.

В этой связи недавняя ратификация Думой Киотского протокола ставит вопрос: кому и чем он выгоден, а кому - нет. Можно понять, почему этот вопрос не задали те ученые-физики, которые возражали против его ратификации. Многие из них, убедившись в научной несостоятельности аргументов сторонников Киотского протокола и доложив о том по начальству, вправе были считать свою миссию исчерпанной. Но почему этот естественный вопрос до сих пор был задан малым числом действующих экономистов или политиков?

Далее. Поскольку парниковый эффект играет существенную роль в процессах, идущих в топках паровых котлов, печах нефтеперерабатывающих заводов и т.п., то он давно и хорошо изучен инженерами-теплотехниками. Им нетрудно убедиться в том, что весь содержащийся в атмосфере углекислый газ создаёт такой же парниковый эффект, как водяной пар, содержащийся в столбе воздуха высотой 7 метров при температуре последнего 15 °С и влажности 70 %. А из этого следует, что основной парниковый газ в атмосфере - пары воды, а вклад углекислого газа в ту часть парникового эффекта, что создается газами, исчисляется десятками долями процента. Большая же часть парникового эффекта в земной атмосфере создается не газами, а облаками, то есть мельчайшими каплями жидкой воды, а также всякого рода аэрозолями и пылью.

С учетом сказанного выше логично предположить, что подлинная цель Киотского протокола, как и Монреальского - косвенный запрет каких-то перспективных технологий, при использовании которых в качестве побочного продукта выделяется двуокись углерода. Например, под практически полное ограничение может попасть производство синтетического жидкого топлива (СЖТ). От обычного жидкого топлива СЖТ отличается тем, что сырьем для его производства является не нефть, а уголь. Впервые крупномасштабное производство СЖТ было организовано во время Второй мировой войны

в Германии. Себестоимость СЖТ в несколько раз превышала себестоимость топлива, получаемого из нефти, однако, в условиях острого дефицита последней с этим приходилось мириться.

Рост цен на нефть после Шестидневной войны на Синайском полуострове (июнь, 1967) привел к тому, что к концу шестидесятых себестоимость топлива, производимого из нефти, по-видимому, вплотную приблизилась к себестоимости СЖТ. В пользу этого утверждения говорит тот факт, что в СССР в апреле 1971 г. была поставлена задача: организовать производство СЖТ из углей Канско-Ачинского бассейна.

Связь же между производством СЖТ и выбросами двуокиси углерода самая прямая. Дело в том, что для производства одной тонны СЖТ нужно порядка 155 кг водорода, для выделения которого из воды в современных электролизерах надо потратить более 8000 кВт·ч энергии, а среднемировая цена такого количества электроэнергии составляет примерно \$170. Гораздо дешевле прямое использование химической энергии угля, как это делали в Германии. Однако при этом на каждую тонну жидкого топлива образуется 1,57 тонны двуокиси углерода. При объемах производства СЖТ, исчисляемых хотя бы десятками миллионов тонн, утилизировать удастся лишь незначительную их часть. Остальное, в типичных российских реалиях - куда девать, кроме как в атмосферу. Отсюда - нехитрая пропорция: заменил синтетическим топливом баррель, т.е. бочку нефти - изволь, согласно Киотскому протоколу, выложить "на бочку" \$40. Это - при сегодняшнем тарифе в \$160 за тонну выброшенной двуокиси углерода. А ведь сторонники присоединения России к Киотскому протоколу обещали рост платы до \$600 за тонну, т. е. до \$150 за баррель синтетического жидкого топлива.

Следует отметить, что в отличие от России многие европейские страны могут весьма дешево избавляться от излишней двуокиси углерода, сбрасывая ее по трубам в море на глубину 400...500 м. При давлениях и температуре, характерных для таких глубин, двуокись углерода будет попадать в воду в виде растворимой в ней жидкости. Правда, последствия этого действия неясны. Зато, поскольку выбросов в атмосферу нет, то нет и нарушения Киотского протокола, и не надо ни за что платить. Найти же недалеко от берега места с подходящими глубинами для многих европейских стран - не проблема. Россия располагает подходящими для такой процедуры участками побережья лишь на Дальнем Востоке и крайнем Севере. Транспортировать туда углекислый газ с целью утилизации - дело дорогостоящее, организация производства СЖТ на месте из привозного за многие тысячи километров сырья - тоже.

Известен, правда, способ получения водорода из водяного пара и природного газа, при котором, образуется вдвое меньше двуокиси углерода в расчете на тонну СЖТ. Но в конкретных российских условиях это опять-таки потребует или транспортировки угля к месторождениям природного газа, или природного газа - к месторождениям угля, а затем перевозки изготовленного СЖТ к местам потребления или в порты отгрузки. Все это сильно удорожает производство СЖТ, которое в любом случае будет обходиться намного дороже, чем в Европе.

Следует напомнить, что разведанных запасов жидких углеводородов в России при теперешних темпах добычи нефти хватит только на ближайшие 7-10 лет. Решению этого вопроса к этому времени могло бы способствовать производство в России СЖТ на базе имеющихся в России больших разведанных запасов угля, в том числе добываемых открытым способом. Однако ратификация Россией Киотского протокола в будущем практически не позволит нам производить необходимое количество СЖТ, т.е. в перспективе перед россиянами встанет сложная энергетическая безальтернативная ситуация.

Так или иначе, но истинная цена вопроса - не только голубое небо и зеленая травка, а прежде всего - большие деньги. И даже если сбудутся самые радужные прогнозы насчет сумм, которые Россия получит от торговли квотами на выбросы двуокиси углерода и выгод от вступления в ВТО, то все равно те, кто лоббировал ратификацию Киотского протокола, просто в очередной раз спекулировали на экологии. А это, по меньшей мере, неэтично. **■**

"CADREVIEW VIP 2005"

В середине ноября 2005 г. в Москве состоялась конференция "CADreview VIP 2005", посвященная вопросам построения современных систем САПР. Конференцию посетили более 50 представителей ведущих предприятий машиностроения, ответственных за реализацию и использование программно-аппаратных средств САПР. Важная отличительная особенность этого мероприятия - присутствие на конференции руководителей высшего звена не только предприятий, использующих в своей работе САПР, но и высшей администрации поставщиков специализированного ПО и оборудования. Это дало уникальную возможность для организации эффективного взаимного общения

Открыл конференцию информационно-аналитический доклад компании IDC, в котором приводились данные мирового и российского рынка САПР. Российский рынок систем автоматизированного



проектирования развивается в последнее время весьма динамично. Рост в 2004 г. составил 27 % (в отличие от 12 % роста западного рынка САПР). Объем российского рынка в 2004 г. оценивается в \$34,5 млн. Такую относительно небольшую цифру IDC объясняет несколькими причинами и главная из них - это несанкционированное использование ПО (по оценкам IDC более 90 % инженерного ПО использует нелегально).

В этом году "CADreview VIP" отличалась особенной насыщенностью докладов. Свои продукты и решения продемонстрировали: специалисты компаний-разработчиков ПО - АСКОН, ANSYS, Autodesk, Dassault Systemes, Microsoft, MSC.Software, PTC, UGS, поставщики аппаратного обеспечения - Adaptec, Intel, NEC, Ricoh, Silicon Graphics.

Специалисты группы компаний Arbyte представили участникам конференции профессиональные графические станции, оптимизированные для 3D-моделирования, комплексы для инженерных расчетов. В зале была развернута демонстрационная экспозиция - графические станции ARBYTE CADStation, оснащенные профессиональными мониторами NEC. Следует заметить, что вся линейка графических рабочих станций ARBYTE предназначена для решения разнообразных конструкторских задач, станции протестированы на совместимость со всеми известными САПР.

Продукцию Arbyte отличает, во-первых, высокая производительность в работе под CAD-приложениями. Для этого проводится тестирование и оптимизация систем для реальных CAD-пакетов с целью получения максимальной сбалансированности систем. Второе отличие продукции Arbyte - низкий уровень шума, излучаемый системами (о подходе к решению этой проблемы можно прочитать в журнале "Двигатель" № 4, 2005).

Для инженерных расчетов, требующих интенсивной вычислительной обработки, используются многопроцессорные серверы и кластеры. Здесь компания также предлагает пользователям собственные разработки. Примером может служить выпущенный недавно Arbyte Zeeger - узел для кластерных систем, который также выполнен с использованием уникальной системы охлаждения на базе промышленной керамики. Узел имеет повышенную наработку на отказ и может функционировать в самых тяжелых температурных условиях.

"Мы постепенно становимся серьезным поставщиком техники для САПР, - отметил управляющий директор группы компаний Arbyte Олег Кукушкин. - Все больше заказчиков обращают внимание на наше оборудование и принимают его в качестве корпоративного стандарта".

Руководитель направления Центра высокопроизводительных вычислений Arbyte Александр Анциферов представил участникам конференции продукты компании Silicon Graphics. Главное преимущество су-

перкомпьютеров Silicon Graphics по сравнению с популярными сейчас вычислительными Linux-кластерами из стандартных стоечных Intel-серверов - реализация общей памяти для всех узлов кластера, объем которой может достигать нескольких терабайтов. Архитектура глобальной памяти позволяет оперировать наборами данных как целыми объектами и делает ненужным их разделение на меньшие части для обработки отдельными узлами. Это существенно экономит время и усилия программистов. Глобальная память также позволяет преодолеть сохраняющиеся в Linux ограничения масштабируемости по числу процессоров, поскольку каждый узел работает со своей копией ОС. Кроме того, имеется целый класс научных и технических вычислений, требующих больших объемов памяти, из-за чего их нельзя запустить на обычных Linux-кластерах.



Реализация глобальной памяти основана на фирменной архитектуре NUMAflex и применении высокоскоростных внутрикластерных соединений NUMalink с пропускной способностью 6,4 Гб/с (у стандартных кластеров эта операция выполняется в 200 раз медленнее).

Silicon Graphics представила Altix 350 - сервер среднего класса, использующий ту же архитектуру NUMAflex и масштабируемый до 16 процессоров и 192 Гб памяти еще в начале 2004 г., а в 2005 г. - уже многопроцессорную систему визуализации Prism, масштабируемую от 4 до 512 процессоров Itanium 2. Кроме того, компания имеет полную линейку высокопроизводительных решений для хранения данных SGI InfiniteStorage. Основанные на открытой платформе решения InfiniteStorage масштабируются и по архитектурам хранилищ, и по операционным системам. В большинстве предложений по консолидации сохраняются узкие места протоколов сетевого доступа, но у SGI иной подход: консолидация InfiniteStorage через сетевые хранилища (Network Attached Storage, NAS) и локальные сети хранения (Storage Area Networks, SAN). Это сводит к минимуму или полностью исключает узкие места, унаследованные большинством предложений NAS и SAN.

С помощью CXFS - общей файловой системы - все серверы в сети могут иметь общий доступ к одним и тем же данным. Это уменьшает "заторы" на пути данных и исключает их копирование при хранении и управлении. Представители предприятий могли задать разработчикам интересующие вопросы, получить дополнительную информацию о программно-аппаратных комплексах, создаваемых Arbyte в Центре высокопроизводительных вычислений.

Со стороны участников был проявлен большой интерес к системе стереовизуализации Arbyte VizioCenter, о возможностях которой можно узнать в этом же номере журнала.

Весьма интересными также оказались инициативы российской компании АСКОН, разработчика системы проектирования КОМПАС и единой информационной системы для предприятия ЛОЦМАН, работающей согласно концепции PLM. На конференции прозвучали также доклады представителей известных компаний UGS и Autodesk, познакомивших с особенностями проектирования в их системах САПР.

Сотрудники Dassault Systems рассказали о новых возможностях семейства продуктов Dassault-IBM. В портфеле компании имеется такая система автоматизированного проектирования, как CATIA, популярная в авиационной промышленности по всему миру. Кроме того, Dassault Systems занимается обеспечением жизненного цикла обслуживания продукции (Product Lifecycle Management, PLM). Так, на "CADreview VIP 2005", помимо демонстрации проек-



тирования целых цехов, компания представила новый модуль, который реализует возможности моделирования различных процессов, в том числе деформации и прочих аспектов функционирования изделий.

Компания EMT P продемонстрировала серьезные возможности моделирования процессов, происходящих в таких устройствах, как насосы и двигатели, а также их визуализации. При помощи системы Ansys

можно высчитать потоки турбулентности и, например, определить зоны давления на крыльях самолета, достаточно точно задав параметры физических процессов в исследуемой модели. Что приятно, результаты всех сложнейших расчетов визуализированы, так что понятны даже непрофессионалу.

MSC.Software и PTC представили участникам конференции новые возможности своих инженерных систем, позволяющих создавать многомерные модели и графически воспроизводить различные физические процессы.

Как отмечалось в докладе IDC, безопасность данных - одна из важнейших проблем IT-отделов предприятий. Представители проекта LANDesk рассказали участникам о программных продуктах LANDesk Management Suite и LANDesk Security Suite, которые решают задачу управления системами и их безопасностью за счет мониторинга работы аппаратных средств и программных продуктов, контроля доступа к информации и других функций этого ПО.

При высокой стоимости специализированного программного обеспечения и оборудования САПР сегодня есть возможность существенно облегчить внедрение таких систем с участием лизинговых компаний. В России этот вид финансирования только начинает развиваться. Представитель ведущей европейской лизинговой компа-

нии CHG Meridian на реальных примерах продемонстрировал преимущества использования лизинговых схем при внедрении систем автоматизированного проектирования.

Серьезной проблемой российских предприятий остается недостаток финансирования. Практическое решение этого вопроса предложила компания CHG-Meridian (Германия), которая специализируется на лизинге в области ИТ. Она первой из европейских лизинговых игроков пришла в нашу страну около года назад и теперь предоставляет услуги, отличные от предлагаемых российскими коллегами. По словам управляющего директора московского представительства Дмитрия Шестобитова, то, что у нас называется лизингом, не является таковым в европейском смысле, это просто покупка в рассрочку, с условием, что в конце срока такого лизинга клиент получает права собственности на продукт. Но в области ИТ

это теряет смысл, так как эти технологии очень быстро устаревают. CHG-Meridian обеспечивает финансирование ИТ-проектов, предоставляя ПО и оборудование без передачи прав собственности. Основная идея состоит в том, что в конце срока аренды лизинговая компания выкупает оборудование и заменяет его на новое с зачетом стоимости старого. Дмитрий Шестобитов подчеркнул выгоду такого подхода и привел в качестве доказательства оценку аналитической компании Gartner, согласно которой лизинг ПК на 7% снижает затраты по сравнению с его покупкой (при обновлении компьютеров раз в три года).

"CADreview VIP 2005" запомнится насыщенностью программой, широким кругом представленных решений и взаимным обменом, столь необходимым для принятия верных решений и выбора надежных партнеров. Одно из наиболее ценных преимуществ "CADreview VIP" - участники имеют возможность ознакомиться с решениями различных компаний, способными не только заменять, но так же и взаимно дополнять друг друга.

"CADreview VIP" является главным событием в серии конференций "CADreview - технологии САПР", организованной группой компаний Arbyte - производителем графических и рабочих станций, специализированных вычислительных систем и систем хранения данных. Более подробную информацию об Arbyte и о конференции можно получить на сайтах <http://www.arbyte.ru> и <http://www.cadreview.ru>, а так же по телефону (495) 725-8008.



ARBYTE®






КОНФЕРЕНЦИЯ "АВИАДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА"

Эрнст Намсараев, к.т.н., начальник отдела ЦИАМ,
член Оргкомитета конференции

Все авиадвигателестроительные фирмы мира заняты поисками оптимальной конструкции вентилятора газотурбинного двигателя. Его совершенство - залог наилучшей и, более того, надежнейшей работы двигателя.

Во время празднования 75-летнего юбилея ЦИАМ им. П.И. Баранова с 6 по 9 декабря 2005 года состоялась II Международная научно-техническая конференция "Авиадвигатели XXI века". В Конференции за 4 дня ее работы приняло участие свыше 1350 человек, в том числе 750 - из 170 внешних организаций и предприятий. В это число вошли около 50 ученых из зарубежных стран, таких как США, Великобритания, Канада, Франция, Германия, Япония, Швеция, Бельгия, Индия, Китай и других, а также около 30 человек из стран СНГ (всего из 20 стран). Зарубежные ученые и специалисты были сопредседателями научно-тематических секций конференции, а также выступали с докладами на пленарном и секционных заседаниях. Были широко представлены практически все ведущие НИИ, ОКБ и заводы авиадвигательного направления, многие НИИ РАН, предприятия и организации смежных отраслей России.

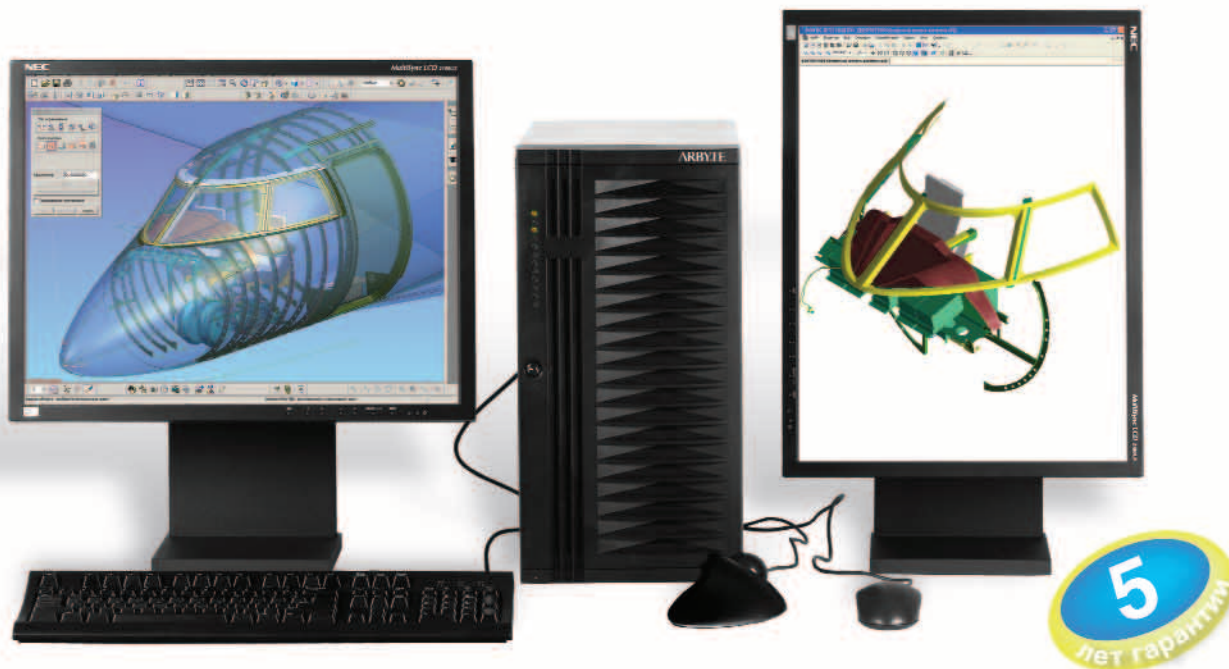
В ходе пленарного заседания и 69 заседаний 17 специализированных научно-тематических секций было заслушано и обсуждено 606 докладов. В процессе проведения конференции состоялся ряд важных в плане организации дальнейших работ и контактов встреч. Были проведены переговоры с представителями Европейского Сообщества, фирмами "Дженерал Электрик", "Снекма", "Пратт-Уитни Канада", Института им. Кармана, Токійского университета и др. Специально к конференции была организована выставка, показывающая достижения отечественного двигателестроения, а также представляющая различную современную измерительную технику, применяющуюся при исследованиях и испытаниях двигателей и их элементов, а также современные программные средства. В программе конференции прошла научно-техническая экскурсия в Научно-исследовательский центр ЦИАМ в Тураево. До начала работы конференции были выпущены Программа конференции и сборник тезисов докладов на конференции в трех томах с приложением.

Хотя специального постановления, решения или какого-либо другого документа на конференции не принималось, в выступлениях ряда докладчиков отмечалась целесообразность регулярного, хотя бы раз в 5 лет или лучше чаще, проведения подобных мероприятий. Это целесообразно, поскольку в настоящее время в России, странах СНГ и более широком географическом пространстве таких конференций не проводится, а потребность в них ощущается очень сильно. Современная наука не может существовать без обмена мнениями между учеными. Наиболее близко подходящие по тематике международные симпозиумы ISOABE (Международный симпозиум по воздушно-реактивным двигателям), раз в 2 года проводящиеся в различных странах мира, не охватывают столь широкий круг научно-технических проблем и практически недоступны (по материальным причинам) для посещения широкими кругами ученых и специалистов из России и стран СНГ. 



Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных систем

Графические рабочие станции ARBYTE® CADStation на базе процессоров Intel® Xeon™ – выдающееся соотношение цена/производительность для решений в области высокопроизводительных вычислительных систем.



Наивысшая производительность для САПР

- результат совместной работы с ведущими производителями программного обеспечения для САПР: UGS, PTC, АСКОН, MSC. Software, CATIA, Autodesk
- совместимость с широким кругом приложений для САПР и ГИС

Самый низкий уровень акустического шума

- уровень шума ARBYTE CADStation WS600 не превышает 35 dBA
- результат совместной работы с кафедрой акустики Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- уникальные технические решения



Самая низкая стоимость владения

- лучшая цена среди графических рабочих станций с аналогичными характеристиками
- 5 лет гарантии. Гарантированное максимальное время ремонта 5 рабочих дней в любом из 100 сервисных центров ARBYTE

Рекомендации по применению рабочих станций ARBYTE CADStation с прикладными пакетами САПР

	ARBYTE WS200	ARBYTE WS400	ARBYTE WS600
CAD-системы			
AutoCad	■	■	■
ArchiCad	■	■	■
КОМПАС	■	■	■
Inventor	■	■	■
SolidWorks	■	■	■
SolidEdge	■	■	■
Unigraphics	■	■	■
PTC Pro/Engineer	■	■	■
Catia	■	■	■
CAE-системы			
MSC.Patran	■	■	■
MSC.Adams	■	■	■
MSC.Nastran	■	■	■
MSC.Dytran	■	■	■
ANSYS	■	■	■
CFX-5	■	■	■

■ совместима ■ рекомендована

ARBYTE®
www.arbyte.ru

Москва ARBYTE (095) 725-8008,
Verysell Distribution (095) 777-33-45, 935-79-79

Альметьевск: Белфорт (8553) 23-87-67 • Архангельск ООО "Севералмаз" (8182) 65-71-84 • Благовещенск: ООО "Системный Интегратор" (4162) 53-35-33
 • Владимир: Электрон-сервис (0922) 33-60-01 • Воронеж: Криста-Офис (0732) 71-84-75 • Калуга: Пи 8 Плюс (0842) 56-48-88 • Киров ВИТ: (8332) 64-04-10 •
 Кострома: Стэл (0942) 54-15-35 • Курск: ООО "Ко5" (0712) 53-15-06 • Липецк:
 ООО "Регард-Тур Электроникс" (0742) 22-05-55 • Минск: Белфорт (017) 234-20-54 •
 Набережные Челны: Белфорт (8552) 39-65-25 • Нижний Новгород : ОнЛайн (8312) 35-36-01 •
 Новосибирск: Арбайт Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-79 • Оренбург: Белфорт
 Коликомпани (3532) 70-30-61 • Орск: Контакт Плюс (3537) 25-05-98 •
 Пятигорск: Милена (8793) 97-45-85 • Улан-Удэ: ИАЦ Администрации г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25 • Уфа: Белфорт (3472) 25-37-77 •
 Чебоксары: Копир-Сервис (8352) 74-11-00



А В Б У Т Е В I Z I O C E N T E R :

Н О В Ы Е В О З М О Ж Н О С Т И Д Л Я П Р О Е К Т И Р О В А Н И Я

История развития техники показывает, что достаточно часто гениальные идеи долго не находили себе применения именно в силу их гениальности и исключительности. Разработчик, предложивший удачное решение, не всегда мог при помощи слов и чертежей объяснить его преимущество тем людям, от которых зависела дальнейшая судьба новинки: попадет образец в серию или остается только на чертежах. Впрочем, слова - слишком абстрактный способ передачи информации, и если не подкреплять их конкретными образами (а человеческая психика воспринимает более 50 % информации именно благодаря органам зрения), они редко позволяют без искажения донести авторскую мысль.



личными компьютерными системами? Конечно, единственный путь - это визуализация.

Восприятие информации

Если спросить, что нагляднее - фотография или реальная комната, вы, конечно, выскажетесь в пользу последней - ведь она обладает объемом. А чем отличается фотография или плоское изображение от объемного? Каждый из двух глаз человека видит немного сдвинутую картинку относительно переносицы, и левому глазу открывается несколько больше деталей изучаемого объекта с левой стороны, а правому - с правой. При наложении этих двух потоков информации в нашем мозгу формируется объемное изображение, и уже много тысяч лет человек привык оценивать и изучать мир именно в таком, объемном режиме. В частности голограмма кажется такой реалистичной именно потому, что каждый глаз видит свою "сдвинутую" картинку, а мозг преобразует отличающиеся сигналы в объемное изображение. Что касается плоских картинок, то у них есть несколько недостатков. Во-первых, к объемному искажению размеров человек привык и воспринимает его адекватно. Изометрическая проекция на плоскость тоже вызывает необходимость созерцать искаженное изображение. Таким образом, неподготовленные люди адекватно воспринимают соотношения размеров объемного изображения и не очень адекватно - плоской проекции. Во-вторых, человеческая психика может настроить фокусировку глаз различным образом, так что даже наметанный взгляд инженера на незнакомом чертеже не всегда правильно и однозначно расшифровывает объемные детали и восстанавливает их нужным образом. Мы несколько не хотим погрешить на профессионализм читателя - просто попробуйте взглянуть на незнакомый сложный изометрический чертеж. Глаз человека неизбежно ошибется в конфигурации двух-трех деталей, в то время как на знакомых чертежах все кажется очевидным. Именно в этом и состоит опасность плоских проекций при представлении проекта - зрителям сложно моментально воспринять пространственную модель.

Прошли те времена, когда разработчики сталкивались только с огромными бумажными листами формата А0 или не столь огромными А3. Сегодня любая преуспевающая отрасль использует системы компьютерного моделирования, которые позволяют создавать виртуальные аналоги проектируемых систем, храня все чертежи в электронном виде. Это и отечественные системы, такие как КОМПАС, и зарубежные продукты, такие как AutoCAD или CATIA. В процессе дальнейшего развития систем компьютерного моделирования разработчики смогли оценивать специфику физических процессов при эксплуатации изделий, в том числе просчитывать результаты возможных деформаций при заданной силе воздействия. Сегодня такими расчетами занимаются многие компании: ANSYS, MSC.Software и другие. Программные системы анализа позволяют не только создавать многомерные модели в виртуальном пространстве, но также рассчитывать и графически отображать профили распределения давления в двигателях или турбулентность потоков жидкости, которые могут быть визуализированы с помощью цветовых градиентов. Одним словом, информации становится все больше, разработчики учитывают все более тонкие параметры, и в связи с этим возникает вопрос - как донести до коллеги или до руководителя ту сложную структуру, которая сформировалась в голове у разработчика и была дополнена раз-



Пространственная визуализация - компьютерная часть

Индустрия нашла достаточно очевидное решение этого вопроса и начала создавать системы пространственной визуализации, в основе любой из которых лежит следующий постулат: "Каждый глаз должен видеть свою картинку", и сегодня в западных странах нет ни одного завода, ни одного исследовательского центра или крупного технического университета, которые не использовали бы системы стереовизуализации.

Это весьма дорогостоящие изделия в недалеком прошлом строились на уникальных компонентах. Системы стереовизуализации, разработанные такими компаниями как SGI и некоторыми другими, использовали как специфическое программное обеспечение, так и закрытые стандарты передачи данных, поэтому они стоили достаточно дорого - порядка сотен тысяч долларов. Такие системы по сей день представляют собой весьма эффективные комплексы, позволяющие получать трехмерные изображения, разве что с некоторыми оптическими проблемами, о которых мы поговорим несколько позже. Чуть дешевле оказывались системы, применяющие стандартные компоненты, но использующие исключительно специализированные видеоадаптеры, например, такие как VolumePro. Но такие комплексы, как правило, вызывают серьезные затруднения с подбором мощности самой системы и не отличаются особенной стабильностью работы.

Другой весьма распространенный способ формирования стереоизображения был основан на базе использования специального программного обеспечения. Такие системы не могли работать в реальном времени, моментально разворачивать объект и обеспечивали лишь некоторые статические изображения.

Подход, разработанный компанией ARBYTE, оказался более прогрессивным просто потому что для реализации системы стереовизуализации используется стандартная графическая станция ARBYTE CADStation на процессорах Intel Xeon или Intel Pentium 4 с серийным видеоадаптером NVidia Quadro FX. Разработчикам компании удалось "выжать" из серийной видеокарты ее реальные ресурсы и добиться формирования парной картинку в реальном времени благодаря стандартным возможностям видеоадаптера. В результате потребитель имеет дело с отточенной системой, которая тем не менее стоит уже не сотни, а только десятки тысяч долларов в варианте "под ключ".

Пространственная визуализация - оптика

Вопрос о принципе разделения картинок и выводе их в соответствующем виде всегда оставался открытым. Первая и самая простая технология, которая долгое время использовалась и до сих пор используется во многих дорогостоящих установках - разделение поляризационными фильтрами. Наблюдатель получал очки с двумя фильтрами вместо стекол, благодаря которым каждый глаз видел свою картинку. Однако у этой методики сразу же обнаружились четкие недостатки, например, при наклоне головы наблюдателя картинка сразу начинает "плыть" и искажаться.

Новая и более совершенная технология, которая также используется в ARBYTE VizioCenter, подразумевает разделение видимого частотного спектра между двумя картинками. В этом случае один глаз видит только "от красного до белого". А второй - "от белого до фиолетового". Если не надевать специальные очки, то картинка кажется несколько размазанной, но в специальных очках человек наблюдает объемное изображение. Для подобной системы качество картинки определяется в основном качеством светофильтров очков, потому что чем точнее совпадет программная разбивка спектра и полосы пропускания для фильтров, и чем меньше указанные полосы пересекаются между собой, тем более реалистичная картинка получается.

Вопрос о способах формирования самой картинку также оказывается достаточно интересным. Ранее для этого использовались лишь специализированные проекционные системы, но в ARBYTE VizioCenter разработчикам удалось добиться до-


статочного качества изображения, используя два стандартных высококачественных проектора, которые обладают достаточной яркостью. Тем не менее, возможен вывод стерео картинку и на обычный ЭЛТ-монитор при условии использования чересстрочной развертки и высокой частоты смены кадров. Прибегая к технологии ЖК-матриц, необходимо использовать два проектора, так как на одном проекторе или мониторе нужного эффекта не добиться из-за технологических ограничений.

Использование новых технологий обработки изображения и качественных светофильтров в очках в сочетании с мощными проекторами позволило ARBYTE Vizio Center избежать искажений, двоения изображения и прочих артефактов, присущих более простым с оптической точки зрения системам.

Применение ARBYTE VizioCenter

Появление такого продукта, как ARBYTE VizioCenter, можно считать положительным событием для промышленности не только с точки зрения широты выбора, но и исходя из характеристик самой системы. Во-первых, она поставляется российской компанией, что значительно облегчает решение вопросов, связанных с сервисом и заказами. Кроме того, цена решения может варьироваться в пределах до \$50 000. При этом два проектора с яркостью 3500 люмен и разрешением 1400x1050 обеспечивают высокое качество картинку. Конфигурация VizioCenter позволяет использовать две рабочие станции одновременно, чтобы получить картинку разрешением 2800x1050. Такой продукт действительно может помочь в представлении изображения любой сложности, когда возникает потребность в согласовании, предложении продукта инвесторам или потребителям.

Практически все современные CAD-системы (ProENGINEER, UG, CATIA и другие) имеют собственные трехмерные интерфейсы, позволяющие работать с VizioCenter напрямую. Получая информацию от этих программных пакетов, VizioCenter сам преобразует его в стереокартинку. Таким образом, даже расчетные модели процессов давления, деформации и многих других нюансов функционирования любого двигателя, системы его монтажа или даже работа целого средства передвижения могут быть преподнесены в трехмерном варианте через ARBYTE VizioCenter. Работники различных отделов предприятия на планерке могут свести в одну модель все проведенные расчеты и совместно обсуждать результаты, наблюдая трехмерное изображение. Такой подход значительно уменьшает возможность ошибки или непонимания, особенно когда речь идет о крупных проектах и, соответственно, сложных моделях.

Открытая демонстрация системы ARBYTE VizioCenter проводилась на авиасалоне МАКС 2005, где благодаря технологиям компании "ПТС", авторизованного дистрибутора компании РТС, для всех желающих демонстрировалась объемная модель самолета IAI Galaxy. Модель отражала как внешние данные машины, так и механизмы работы всех систем самолета. В частности, специалисты "ПТС" рассказали, что они прогнозируют широкое применение ARBYTE VizioCenter прежде всего в атомной энергетике, судостроении и авиации. 



ARBYTE[®]

ЭКСПЕРИМЕНТОМ УПРАВЛЯЕТ МАШИНА

Александр Соболев, вед. инженер ЦИАМ



Все технические революции в истории человечества начинались с того, что работник освобождался от каких-то из своих производственных функций, перекаладывая их на плечи выючных животных, машин и локомотивов, хитроумных станков, автоматики и электроники. Это давало ему возможность более внимательно сосредоточиться на остальной части работы, делая гигантские шаги в развитии производства. Мы в нашем Отечестве несколько подзадержались ввязаться в научно-техническую революцию конца XX века, которой развлекается весь мир с начала 70-х годов. А тут еще лихорадка последних десятилетий в управлении хозяйством - тоже здоровья делу не прибавляет. И все же. Математическое моделирование давно уже стало общим местом всех диссертаций. Ни один проект не обходится без различных САПР-овских проработок. Автоматизация измерений прочно вошла в жизнь испытателей. Только сам эксперимент до сих пор по старинке проводился стендовой бригадой, управляющей тумблерами и рычагами. Но, в конце концов и в нашу баню привезли дрова: автоматизация, о которой твердили даже уже и не только самые лучшие научные умы, проникла-таки в святая святых: управление научным экспериментом.

Объектом работ был разгонный стенд отделения прочности ЦИАМ. Это не должно никого удивлять: именно это подразделение института находится в самых передовых рядах по математической проработке картин нагружения, усталостных режимов, потерь прочности и устойчивости и прочих процессов.

В данном случае был отработан и полностью доведен до нормального функционирования режим циклических усталостных испытаний. В связи с тем, что для электрических приводов стенда этот режим очень тяжелый (при быстром переходе с низких оборотов на высокие и обратно токи в обмотках двигателей достигают 400...500 А), в программе реализован контроль за токами и при необходимости ступенчатый (в два - три шага) набор и сброс оборотов. В программе предусматривалась автоматическая подстройка оборотов до нужного значения с заданной точностью. Количество повторений цикла может быть задано, а может быть и неограниченным - по выбору экспериментатора.

Кроме того, собранная система позволила решить и другую задачу: была разработана и использована в эксперименте программа для поиска и анализа резонансных частот лопаток. В этой программе также реализовано прямое управление двигательной установкой. Необходимые обороты устанавливаются непосредственно автоматикой. В программе нет никаких подстроек оборотов, а режим работы рассчитан по предварительно вычисленной зависимости оборотов от напряжения, задаваемого для конкретного изделия, установленного на стенде. Заранее определено время нахождения на каждом шаге по оборотам и после запуска программы остается только наблюдать за работой.

Управление стендом построено на базе измерительной системы, имеющей в своем составе цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), измеритель частоты, мультиметр для измерения напряжений, токов, сопротивлений и коммутаторы для подключения измеряемых параметров с различных датчиков. Стендовое оборудование, а именно - двигатели управляются тиристорной системой, расположенной в другом помещении на расстоянии примерно 300 метров. Тиристорная система имеет прямой потенциальный вход (то есть способна к дистанционному управлению от ЭВМ). Такая система обеспечивает достаточно быстрый разгон и необходимую мощность на валу.

В состав измерительной системы также входит персональный компьютер. В системах, где скорость отклика играет существенную роль, - чем быстрее (мощнее) компьютер, тем лучше. Для связи измерительной системы с ПК применена интерфейсная плата того типа, который в отечественной измерительной технике получил название Канал Общего Пользования - КОП. Сама программа, реализованная на сегодняшний день, написана с помощью пакета графического программирования.

В процессе работы с системой управления были проработаны различные варианты управления - от варианта с автоматической подстройкой нужных оборотов до варианта с прямым управлением по управляющему напряжению без всяких подстроек.

Система управления оборотами разгонного стенда и сбора информации функционировала следующим образом: напряжение с ЦАП'a подается на тиристорную систему управления двигателями, которая изменяет напряжение на двигателях, соответственно изменяя обороты. Результат последнего отслеживался программой. Когда обороты полагают установившимися, обратная связь считается замкнувшейся и производятся замеры параметров исследуемого объекта. В разработанной программе для всех вариантов управления есть один обязательный программный блок - переход от одних оборотов (текущие обороты) к другим (следующие обороты). В этом блоке анализируются обороты двигателя по нескольким последовательным отсчетам (реализован анализ по 3 или 5 значениям). Если разброс измеренных значений не превышает 0,2%, то можно считать обороты установившимися. Величина 0,2% выбрана по экспериментальным данным. Впрочем, в программе есть возможность ее изменять. Однако эксперимент показал, что попытка уменьшить ее до 0,01% приводит к неоправданно длинному (до нескольких десятков секунд) переходу с одних оборотов на другие, а попытка увеличить ее до 1% способствует значительному ускорению процесса перехода, но приводит к значительным отклонениям от необходимой в эксперименте частоты вращения (до 150...200 об/мин от нужного значения).

В цикл управления встроены и измерения параметров объекта, необходимых в текущем эксперименте. Таких, например, как температура лопаток, информация с тензодатчиков, давление, вибрация. Здесь надо заметить, что если часть параметров снимается с датчиков, расположенных на стенде стационарно, то напряжения в объекте измерялись тензодатчиками, расположенными на вращающемся объекте. Сигналы этих датчиков с объекта передавались в измерительную систему с помощью крайне ненадежного допотопного ртутного токосъемника. У этого устройства есть современная альтернатива - система передачи информации по радиоканалу, но - очевидно, не в этой жизни...

Для корректной работы автоматической системы в режиме управления оборотами в программе использована зависимость оборотов от напряжения на ЦАП. Она представлена полиномом четвертой степени:

$$3 \cdot 10^{-17} A^4 - 7 \cdot 10^{-13} A^3 + 6 \cdot 10^{-9} A^2 + 10^{-4} A + 0,0169,$$

где A - задаваемое напряжение.

Зависимость оборотов от напряжения на ЦАП снимается перед каждым запуском с таким расчетом, чтобы учесть все возможные изменения, внесенные как в сам объект, так и в режим работы

Рис. 1



самого стенда. Например, при исследовании резонансных характеристик лопаток проводились запуски с дополнительным возбуждением лопаток подачей воздуха под давлением на сами лопатки. Проводились запуски и без дополнительного возбуждения. Разница в режиме работы была заметна даже на глаз.

Реальное рабочее окно программы циклических испытаний приведено на рисунке 1.

Рабочее окно программы поиска резонансных частот представлено на рисунке 2. Здесь нужно отметить следующее - в связи с медленной работой программы встроить необходимую обработку информации с тензодатчиков (оцифровка, частотный анализ) не представилось возможным. В окне, названном "Тензодатчики", выводится огибающая реального сигнала. Качественное поведение по такому графику оценить можно. На рисунке видно, где лопатки начинают резонировать. А обработку в режиме реального времени приходилось проводить на втором компьютере, к которому подключен свой аналого-цифровой преобразователь и введена программа обработки. Для хранения собранной информации одновременно с работой обоих компьютеров ведется запись сигналов на аналоговый измерительный магнитофон (который является традиционным оснащением этого стенда последние полвека).

Во всех вариантах программы управления ведется непрерывное протоколирование работы. Вся собранная информация записывается в файл стандартной базы данных. Представленные рисунки сделаны по данным, собранным в реальных экспериментах. Например, на рисунке 2 один из графиков тензодатчиков (левый нижний) отражает состояние, которое возникло в результате разрыва кольца ртутного токосъемника.

По мере накопления опыта работы с представленной системой автоматического регулирования выявились узкие места.

Стало ясно, что примененный интерфейс не обеспечивает необходимого быстродействия, а использованный программный пакет не позволяет запустить параллельно два и более процессов (интерфейс жестко встроено в используемый крейт). В связи с этим сейчас осуществляется переход на другой крейт отечественной разработки с интерфейсом VXI-VXB (высокоскоростной VXI интерфейс). Это позволит добиться ускорения работы более чем в три раза. Кроме того, с новым интерфейсом и новым крейтом можно будет переконфигурировать всю измерительную систему и включить в нее дополнительное оборудование для решения задач тензометрирования, не прибегая к использованию второго ПК - весь сбор необходимой информации и его обработку с помощью любого другого программного пакета можно будет осуществлять в рамках одного крейта. Работа с разными программами и распараллеливание процессов - это одно из достоинств интерфейса VXI-VXB. Учитывая, что стандарт VXI открытый, крейт с аппаратурой VXI можно легко дополнять новыми блоками (или заменять имеющиеся) в зависимости от необходимости в тех или иных измерениях. Предполагается также поставить аналогичную систему автоматического регулирования еще на один стенд, имеющий аналогичное тиристорное управление двигателями.


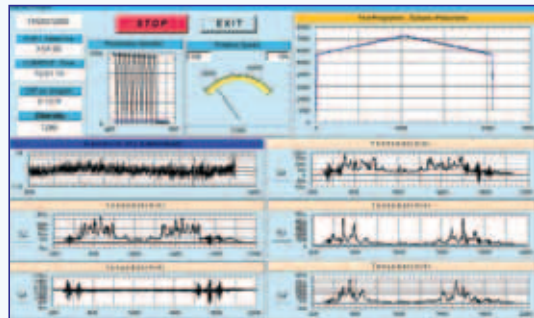
Тем не менее, проведенные работы отражают, на мой взгляд, первый случай целиком успешного применения автоматизированного управления ходом нормального штатного эксперимента, примененный в отечественной авиационной промышленности. Осталось понять: делает ли одна ласточка Весну? 

Рис. 2





15-18 АВГУСТА



3-я российская выставка
виза
космические
технологии и
оборудование
Казань - 2006





- Информационные технологии
- Иновационные технологии в авиадвигателестроении
- Космические технологии
- Системы управления информацией об изделии
- Композиционные, полимерные материалы и термопласты в авиакосмическом комплексе
- Плазменные и лазерные комплексы, оборудование технических процессов
- Высокоточное наукоемкое технологическое оборудование в промышленности
- Исследование и конструирование технологических процессов и материалов
- Перспективное проектирование и фундаментальные исследования
- Современные технологии в самолето- и вертолетостроении, создании космических аппаратов
- Системы спасения и жизнеобеспечения

ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР "Казанская ярмарка", Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
 Тел./факс: (843) 570-51-16, 570-51-11, E-mail: pdvrt@bk.ru, vico@fbt.ru, www.aktokazan.ru

СОСТОЯНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ РЕАКТИВНОЙ ТЕХНИКИ

Василий Богданов, д.т.н., ОАО "НПО "Сатурн"

(Окончание. Начало в № 5 - 2005)

Дальнейшее повышение скорости полета (с обеспечением тяги и на нулевой скорости) может обеспечить пульсирующий детонационный воздушно-реактивный двигатель (ПуВРД), в котором функции компрессора, камеры сгорания и турбины выполняет детонационная волна. Благодаря этому стоимость ПуВРД может быть примерно в пять раз меньше, чем у ГТД. Отсутствие турбины обеспечивает работоспособность ПуВРД при максимальных скоростях, соответствующих прямоточным ВРД. Детонационный процесс характеризуется высокой быстротечностью химической реакции - детонация обычно протекает в 100 раз быстрее, чем обычное горение, а давление продуктов при этом вдвое выше, чем при сгорании в постоянном объеме. Достаточно простой принцип работы, однако, требует решения ряда проблем. Основные из них:

- в традиционных для авиации керосино-воздушных смесях инициирование детонационного процесса сопряжено с большими трудностями;
- затруднено управление процессом детонации, а также конструктивное обеспечение эффективной реализации энергетического потенциала детонационного процесса в тягу.

Классический облик ПуВРД таков: цилиндрическая камера сгорания имеет плоскую или специально спрофилированную стенку, именуемую "тяговой стенкой". Воздухозаборник расположен по периферии вокруг "тяговой стенки", но несколько позади ее. Противоположный (задний) конец камеры открыт и снабжен обычным сверхзвуковым соплом.

Вначале в камеру сгорания подают горючую смесь. Затем с помощью специального устройства создают в ней детонационную волну, которая движется в сторону "тяговой стенки". Когда волна встречает "тяговую стенку" в переднем конце камеры, она отражается от нее, ускоряя большую часть продуктов сгорания, истекающих затем через сверхзвуковое сопло и дающих тягу.

Незначительная часть продуктов сгорания выходит с радиальной волной через воздухозаборник. Облик ПуВРД совершенствуется, в настоящее время известен целый ряд конструкций двигателей этого типа.

На рис. 1 (см. "Двигатель" № 5 - 2005 г.) показаны две S-образные кривые предполагаемого развития ПуВРД. Сейчас трудно сказать, какой будет технологический разрыв между S-образными кривыми развития ГТД и ПуВРД, что подтолкнет их развитие. Хорошо, если работают накапливаемый научно-технический задел, расширившиеся возможности математического моделирования на современных ЭВМ сложных пульсирующих (нестационарных) рабочих процессов, а не

военно-политические кризисы. Следует также отметить, что пока для экспериментальных образцов ПуВРД характерна невысокая стоимость. Начальный этап освоения новой технологии требует намного меньше средств, чем создание ГТД очередного поколения.

Для исследования пульсирующего рабочего процесса в реактивных двигателях в ОАО "НПО "Сатурн" был создан экспериментальный ПуВРД на базе камеры сгорания постоянного объема (KC с $V = const$) с самоприводящимся золотником (рис. 6). В процессе работы камеры при вращении золотника 3 последовательно происходит: наполнение золотника воздухом, подаваемым со входа 4, впрыск топлива форсункой 5, воспламенение свечой 6 и сгорание в закрытом объеме ($V = const$), истечение газов через выходное устройство 7 и продувка. Часть газов истекает через сопло 10 в золотнике, создавая на нем вращающий момент.

При экспериментальных исследованиях ПуВРД установлено, что измеренная тяга почти в 3 раза превысила расчетную, определенную по внутривдвигательным параметрам при допущении "квазистационарности" процесса истечения.

Анализ показал, что в созданном ПуВРД с частотой примерно 200 раз в секунду реализуется известный из теории взрыва эффект: при одномерном разлете продуктов детонации импульс в атмосфере в три раза выше, чем в вакууме [см. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва, М.: Наука. 1975]. Это объясняется тем, что при истечении цикловой массы газа перед ней происходит присоединение внешней массы воздуха, повышающее импульс. В той же работе показано, что при взаимодействии газа с атмосферой возбуждается колебательный процесс, поэтому в определенные промежутки времени газ движется обратно к источнику. Как показывает анализ, он может стать присоединенной массой для следующего цикла. Это возможно в резонансном режиме - при подаче газа следующего цикла в момент прихода к источнику отработанного газа.

Дальнейший анализ явления показал, что в ряде случаев начинается взаимодействие цикловых масс, обусловленное разностью скоростей U их передней и хвостовой частей (рис. 7) при отсутствии разрыва (скважности) между ними. Как следствие, возможен колебательный резонансный процесс, описанный выше, в результате которого может происходить неоднократное использование отработанной цикловой массы газа как присоединенной, т.е. расход газа, участвующего в создании тяги, будет больше измеренного.



Рис. 6. Экспериментальный ПуВРД с эжекторным усилителем тяги:
1 - ПуВРД; 2 - эжекторный канал; 3 - золотник; 4 - вход; 5 - топливная форсунка;
6 - свеча; 7 - выходное устройство; 8 - силоизмерительный датчик;
9 - цилиндрический экран; 10 - сопло в золотнике

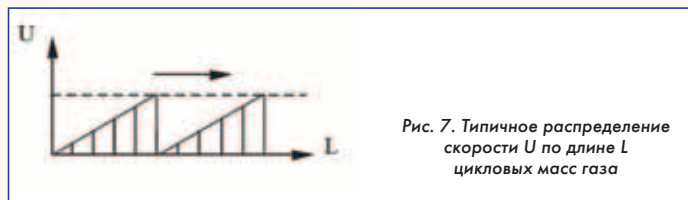


Рис. 7. Типичное распределение скорости U по длине L цикловых масс газа

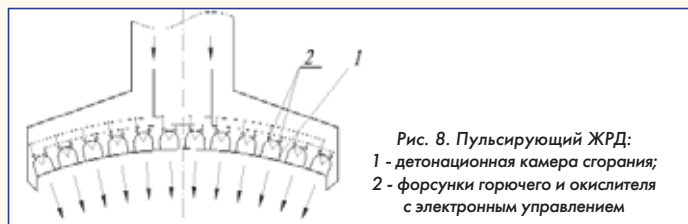


Рис. 8. Пульсирующий ЖРД:
1 - детонационная камера сгорания;
2 - форсунки горючего и окислителя с электронным управлением

Для подтверждения эффекта от взаимодействия цикловых масс газа в условиях космоса ведется подготовка к проведению эксперимента на вакуумном стенде.

Поскольку в результате взаимодействия масс повышается тяговый к.п.д., то этот эффект целесообразно использовать в реактивных двигателях, обладающих особенно высоким удельным импульсом и работающих с низким тяговым к.п.д., в том числе в:

- двигателях первых ступеней ракет-носителей;
- двигателях торможения;
- двигателях ориентации космических аппаратов;
- подъемных двигателях для самолетов вертикального взлета и посадки.

На рис. 8 показана одна из возможных схем пульсирующего ракетного двигателя. Для реализации максимальной эффективности пульсирующего рабочего процесса сгорание здесь должно быть детонационным.

Особый интерес представляют электроракетные двигатели, которые имеют очень высокий удельный импульс и обладают возможностью создавать пульсирующий рабочий процесс с заданными характеристиками при сравнительно простом методе управления параметрами электрического напряжения.

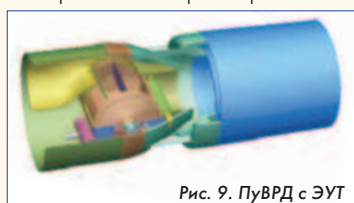


Рис. 9. ПувРД с ЭУТ

При исследованиях в ОАО "НПО "Сатурн" ПувРД с эжекторным усилителем тяги благодаря волновому способу передачи энергии получен к.п.д. процесса эжектирования, равный ~ 0,7, что близко к уровню к.п.д. передачи

энергии от турбины к вентилятору в ГТД. Это позволяет создать двигатель для беспилотного летательного аппарата с экономичностью, близкой к уровню, соответствующему ТРД, при значительно меньшей стоимости (рис. 9).

В настоящее время проводятся исследования по форсированию тяги за счет дожигания продуктов сгорания в эжекторном канале в ударных волнах. Для этого в основную камеру сгорания ПувРД 7 (рис. 6) подается переобогащенная топливовоздушная смесь (коэффициент избытка воздуха $\alpha \sim 0,5$); образовавшееся при сгорании химически высокоактивное горючее затем дожигается в ударных волнах при смешивании с воздухом в эжекторном канале. Получено увеличение тяги в ~ 1,5 раза. Конечная цель исследований - получение высокоэффективного детонационного сгорания уже с подачей топлива в эжекторный канал, который и будет в основном создавать тягу.

Почти трехкратное увеличение тяги ПувРД было зафиксировано на тяговой стенке. Возможность получения больших усилий на стенке при воздействии на нее пульсирующей струи газа может быть использована как новый способ создания подъемной силы. В настоящее время все еще проявляется интерес к машущему полету. В статье М.Г. Булычева "Анализ целесообразности решения проблемы машущего полета" [см. "Полет" № 10, 2004] представлен анализ результатов различных исследований машущего полета птиц и насекомых, показана актуальность исследований, проводимых в этом направлении. Известно, что полет майского жука, имеющего две пары крыльев, вообще противоречит законам стационарной аэродинамики. Анализ работы крыльев майско-

го жука позволяет предполагать, что они взаимодействуют так, как в отмеченном выше эксперименте взаимодействуют ПувРД и тяговая стенка. Таким образом, система, состоящая из источника, создающего пульсации в воздушном потоке, натекающем на неподвижное крыло, может заменить машущие крылья. Известно, что при частоте пульсаций более 400 Гц не возникает проблем с прочностью конструкции, кроме того, недостаток в подъемной силе имеет место, в основном, при взлете и посадке, т.е. достаточно коротковременно. При этом благодаря малой скорости полета пульсирующие возмущения могут распространяться вперед, формируя перед всем крылом колебания в воздушном потоке.

Большой эффект может дать применение пульсирующего рабочего процесса ($V = const$) и в приводных ГТД. Однако его до сих пор не удалось реализовать из-за пониженного к.п.д. турбины, работающей в пульсирующем потоке газа. Эту проблему можно решить применением в ГТД роторно-поршневой расширительной машины в качестве турбины высокого давления (рис. 10). Принцип совместной, согласованной работы камеры сгорания и роторно-поршневой машины показан на рис. 11. Ее преимущества:

- скорость потока газов на выходе из камеры сгорания определяется, в основном, скоростью вращения ротора (при их согласованной работе) и не превышает 0,1 от местной скорости звука, т.е. гидравлические потери, связанные с перетеканием газа из камеры в расширительную машину, оказываются малыми;
 - охлаждаемый ротор выдерживает более высокую температуру газов T_r , чем охлаждаемая турбина. У лучших авиационных турбин $T_r = 1750$ К, а в существующих роторных двигателях $T_r = 2800$ К, т.е. такой двигатель можно выполнить стехиометрическим и тем самым в полной мере реализовать преимущества цикла $V = const$;
 - роторная машина имеет меньшую стоимость, чем охлаждаемая турбина;
 - повышение удельной мощности $N_{уд}$ почти в 3 раза (более 1000 кВт/(кг·с) в основном за счет стехиометричности позволяет уменьшить примерно в 5 раз объем и массу компрессора, турбины. Благодаря этому возможно применение в качестве замыкающей ступени, компрессора объемного типа, например - винтового (рис. 10), обеспечивающего получение больших значений π_c для малогабаритных ГТД.
- Таким образом, решается не только проблема повышения к.п.д. процесса расширения, но и за счет резкого повышения температуры газов наиболее полно реализуются преимущества цикла $V = const$ и возможно улучшение конструктивных параметров ГТД. Эффективный к.п.д. этой силовой установки может достичь уровня 0,6.

В предлагаемой конструкции целесообразно применение неметаллических жаропрочных материалов. Неметаллы имеют низкий коэффициент теплового расширения. Для углерод-углеродных композитов $\alpha_t = 1,4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, тогда как для стали $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, что позволяет применить в роторной машине лабиринтные уплотнения и тем самым значительно (в 2...3 раза) увеличить частоту вращения ротора. Расчетные исследования роторно-поршневой машины из жаропрочных неметаллов и проведенные испытания винтового компрессора как двигателя показали, что в двигательном режиме работы роторно-поршневая машина имеет к.п.д. на 8...10 % выше, чем в компрессорном (0,75...0,79). Это позволяет при освоенных технологиях изготовления иметь к.п.д. процесса расширения в такой машине из неметаллов на уровне ~ 0,85.

Высокая эффективность рассматриваемой концепции применения объемных роторных машин в двигателе в качестве компрессора и турбины подтверждена опытным образцом, созданным в Техасском университете (США).

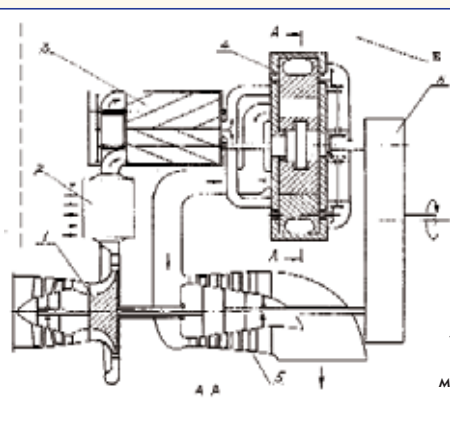


Рис. 10. ГТУ $V = const$:
1 - турбокомпрессор;
2 - охладитель воздуха;
3 - винтовой компрессор;
4 - блок КС $V = const$ с роторно-поршневой расширительной машиной; 5 - свободная турбина;
6 - сумматор мощности



Рис. 11. Иллюстрация процесса работы роторно-поршневой расширительной машины совместно с КС $V = const$

РЕАКТИВНЫЕ ПЕРВЕНЦЫ ЯПОНИИ

*"Самолет мой гудит.
Тяжело моему самолету...
Скорей бы Пирл-Харбор!"*

Александр Николаев

Отгороженная от остального мира языком, особенностями национальной культуры и характера, многовековыми монархическими традициями Япония конца тридцатых годов прошлого века была тайной за многими печатями практически для всех обитателей остального мира. Немногие специалисты смогли в то время правильно оценить боевые возможности армии, авиации и флота Страны Восходящего Солнца. Бытовало мнение о технической отсталости японских вооруженных сил, обусловленной все той же отгороженностью от западной цивилизации. В начале декабря 1941 г. практически для всех американцев поразительной неожиданностью оказались высокие боевые качества самолетов с красными кругами на крыльях и фюзеляжах. После ряда боевых столкновений весьма совершенными были признаны и японские корабли основных классов - эсминцы, крейсера, авианосцы и линкоры, обладавшие большой дальностью плавания, высокой скоростью и мощным вооружением. В руках отлично вымуштрованных и беспредельно преданных императору военнотружущих эта техника доставила немало горьких минут не в меру зазнавшимся европейцам. Весной 1942 г. флот англо-американо-голландско-новозеландско-австралийской коалиции понес тяжелейшие потери, причем нередко численное преимущество в начале сражения было отнюдь не на стороне потомков самураев.

Впрочем, впоследствии стало ясно, что японцы сумели вырваться вперед лишь временно и по сравнительно небольшому числу направлений. Ограниченные возможности экономики островной державы заставляли руководство страны и крупнейших компаний делать ставку в основном на проверенные решения, всемерно их форсируя. Там, где требовался глубокий научный и технологический поиск, где нужны были серьезные финансовые вложения без особых гарантий успеха, там японцами в то время и не пахло.

Но имелись и исключения. К примеру, адмирал Ханаджима еще в конце двадцатых годов всерьез заинтересовался проблемами создания газотурбинных двигателей. Проводя ограниченные по объему исследования совместно с Токийским университетом, адмирал внимательно следил за успехами европейцев. Он составил подробное описание мотокомпрессорной установки итальянца Кампини, изучил патент Уиттла, выданный последнему в 1937 г. По роду деятельности адмирал имел возможность ознакомиться с информацией о результатах работы немецкого исследователя Охайна. В 1938 г. авиация флота совместно с Токийским университетом разрабатывала миниатюрный газотурбинный двигатель, но вскоре работы пришлось свернуть из-за недостаточного финансирования - страна втягивалась в крупномасштабную войну и средства приходилось экономить.

Вновь к проблеме создания авиационного ГТД в Японии обратились только в 1942 г., когда из Германии поступили сообщения о серьезных успехах фирм "Хейнкель", "ЮМО" и "БМВ" в этом направ-

лении. На одном из приемов в немецком посольстве японские специалисты заикнулись о получении технической поддержки со стороны "арийских братьев" по оси Рим - Берлин - Токио, но гитлеровское руководство тогда было не склонно расставаться с уникальными секретами. Пришлось потомкам самураев реанимировать собственные ранние разработки. Весной 1943 г. проводились испытания нового варианта мотокомпрессорной силовой установки, продемонстрировавшие ее бесперспективность для реактивного истребителя. В конце лета 1943 г. на стенде установили первый настоящий японский ГТД, получивший обозначение Ne 10. Впрочем, его испытания закончились обескураживающим результатом - лопатки турбины спустя несколько минут после пуска разрушились...

Лишь в апреле 1944 г., когда призрак поражения в войне все чаще стал посещать руководителей стран оси, германское правительство согласилось на передачу в Японию технической документации, необходимой для освоения производства двухдвигательного реактивного истребителя Me 262 и ракетного перехватчика Me 163. Однако оставалась проблема доставки многочисленных и довольно объемистых чертежей через множество преград, созданных англо-американскими союзниками. Было решено воспользоваться подводной лодкой, и в конце апреля 1944 г. японский командер Еичи Ивайа отбыл на родину с ценнейшим грузом. К середине июля он благополучно добрался до Сингапура, откуда продолжил свое опасное путешествие на борту самолета. Ивайа прихватил с собой только самые важные и относительно немногочисленные документы - остальные должна была доставить подлодка. Но японцам не повезло - субмарину обнаружила американская противолодочная поисковая группа и потопила ее вместе с ценнейшими чертежами. Уцелели только те материалы, которые привез в Токио счастливчик Ивайа.

Что поделаешь - японским специалистам пришлось довольствоваться верхним, но, вероятно, и наиболее ценным слоем информации о германских новинках. Несмотря на скудость данных, удалось несколько доработать конструкцию газотурбинного двигателя с осевым компрессором, и уже в сентябре 1944 г. на испытании поступил его новый вариант, получивший наименование Ne12. Главным препятствием на пути к работоспособному ГТД стало для японцев отсутствие соответствующих марок жаропрочных сталей, необходимых для изготовления турбинных лопаток. Серьезную проблему представляло создание подшипников, способных выдерживать значительные нагрузки при маневрировании самолета. Кроме того, оставалась открытой проблема регулирования параметров двигателя, без разрешения которой был невозможен полноценный боевой самолет.

На первом этапе изучения немецкого опыта японские специалисты сумели воспользоваться лишь некоторыми идеями, в том числе



*Взлетают истребители "Zero",
принадлежащие отряду камикадзе*

лопатками, охлаждаемыми воздухом. И все же двигатель Ne 12 получился недостаточно мощным - его тяга не превышала 370 кгс и не обеспечивала реактивному истребителю преимуществ перед обычными поршневыми машинами. Понимая это, в дальнейшем японцы сосредоточили усилия на создании более совершенной версии ГТД, получившего наименование Ne 20. Прототипом для него являлся немецкий двигатель BMW 003A тягой 800 кгс, что позволяло надеяться на достижение истребителем скорости порядка 800 км/ч. Вновь была предпринята попытка оказания технической помощи со стороны Германии. На этот раз в долгий путь отправилась немецкая подводная лодка, на борту которой находились специалисты-двигателистроители из BMW. И вновь японцам не повезло - лодка находилась в пути, когда пришло известие о капитуляции Германии, и дисциплинированный командир корабля в соответствии с полученным приказом сдался американцам.

Лишь в конце июня 1945 г. два двигателя Ne 20 были сочтены пригодными для установки на самолет. Примерно в эти же дни вышла на летные испытания мотокомпрессорная установка Tsu 11, предназначенная для реактивных пилотируемых самолетов-снарядов. 8 июля 1945 г. был подготовлен к первому полету ракетный истребитель J8M1, представлявший собой японский вариант Me 163. Он оснащался жидкостным реактивным двигателем "Токо" Ro 2, в основных чертах воспроизводивший вальтеровский HWK 109-509. Но время было упущено. До капитуляции Японии оставалось чуть более месяца.

Цветы запоздалые

*"Не все ли все равно,
чем занимается сын самурая;
лишь бы не пил непомерно он горячий сакэ..."*

Летом 1944 г. эскадры союзников все теснее смыкали удушающее кольцо вокруг островной империи. Излюбленными целями для американских подводников стали японские танкеры и транспорты - они были, как правило, слабо прикрыты и долгое время не использовали тактику конвоев, предпочитая плавание в одиночку. За непродолжительное время янки пустили на дно множество судов с разнообразными грузами, фактически воспретив перевозки морем. Все тоньше становился ручеек самых необходимых для промышленности материалов, все меньше поступало в Японию продуктов питания для населения. Возникли серьезнейшие перебои с топливом для всех видов транспорта и боевой техники, дело дошло до того, что даже исправные корабли не могли выходить в море, а самолеты - подниматься в воздух, чтобы отразить очередные атаки огромных бомбардировщиков B-29 "Суперфортресс".

Боевую устойчивость американским эскадрам придавали многочисленные авианосцы. Развернув массовую постройку таких кораблей, за годы войны Соединенные Штаты спустили на воду 23 тяжелых авианосца типа "Эссекс", 11 легких авианосцев, которые были переоборудованы из крейсеров, а также свыше сотни так называемых конвойных авианосцев, созданных на основе корпусов транспортов и танкеров. Возможности англичан оказались заметно меньшими - всего три тяжелых, восемь легких и семь конвойных авианосцев. Но если прикинуть суммарный состав авиационного соединения, которое могло быть поднято с палуб хотя бы половины из указанных американских и английских кораблей, то получится более двух тысяч боевых самолетов. Возможности Японии не шли ни в какое сравнение с этой армадой. Американцы могли свободно выбирать для атаки очередной крупный остров или архипелаг - техническое превосходство не оставляло обороняющимся никаких шансов. В феврале 1944 г. в районе острова Трук американская палубная авиация всего за два дня потопила 29 судов общим тоннажем 187 тыс. тонн. В июне 1944 г. при высадке на остров Сайпан командование ВМС США задействовало 14 линкоров и 29 авианосцев. С каждым месяцем, каждым днем и даже с каждым часом положение Японии становилось все более безнадежным.

В этих условиях командующий 1-м воздушным флотом адмирал Такидиро Ониси, на которого была возложена оборона метропо-



Экипажи носителей "Бетти" и пилоты самолетов-снарядов "Ока" уточняют детали задания

лии с юга и юго-востока, предложил организовать подразделения летчиков-самоубийц. Он полагал, что количественному и качественному превосходству врага японские пилоты смогут противопоставить твердость духа, граничащую с фанатизмом. На острове Лусон было развернуто первое подразделение камикадзе, вооруженное обычными истребителями "Зеро". На каждый самолет подвешивалась 250-килограммовая бомба с взрывателем, конструкция которого была лишь немного изменена, - теперь боеприпас мог взрываться, не отделившись от самолета.

Утром 25 октября 1944 г. с аэродрома Мабалакат на поиск американских авианосцев ушла девятка "Зеро" под командованием лейтенанта Иукио Секи. Это был первый в истории боевой вылет летчиков-смертников. Вместо подшлемников пилоты-камикадзе повязали хашимаки - полоски белой ткани с иероглифами, которые носили японские воины сотни лет назад. Назначение хашимаки было в те времена вполне утилитарным - в ходе яростного рукопашного боя они впитывали пот и придерживали волосы. С 25 октября 1944 г. хашимаки и белые шарфы стали своеобразными эмблемами специального корпуса камикадзе.

Лейтенант Секи почти отчаялся найти американцев, но почти трехчасовой поиск увенчался успехом - без четверти одиннадцать он заметил группу вражеских кораблей и среди них желанную цель - авианосец! В 10.53 японский истребитель с бомбой под брюхом с ревом врезался в палубу корабля, вызвав большой пожар. Авианосец - не только плавучая взлетно-посадочная полоса, но еще и склад легко воспламеняющегося топлива и боеприпасов. Через 20 минут после тарана конвойный авианосец "Сент-Ло" полыхал от носа до кормы гигантским факелом, а еще спустя 20 минут он затонул. Помимо "Сент-Ло" камикадзе из группы лейтенанта Секи повредили еще три американских корабля! В тот же день вторую успешную групповую атаку осуществили летчики-смертники с авиабазы Минданао.

Менее чем за год войны камикадзе удалось уничтожить три и повредить 36 авианосцев. По последнему показателю (числу поврежденных авианосцев) они вышли на первое место по эффективности среди всех видов оружия, опередив традиционные торпеды и авиабомбы. И все же у японских военачальников оставались причины для недовольства. В подавляющем большинстве случаев пилоты-самоубийцы пикировали на цель, поражая палубу и надстройки корабля, или крались низко над водой, опять-таки нацеливаясь в борт неприятельского судна. Между тем японский одномоторный истребитель мог нести лишь 250-килограммовую бомбу, и мощи ее взрыва в надводной части судна часто было недостаточно для того, чтобы потопить даже относительно небольшой эсминец. Хрестоматийным стал случай с эскадренным миноносцем "Буш", выдержавшим два прямых попадания и затонувшим только после третьего удара камикадзе.

Использование в качестве самолетов-самоубийц двухмоторных машин с большим количеством взрывчатки не сулило успеха - они были менее скоростными и маневренными, легче поражались зенитными орудиями, число которых на американских авианосцах было срочно доведено до сотни стволов! Словом, по мнению идеологов такого рода войны, выявилась необходимость в небольшом скоростном человекоуправляемом самолете-снаряде, оснащенный боевым зарядным отделением массой около тонны, что при прямом попадании гарантировало вывод из строя корабля любого класса.

И здесь выступил с предложением Токийский университет, точнее его филиал - авиационный исследовательский институт, функционировавший при учебном заведении. Один из бывших сотрудников института, а в 1944 г. пилот 405-го транспортного авиаполка Мицуо Ота, в свое время взаимодействовал с адмиралом Ханаджима и был в курсе ракетных успехов немцев. Мичман Ота сформулировал идею простейшего цельнодеревянного самолета, оснащенного твердотопливным реактивным двигателем. Естественно, из-за ограниченной продолжительности работы РДТТ не мог обеспечить самостоятельного применения такой машины. Подразумевалось, что в район цели ракетный самолет-самоубийцу доставит авиаматка - двухмоторный бомбардировщик соответствующей грузоподъемности.

В августе 1944 г. идею Ота поддержало командование императорского военно-морского флота, после чего детальная разработка была поручена инженерам Масао Ямаха, Таданао Мицуги и Рокуро Хаттори, работавшим в Первом авиационном арсенале ВМФ в Йокосуке. Машина получила обозначение "морской специальный штурмовик МХУ7 "Ока" модель 11" (такова была система обозначений, принятая в японской морской авиации - в числе "11" первая единица означала первую модификацию летательного аппарата, вторая - первый вариант силовой установки).

Разработку вели ударными темпами, да и конструкция самолета "Ока" ("Цветок вишни" в переводе с японского, ничего общего с русской рекой, ударение на последний слог) не отличалась сложностью. При стартовой массе 2140 кг более половины - 1200 кг приходилось на боевую часть. Площадь крыла составляла всего 6 м² при пятиметровом размахе, фюзеляж был на метр длиннее. Силовая установка включала три твердотопливных двигателя тип 4-1, каждый тягой 270 кгс. Продолжительность работы РДТТ составляла 8...10 с, по желанию пилота двигателя можно было запускать поочередно или все три вместе. Двигатели крепились ферменной конструкцией к задней 6-миллиметровой бронеплите, смонтированной за кабиной летчика. Последний, кстати, был прикрыт еще и второй бронеплитой, расположенной снизу. Вероятно, обилие стали в конструкции "Оки" было вызвано желанием не столько обезопасить пилота, сколько необходимостью сместить центр тяжести назад. Цельнодеревянное крыло, наоборот, было до отказа выдвинуто вперед - передний лонжерон примыкал к заднему торцу боевой части.

После отделения от самолета-носителя G4M2e "Бетти" "морской специальный штурмовик" должен был перейти в пологое планирование со скоростью 460 км/ч. Стартуя с высоты 7...8 км и поочередно включая РДТТ, пилот мог обеспечить дальность полета порядка 35...40 км. При одновременном запуске всех трех двигателей машина быстро набирала скорость 650 км/ч, но дальность при этом получалась меньшей. Пикируя на цель под углом 50°, "Ока" могла разогнаться до 900 км/ч, однако при этом резко ухудшалась управляемость. Впрочем, прежде чем дело дошло до боевого применения, нужно было научить это странное сооружение летать. Первый полет в режиме планера "Ока" выполнила 23 октября 1944 г., а спустя месяц пришел черед экспериментов с запуском двигателей в воздухе. Японские специалисты изготовили несколько машин в учебно-тренировочном варианте - вместо боевой части они оснащались грузомакетами и посадочными лыжами. Для черновой доводки "морского специального штурмовика"

потребовались еще четыре месяца, и во второй половине марта 1945 г. дело дошло до боевого применения "Оки".

Правда, первый блин вышел комом - 21 марта все 18 "Бетти", попытавшиеся атаковать американское авианосное соединение, были сбиты, не достигнув рубежа пуска. Удачнее для камикадзе сложилась ситуация в "день дурака" - 1 апреля 1945 г. тройка "Бетти", прикрываясь облаками, сумела приблизиться к американским кораблям на 20 км. В результате прямое попадание человекоуправляемой реактивной бомбой получил линкор "Уэст Вирджиния", а вторая "Ока" серьезно повредила транспорт "Альпине". 12 апреля 1945 г. девять носителей "Ока" совместно с восемью десятками поршневых самолетов, пилотируемых камикадзе, под прикрытием сотни истребителей несколькими волнами атаковали американские авиagrуппы, маневрировавшие в районе острова Окинава. Вечером этого дня японские средства массовой информации сообщили об уничтожении трех линкоров и множества других вражеских кораблей, но впоследствии результаты массированного авиационного удара получили другую, гораздо менее оптимистичную оценку. Всего в период сражения за Окинаву было использовано около семидесяти реактивных человекоуправляемых снарядов, хотя располагали японцы не менее чем тремястами экземплярами - не хватало самолетов-носителей.

Боевое применение "Оки" модель 11 оказалось не слишком успешным, и главной причиной руководство специального корпуса камикадзе сочло малую дальность пуска - из-за активного противодействия американских истребителей это приводило к потере дефицитных "Бетти", их экипажей и пилотов-смертников. Твердотопливные двигатели принципиально не могли решить проблемы - пришлось искать иные варианты силовой установки. Тут вспомнили о реактивном двигателе "итальянского" типа, у которого компрессор приводился во вращение не газовой турбиной, а поршневым четырехцилиндровым мотором фирмы "Хитачи". Такую силовую установку применили на самолете "Ока" модель 22. Из-за крайне ограниченной тяги (всего 200 кгс) горизонтальная скорость этого, с позволения сказать, "чудо-оружия" не превышала 520 км/ч (американские поршневые истребители того периода обладали максимальной скоростью 650...700 км/ч), зато дальность пуска увеличилась до 130...150 км, что способствовало большей безопасности самолетов-носителей. В качестве последних планировали применять скоростные бомбардировщики P1Y "Гинга". По грузоподъемности эти машины заметно уступали "Бетти", поэтому конструкторам реактивных планирующих бомб для камикадзе пришлось уменьшить массу боевой части до 600 кг, что сочли неприемлемым военные.

После непродолжительных препирательств конструкторы пообещали устранить недостатки в новой версии "Оки" модель 33, которую планировали оснастить "настоящим" турбореактивным двигателем Ne 20 и 800-килограммовой боевой частью, а тем временем все же запустить в производство "переходную" "Оку" модель 22. Эксперименты с этой игрушкой стоили жизни двум японским летчикам-испытателям. Впрочем, в обоих случаях прямыми виновниками катастроф оказались дефекты не самих самолетов-снарядов, а подвешиваемых под их крыльями твердотопливных ускорителей.

Всего до момента капитуляции Японии было изготовлено около 750 самолетов "Ока" модель 11, полсотни "Ока" модель 22 и примерно столько же учебно-тренировочных "Ока" модель K-1. Точное количество примененных по назначению "Цветков вишни" неизвестно, но оно вряд ли превышает 100...150 единиц. Чтобы оценить масштабы явления под названием "камикадзе", следует указать, что таковыми принято считать 2198 летчиков, вылетевших на самоубийственные боевые задания. Американцы зафиксировали атаки 1192 "летающих бомб", которые выполнили миссию или были сбиты зенитным огнем в непосредственной близости от кораблей. Какую-то часть не идентифицировали как камикадзе, уничтожив еще на дальних подступах к целям. Наконец, часть самолетов, пилотируемых пилотами-смертниками, попросту пропала над просторами Тихого океана, подобно адмиралу Матоме Угаки, который вместе с десятком своих единомышленников отказался подчиниться приказу императора о капитуляции и вылетел на поиск врагов - американцев в тот день, когда война фактически завершилась.



На взлетную полосу выкатывают "Кикка" - первый японский самолет с ТРД

"И упадем мы, и обратимся в пепел, не успев расцвести, подобно цветам черной сакуры", - написал перед последним полетом один из пилотов-камикадзе.

Реактивные самолеты

"В час, когда первый луч солнца касается склона священной Фудзи, что снится тебе, броненосец "Микаса"?"

Располагая в начале осени 1944 г. лишь маломощными моторно-компрессорными установками Tsu-11 и турбореактивными двигателями типа Ne 12, японские конструкторы фирмы "Накаджима" (в годы войны "Накаджима" - крупнейший в Японии изготовитель самолетов и боевых самолетов, в частности) Казуо Оно и Кеничи Мацумура при выборе основных характеристик самолета, оснащенного ГТД, были вынуждены всемерно ограничивать его массу и размеры. Максимальная взлетная масса машины, названной "Кикка" ("Оранжевый цветок"), по первоначальному прикидкам не должна была превышать 4000 кг, а длина фюзеляжа и размах крыла - 9 и 9,6 м, соответственно. В результате на долю топлива оставалось не более 500 кг, что с учетом чрезвычайной прожорливости несовершенных ГТД могло обеспечить радиус действия порядка 150 км. С такими данными не могли согласиться военные, которые выдвинули к самолету следующие требования:

- назначение - истребитель-бомбардировщик;
- максимальная скорость 700 км/ч;
- радиус действия 250 км с 250-килограммовой бомбой;
- посадочная скорость не более 150 км/ч.

Как нетрудно убедиться, запросы японских военных не были за пределами, однако и их выполнение в 1944 г. оказалось непосильной задачей для "Накаджима". В декабре был готов деревянный макет с двигателями Ne 12 (от применения Tsu-11 быстро отказались), но двигателисты столкнулись с невероятными трудностями при доводке мотора - он, как правило, не мог отработать и нескольких часов на стенде. Лишь с появлением варианта Ne 20 вновь стал пробиваться луч надежды. Правда, использование более мощных и тяжелых двигателей сразу привело к росту взлетной массы на 300 кг, однако ожидаемые летные данные машины резко улучшились. По расчетам, у земли "Кикка" должен был обладать скоростью около 650 км/ч, становясь недостижимым для американских истребителей. В январе 1945 г. авиация флота одобрила макет, а в феврале заключила контракт с фирмой "Накаджима", предусматривавший налаживание серийного производства самолета, который еще ни разу не поднимался в воздух.

ВВС японской армии весьма невысоко оценили "Кикку" и связывали свои надежды с воспроизводством Me 262, обладавшего лучшими летными данными и пригодного для применения в качестве истребителя-перехватчика. К тому времени американцы участвовали в ночных налетах на метрополию, Япония остро нуждалась в реактивном самолете, который мог бы эффективно бороться с "Суперфортрессами". "Накаджима" предложила свой вариант - двухдвигательный истребитель Ki-201 "Карю" ("Огненный дракон"), но для его изготовления требовались точные копии Jumo 004 (получившего в Японии наименование Ne 130) или BMW 003 (японское наименование Ne 230). Эта машина по внешнему облику сильно напоминала Me 262, но была немного крупнее. Армейские специалисты предпочли точную копию немецкого истребителя, изготовить которую взялась компания "Рикугун". Впрочем, когда война завершилась, чертежи этой машины, названной Ki-202, были готовы лишь на 50%. Оно и понятно - отсутствие двигателей предопределило низкий приоритет проекта.

Ножки пришлось протягивать по одежке. Летом 1945 г. ВВС армии вновь проявили интерес с "Оранжевому цветку", закончившему подготовку к первому полету. Как уже упоминалось, 27 июня пара Ne 20, признанных готовыми для проведения летных испытаний, была установлена на первый экземпляр "Кикка". В последний июньский день машина совершила пробежки и подлеты, выявившие недостаточность тяги для взлета с относительно короткой полосы. вновь двигателисты взялись за регулировку капризных ГТД, снова и снова "Цветок" носился по ВПП, пока однажды отскокивший камешек не



Подготовка J8M1 к первому вылету

угодил в компрессор двигателя. Надежды таяли на глазах. На изготовление нового компрессора и замену силовой установки ушел почти месяц. 27 июля летчиком-испытателем машины был назначен Сусуми Такаока. Он был готов рискнуть, и на следующий день после первой атомной бомбардировки Японии, 7 августа 1945 г., было принято решение поднять машину в небо, несмотря на очевидную недовершенство некоторых систем и двигателей, в частности. Пробежав 800 метров, машина оторвалась от земли и стала плавно набирать высоту. Не убирая шасси, Такаока совершил несколько кругов над аэродромом. Пробыв в воздухе около 10 минут, "Кика" произвел удачную посадку - весь полет прошел на удивление гладко. Послеполетный осмотр не выявил никаких отказов.

Продолжить испытания было решено 11 августа. На этот раз для уменьшения длины разбега под крыльями смонтировали твердотопливные ускорители. Как выяснилось впоследствии, при выборе угла установки этих устройств была допущена ошибка - повторилась история с "Ока" модель 22. Самолет на разбеге сильно задрал нос и никак не мог разогнаться из-за слишком большого лобового сопротивления. Такаока полностью отдал ручку от себя, но момент, созданный ускорителями, был больше, и человеческих сил не хватило. Через девять секунд ускорители отработали, нос машины опустился, но тут уже Такаока совершил ошибку - ему показалось, что полосы не хватит для взлета. Он выключил оба ГТД и нажал на педаль тормозов. Далее произошло выкатывание за пределы ВПП, шасси осталось в канаве, а дымящийся самолет с ошеломленным пилотом перевернулся и продолжил движение хвостом вперед. К счастью, Такаока остался жив. Второй экземпляр "Оранжевого цветка" в воздух так и не поднялся - 15 августа 1945 г. империя капитулировала.

Еще неудачнее завершились летные испытания ракетного истребителя J8M1. Собственно, как и немцы (а летом 1945 г. - и русские на трофейных Me 163), японские специалисты начали с экспериментов с безмоторными полетами. Оказалось, что бесхвостка довольно прилично ведет себя в воздухе. Еще в январе 1945 г. был осуществлен ряд полетов на машинах, у которых вместо двигателей и топлива располагался балласт. Перед посадкой на лыжу вода из баков сбрасывалась, чем обеспечивалась нормальная посадочная скорость необычного самолета. Весной 1945 г. возможностями машины заинтересовались ВВС армии, присвоившие ей наименование Ki-200 "Шусуи" ("Удар меча"). Осуществить первый полет на J8M1 с работающим ЖРД тягой 1500 кгс было поручено опытному летчику-испытателю подполковнику Тойохико Инузука. Ранним утром 7 июля 1945 г. самолет с жутким грохотом пронесся по полосе, оторвался от земли и перешел в энергичный набор высоты, но спустя несколько секунд после этого двигатель заглох. Вероятно, из-за резкого уменьшения ускорения пилот головой ударился об остекленные кабины и потерял сознание. Описав баллистическую дугу, "Удар меча" глубоко вошел в землю, похоронив и летчика, и мечты японских военных о ракетном истребителе.

Только спустя почти 13 лет - в январе 1958 г. в Японии поднялся в небо первый по-настоящему способный летать реактивный самолет "Фуджи" Т.2. Но это была тренировочно-боевая машина с далеко не первоклассными возможностями. А попавшие в американские и европейские музеи многочисленные экземпляры "Оки", "Кикка" и "Шусуи" и сегодня вызывают нескрываемый интерес и удивление у посетителей - почти как древнее оружие самураев.

WELCOME, ABROAD!

(ПРИВЕТ, ЗАГРАНИЦА!)

Ростову-на-Дону, светлому городу моего рождения, родственникам и близким людям-ростовчанам, живым и ушедшим, посвящается...

Лев Ио

Часть 1

1. Включив ранним июньским утром компьютер и привычно быстро пробежав взглядом заголовки свежей электронной почты, Ион Одров, начальник отдела 11 совместной российско-франко-германской фирмы Surcom RU, мгновенно выдернул на подробный просмотр письмо под титулом "Help!!!" (по-английски, как вы знаете, "Помогите!!!", ну почти что SOS):

From: Kwin Voila/France/SURCOM FR 17-06-98 20:06
To: Ion Odrov/RUSSIA/SURCOM RU
cc: Vladimir Koval/RUSSIA/SURCOM RU, Mayro Loiola/France/SURCOM FR
Subject: Help !!!

Ион, привет!

У нас возникли крупные проблемы с сопловыми лопатками ТВД SARU в одной из компаний Заказчика...

Я прошу тебя прибыть завтра (в четверг 98-06-18) вместе с Владимиром Ковалем в Лион с тем, чтобы обсудить инцидент и получить пакет работ для "Surcom RU".

Я позвоню тебе утром, чтобы узнать, когда твой самолет прибывает в Париж.

Это - чрезвычайная ситуация. Заранее благодарен за сотрудничество.

Квин.

Ион бросил взгляд на циферблат часов - 8.47, день "18" - до отправления последнего на сегодня самолета в Париж оставалось не более четырех часов, на более ранний утренний он уже не успевал... ("Ну, Квин, что ж ты вчера вечером на мобильник позвонить не мог, если к тебе "чрезвычайка" пришла", - зло чертыхнулся Ион). Это - во-первых, во-вторых, есть ли действующая французская виза у Ковалея или какого-либо сотрудника группы Владимира, которого имело смысл прихватить с Ионом? Совершенно случайно у Одрова виза еще работала, так как он посещал Лион по работе с другим проектом полмесяца назад... А теперь, в-третьих (главное!), что могло случиться с лопатками SARU, который спроектировал отдел 11 три года назад?

Ион почти бегом добрался до группы "Охлаждение", возглавляемой Ковалем, и, бросив на ходу - "Всем привет!", обратился к начальнику группы: "Володя, утреннюю почту смотрел?",
- Да нет, конечно, других забот полно, вот программа моделирования двумерного пограничного слоя сбоит.

- Ну так глянь, - свирепея сказал Ион. - Сколько раз можно повторять, чтобы хотя бы дважды в день почта должна читаться, а с утра вообще обязательно.

- А мне некогда, - ответил Коваль, багровея в свою очередь. - Это у тебя работа комиссарская, а я за дело отвечаю.

Но все же электронный почтовый ящик открыл.

Ион молчал, ожидая, пока Владимир прочтет послание Квина, не желая продолжать пикировку при сотрудниках отдела и экономя время. Последний год, после назначения Иона начальником отдела 11, подобные стычки между ним и Ковалем стали почти неизменным атрибутом их общения. Это было обусловлено, как казалось Иону, двумя обстоятельствами. Во-первых, претензиями самого Владимира на эту должность (кстати, небезосновательными, поскольку он руководил одной из ключевых групп отдела). Сам Ион начал свой карьерный путь с должности руководителя малюсенького сектора разработки программ в группе "Аэродинамика", однако был быстро продвинут на должность начальника группы. На этом уровне руководства Коваль недвижимо обрелся с начала образования компании. Через два года Ион стал главным в отделе, оставив позади чуть более старшего по возрасту начальника группы "Охлаждение". Во-вторых, очень влияла противоположность темпераментов двух руководителей. Так, Владимир, уроженец срединной России, иногда напоминал Иону и по стилю работы и по внешнему виду типичного рассудительного и основательного русского крестьянина, "на коем земля держится", с одной стороны, а с другой - человека, для которого смысл жизни и конкретной деятельности был временами абстрактен и туманен. В то же время Ион, отцовские предки которого попали на Дон из Персии (транзитом через тат-горский район Дагестана) и Одессы, а материнские - из Литвы, был весьма реактивным, деятельным, временами суетливым и торопливым субъектом, но при этом - ярко целе-ориентированным прагматиком. Добавив сюда напористость и вспыльчивость обеих описываемых пер-



сон, их тождественные ученые степени и звания (оба были доцентами и кандидатами наук), можно понять, какой близкий к пиротехническому коктейль соперничества возникал иногда при контакте этих героев повести.

- *Слушай, не знаю, что и делать: у меня действующей визы нет..., а у Федотова (одного из основных авторов разработки лопаток SARU - прим. автора) и быть не может, он последние годы с немцами работает, - растерянно произнес Владимир, как будто мгновенно забыв о назревавшем столкновении.*

- *Готовьте мне материалы и вместе с Федотовым через полчаса займетесь просвещением темного и неразумного меня, - уже на ходу бросил давно просчитавший этот вариант Ион...*

Через минуту он набирал телефон отдела Логистики.

- *Мне билет экономкласса до Парижа на сегодня с возвратом... в воскресенье, - с тоской произнес Ион конец фразы ("так будет экономнее всего, "Customer Focus" - флаг отдела Общего качества", - будет опять гордо реять, а мне на дачу к семье хочется", - подумал Ион) и стал писать ответ Квину.*

Ответный звонок девушки из "Логистики" последовал быстро: *"Ион Александрович, на сегодня есть только бизнес-класс. Вам это не положено по корпоративным правилам, а Г-НО (Генеральный - Начальник верхнего - во всех отношениях - Отделения - прим. автора) отсутствует, так что..."*

- *Наденька, а кто там за него?*

- *Коммерческий директор Промкин.*

- *Надюша, заказывайте, но с возвратом завтра, т.е. в пятницу (цена уже та же самая!) - я уже звоню Промкину, - и Ион набрал промкинский номер, одновременно перебрасывая ему письмо Квина по компьютерной связи...*

Коммерческий директор фирмы Промкин, которому звонил Ион, был человеком неплохим, но несколько заторможенным и неторопливо-сложно рассудительным. Взявшийся неизвестно откуда полгода назад, он был быстро лишен Г-НОМ права продаж после провала коммерческих переговоров вследствие "нарушения этики ведения..." последних: согласовав с зарубежным потенциальным Заказчиком корпусного болта, сделанного отделом 12, устно одну цену, в протоколе указал другую, natürlich, большую. И этим Промкин ухитрился отвести единственного за долгие годы клиента отдела 12 от фирмы навсегда.

Случалось, он выпивал в рабочее время, но дисциплинированно - дома. Затем садился (или ложился?) на телефон и начинал трезвонить подчиненным, раздавая поручения большей частью бессмысленные и бестолковые, поскольку и в трезвом-то виде звезд ниоткуда не хватало...

- *Доброе утро, Ион Александрович, мне уже доложили о возникшем затруднении, - как всегда вежливо-рассудительно произнес в трубку Промкин. - Письмо прочел, но помочь ничем не могу: Вам бизнес класс не положен, а Г-НА нет и его мобильник не отвечает.*

- *Во молодцы-то, всем Верхним Отделением в организации моей командировки участвуют, совсем с утра нечем заняться - подумал Ион, а вслух сказал - Совершенно с Вами согласен, Николай Сергеевич, нечего законы компании нарушать, к тому же мне самому под выходные лететь неохота, но теперь, благодаря Вам, я опишу г-ну К. Ввола, что наш коммерческий директор Промкин не разрешил мне лететь за его, Ввола, счет бизнесом из-за нашего внутрилагерного распорядка, вот и делу конец.*

- *Подождите, так нехорошо, - заволновался Промкин, испугавшись тяжелого груза ответственности...*

- *Да нет, это Вы подождите, у меня вторая линия звонит, - углядев красный мигающий сигнал на своем многоканальном телефоне ответил Ион и переключил связь на вторую линию, оставив Промкина в датском раздумье. - Ion Odrov is speaking.*

- *Ион, доброе утро, это Квин, - по-французски заговорила трубка, а затем перешла на общепринятый в концерне английский. - Звоню из дома, ты письмо мое получил?*

- *Привет, Квин, получил, - по-английски же ответил Ион. - Но могу прилететь лишь один, в 14.40 по Вашему времени буду в Париже.*

- *Отлично, спасибо, - повеселевшим голосом ответил Квин.*

- *От аэропорта возьми такси, чтобы к семи быть на фирме. Мы будем ждать твоего приезда, тогда и начнем совещание.*

- *А что случилось с лопатками SARU? - спросил Ион.*

- *Потом, на месте, сейчас некогда, до встречи, - Квин положил трубку...*

- *Ну и дела, эх их разобрало, такси от аэропорта де Голля до Лиона обойдется Квину в пару тысяч франков, почти полбилета за полет бизнес-классом, - подумал Ион, возвращаясь на первую линию.*

- *Извините, Николай Сергеевич, это как раз Заказчик звонил, просит-таки приехать...*

- *Конечно, конечно, Ион Александрович, - запричитал Промкин, решив, видимо после тягостного размышления ("как бы мозги не повредил квадратными мыслями своими"), - веселясь, подумал Ион), что это зло Г-НО ему простит скорее. - Только можно получить письменное согласие Заказчика на Ваше такое путешествие?*

- *Этого нельзя, - строго ответил Ион. - Г-н Квин еще дома, но могу Вам отписать, что устно он согласен.*

- *Хорошо, даю распоряжение о заказе Вам билетов, - закончил разговор Промкин.*

Ион, конечно, и не думал спрашивать никакого разрешения у Квина: бизнес-класс как раз и предназначен для срочных деловых перелетов.

- *Не хватало еще французам знать о наших российских дикостях - подумал Ион, управившись с внутренними заморочками и входя уже вновь в группу "Охлаждение", где его ждали Коваль и Федотов с копиями документации по сопловым лопаткам SARU.*

Слушая толковые и четкие пояснения Федотова к функциональной схеме работы системы охлаждения лопаток и уместные комментарии Ковалья, Ион не мог не восхититься красивым и умным решением группой "Охлаждение" трудной задачи обеспечения надежной работы разветвленной сети охлаждающих каналов с множеством отверстий, выпускающих наружу охлаждающий воздух. Ведь даже небольшой нагрев лопатки мог привести не только к искажению параметров охладителя, но и к катастрофическому росту температуры, вплоть до прогара внешней поверхности лопатки. Для парирования такой опасности в лопатке был предусмотрен запас по давлению воздуха.

- *Все же опасность нагрева существует, - объяснял Федотов, - несмотря на обеспечение всех существующих норм прочности, мы не контролировали качества изготовления этой охлаждаемой структуры, нас же Заказчик не подпускает к португальской фирме, производящей лопатки SARU...*

Ион кивнул, вздыхая, - из-за наличия на фирме производственных отделов 12 и 13 западники все время опасались, как бы люди Иона не передали производственные ноу-хау в Россию. Поэтому отдел 11 держали на расстоянии от западных производителей. В результате отдел, лишенный возможности взаимодействовать с производством, изготавливал проекты полувслепую, не зная точно, что могут, а что нет изготовители. Да и сами Заказчики были далеко не окончательно "удовлетворены" (термин Системы Качества, одной из заповедей которой было "повышение степени удовлетворения Заказчика"), поскольку отдел 11 не нес, да и не мог нести полную ответственность за разрабатываемые изделия.

...Часа через полтора подоспел и курьер с билетом. Ион собрал подготовленные коллегами материалы, позвонил в свой любимый лионский отель "Верасон" и, помучив свой жалкий французский, забронировал себе номер на ночь. Дом Одрова находился, слава богу, по пути в Шереметьево. Собрав нужные в путешествии мелочи за пятнадцать минут (дорожная

сумка у него всегда была наготове - "ну точно "ДОПРовская корзинка" у героев "Двенадцати стульев", - подумал Ион), он погрузился в ждавшую его компанейскую "десятку".

Машина Surcom RU согласно лейблу на стекле была застрахована страховщиками "О...во". Это напомнило Одрову его тяжку с топ-менеджерами этой гоп-организации... Как-то клиент этой фирмы стукнул "иономобиль" в зад. Результат уже первого звонка в эту страх-компашку был настораживающим: после соединения с оператором Одров в течение четверти часа безуспешно ждал соединения с отделом выплат. После этого он положил трубку и перезвонил, потребовав общения с генеральным менеджером (ГМ) фирмы. Последнему, блефуя, он сказал: "Моя секретарша не может до Вашего отдела выплат дозвониться, я поручу своим юристам возбудить дело о лишении Вас лицензии на страховую деятельность". ГМ (он ли то был?), испугавшись, а может просто оказавшийся нормальным человеком, извинился за происшедшее, и фирма "ионозаявление" приняла. В соответствии с их правилами Одров посетил страх-компанию и взял запрос в ГИБДД. Одно из "Правил..." оказалось довольно мудрым: "Отдел выплат ведет прием с 10.00 до 15.00 с понедельника по пятницу (по предварительной записи), тел./факс 105-05-75", - ну как удобно для населения! Следующий звонок в "О...во" был Ионом проконтролирован путем магнитофонной записи. В течение 12 минут его "соединяли" с отделом выплат, но в результате так и не соединили с нужным реципиентом. Потом еще минут 10 продолжали "соединять", но опять не с отделом выплат: ну не получалось у них. В 14.31 Одров был, наконец, по его повторному запросу сконтачен с ГМ (или ИО ГМ) Титовым Алексеем Витальевичем. Выразив сожаление по поводу бардака во вверенной ему организации, г-н Титов вновь устно извинился перед Ионом. "Нет", - ответил тот, - "теперь этого мало. Ваши представители приедут ко мне на работу и возьмут у меня подготовленные мной бумаги, нужные для страховой выплаты, я к Вам теперь, извините, больше ни ногой, и так много времени потерял".

- Но у нас нет свободного транспорта.

- Ничего, на такси доехать от Пресненского Вала (местожительства "О...ва") до моей конторы у ВВЦ можно за 20 минут, не разоритесь.

К сожалению, никто ему и не перезвонил и не приехал. Тогда Ион их письменно предупредил, что открывает преследование "О...ва" личными, но законными средствами. Что и делает сейчас.

...За час до отлета Одров уже прошел таможенный контроль в аэропорту. Народу в четверг в середине дня в Шереметьево было немного и через четверть часа Ион потреблял халявное пиво, положенное ему как "бизнес-трипперу" (пассажиру бизнес-класса) в ирландском баре на ничейной земле. "Может, удастся, хотя вряд ли, дожить до времени, когда весь мир будет не то что ничейной, а наоборот, "всейной", землей..." - грустно размышлял считавший себя в нечестные периоды душевного подъема гражданином Мира Ион, одновременно разглядывая уютно расположившихся прямо на полу у бара интер-бомжей (то есть граждан, по различным причинам не впущенных в Россию и не могущих, либо не желающих вернуться в края исхода). - "Как сюда попали и чем питаются - неизвестно", - вспомнил отец Федор на скале вблизи замка царицы Тамары из тех же "Двенадцати стульев". "Однако некоторые уже гнезда выют", - заметил про себя Одров, углядев смачно целующуюся явно разноплеменную пару.

- Вот они, оказывается, какие - будущие жители всейной Планеты, - развеселился Ион, проходя на посадку в самолет компании "Эр-Франс" (билеты французской авиакомпании стоили пока еще дороже, чем у российских, но по устному соглашению французского и московского отделений "Surcom" при полетах за счет инопартнера россияне должны были покупать билеты "Эр-Франса"). Несмотря на очевид-

ные потери, экономные французы с чувством платили больше, осуществляя тем самым помощь своей национальной компании. У нас бы так.

В полете Ион решил еще раз просмотреть материалы по лопаткам SARU. Раскрыв бумаги, он погрузился в изучение, но странное дело: то, что казалось ему очевидным в аргументированном изложении Федотова и Ковалея, вдруг перестало быть таковым, а, наоборот, превратилось в набор неясных положений... "Все это потому, - подумал почти впадающий в панику Ион, - что ты, дружок, никакой не специалист в охлаждении, им можно быть лишь трудясь ежедневно в этой, как и в других сферах деятельности. А ты, собственно, вообще - кто такой? Полутехнар, полукommerсант, хрен поймешь..." Раньше (лет пять назад) Ион чувствовал себя достаточно уверенно, будучи вполне добротным специалистом по математическому моделированию движения газа, но теперь, не занимаясь давней специальностью, ее, как считал сам, сильно потерял. Это понятно: в рабочее, да и частью в свободное время Ион занимался вниманием во все области деятельности отдела, да еще и вел технико-коммерческие переговоры с Заграницей, никогда последнему специально не обучаясь...

На отправляемые неоднократно на Верхний этаж просьбы организовать такое обучение для него и других руководителей крупных проектов следовал неизменный же отлуп: "Вы и так неплохо справляетесь, а нам учить производственные отделы нужно"... Сейчас-то, конечно, получше, чем пять лет назад, но и теперь Ион испытывал затруднения с приборами в ресторанах, почему и старался заказывать не рыбу, которую любил, а мясо, которое проще кушать... Но и с заказом были проблемы - снобы-французы часто не давали меню на английском, а лишь на своем, родном языке. Ион просил у Верховных организовать курсы французского языка и этикета, но получил совсем уже твердое: "Нет, пусть на английском твои Заказчики разговаривают и принимают нас такими, как мы есть..." Времени учиться языку у преподавателей Ион не имел, вот и приходилось ночами изучать французский.

...В такси, взятом, как и просил Квин, для путешествия по маршруту "аэропорт де Голя - контора фирмы в Лионе", Одрову удалось немного подремать, а проснувшись, он уже через пару минут входил в приемную Квина.

2. ...Кроме Квина в кабинете расположился длинноногий и такой же, как Квин, высокий, Мауро Лойола, бывший начальник отдела 11 фирмы "Surcom RU", командированный для этих целей в Россию на два года как предтеча ионовому водительству. Низкорослый Ион решил постоять, опираясь задом на стол, чтобы быть на одном уровне с сидящими высокими французами.

- Отлично, вот и Ион здесь, можно начинать совещание, - радостно произнес Лойола с такой интонацией, что можно было подумать, что по делу они только Одрова ждали, и вот сейчас Ион все объяснит и расставит точки куда нужно.

"Да что они здесь, обалдели совсем на благословенной французской земле, особенно Мауро, знавший Иона еще по совместной деятельности в Surcom RU", - с медленно падающим в желудок сердцем успел подумать сядившийся-таки Одров.

Мауро Лойола, жесткий прагматик, многому научил Иона и рекомендовал руководству всего "Surcom" а Одрова как своего преемника. Поэтому он хорошо знал возможности Иона и никак не мог держать последнего за специалиста по охлаждению. "Может, переоценивает меня, считая, что я за два года всюду проник и все познал? Да нет, не должен, он же сам, талантливый мужик, за два года, проведенных им в Surcom RU, научился только бабки из рублей во франки и доллары лихо переводить, да диаграммы разные красивые строить", - зло подумал Одров. Ион был, конечно, не совсем прав. Чересчур увлекаясь иногда формальной стороной инженерной работы, Мауро все же (как все толковые менеджеры) тянулся и к объяснению результатов инженерии, добываемых специалистами.

Успокоившись, Ион выбрал тактику "молчание с важным видом". Временами такое поведение действительно помогало, поскольку иностранцы были снисходительны как к слабому знанию русскими языков, так и вообще к деловой недокультуре russian partners. Конечно, всегда платить немногословностью в ответ на разгоряченные речи французов было нельзя: те могли попросить прекратить пускать к ним этого тупоголового, но Мауро это нравилось, поскольку сам он слушать кого-бы-то-ни-было совсем не любил, и вообще совещания с участием Лойолы всегда напоминали Одрову театр одного актера.

Вот и сейчас с места в карьер Мауро потащил к проектору слайд. "Итак", - начал он веселовато, - "в Роквеле (Австрия) накрылся медным тазом наш сопловой аппарат ТВД SARU (Иону сразу понравилось, что Лойола сказал "наш", а не, скажем, "русский" - уже легче). Мауро убрал первый слайд, на котором собственно была изображена вся газовая турбина SARU на фоне живописных альпийских пейзажей Роквеля. "Абсолютно бесполезная информация. Западки красоту любят: иной раз в их презентациях полно вранья, но как складно все сделано! А у нас, - с грустью думал Ион, - сделают конфетку, да обернут в какое-то тряпье. Вот так Коваль и его сотрудники: какие-то графики маловразумительные и, что гадостнее всего, рукой нацарапанные, приволокут, и давай, менеджер, защищай такую вот продукцию". Философия западных инженеров базировалась на небезосновательной логике, мол, если даже презентация неубедительна, то, что ж там за ерунда истинные результаты?

Тем временем Лойола извлек второй, более содержательный слайд с подзаголовком $T_1 = 1650 K \Rightarrow T_2 = 1700 K$.

- Это значит, - сказал Мауро, - что вначале ТВД SARU эксплуатировалась на пониженной входной температуре газа T_1 , поэтому расход на охлаждение лопатки был соответственно снижен. Потом температуру газа повысили до расчетной (T_2), а расход на охлаждение до номинального же не увеличили.

- Почему? - перебил ошарашенный таким поворотом дел Одров.

- Да подзабыли, - опять со смехом сказал Мауро, одновременно с легкой ненавистью посмотрев на молчавшего до сих пор Квина.

Ион спокойно встал. Причина появления дефекта была предельно понятна: грубая ошибка Квина или его сотрудников: поставив на входе во внутренность сопловой лопатки жиклер для уменьшения охлаждения при эксплуатации в более щадящих, чем проектные (номинальные) условия, он (они) забыли снять этот жиклер при форсировании режима эксплуатации до расчетного. "Зачем же меня и Ковалья было сюда звать, еще кучу бабок тратить?" - хотел спросить Одров, но опыт менеджера подсказал ему, что лучше пока промолчать. Все ясно, проектант лопаток SARU - Surcom RU - здесь вообще ни при чем, их никто не обвиняет, но есть причины их вовлечения в работу, не на общий же позор и порку Квина его позвали... Тем более, что наметанный глаз Одрова узрел некую философическую неясность второго слайда. Информация " $T_1 = 1650 K \Rightarrow T_2 = 1700 K$ " не сопровождалась прямо ссылкой на недостаточность α - расхода на охлаждение, а лишь содержала всякие мудреные, но к делу не относящиеся формулы типа $T = F(a, b, c)$ и т.д. "Ага, готовят презентацию для руководства и замыливают основную причину, - подумал Ион. - Видимо, Лойола не хотел "сдавать" виноватого Квина, а может, и сам замазан был. Что ж, послушаем", - уже спокойно развалившись в кресле размышлял Ион.

Вместо третьего слайда Ввола вытащил из под стола две сопловые лопатки с огромными дырами по бокам. "Вот из-за этой ерунды половина Австрии была без электричества 3 часа. Пока нашли причину, пока резервные турбины включили...", - грустно констатировал Ввола.

Все ясно, придется тащить завтра через границу этот мусор. Мало того, что тяжело, так еще и с погрантаможкойскими объясняйся. Как будто просканировав мысли Одрова, Франк доба-



вил: "Обязательно завтра дадим тебе сгоревшие лопатки с собой, хотя бы одну, хорошо, Квин?" Ввола согласился, но как-то неубедительно, чем очень обрадовал Одрова...

Меж тем на экране возник следующий слайд с подзаголовком: "Чувствительность = $F(T, dm)$ ". Лойола торжественно произнес: "А это то, что мы просим сделать наших русских партнеров: выяснить, какие допустимы пределы вариации номинальной температуры газа T и производственных отклонений dm , чтобы сопловой аппарат еще мог безболезненно арбайтать".

Ну вот, наконец, все ясно: демонстрирует руководству интернациональный мозговой штурм, который требует Система Качества.

Эта Система Качества, собственно и породившая разные отделы "Общего качества" в крупных компаниях по всему миру и вносящая, конечно, некоторый упорядок в производственные отношения, таила в самой себе и много вредоносного, и, как любая непроизводственная структура, народившаяся в большой компании, быстро вовлекала и рабочие отделы в свою деятельность. К тому же в Surcom RU эта вредная деятельность усугублялась еще и личностью руководителя (что вообще очень важно в таких вот малополезных отделах). Так, начальник отдела Общего Качества Surcom RU Болеев ("сам себе Кустомер" (от англ. Customer - Заказчик), как звал его Ион про себя), не произведя за свою жизнь ни одного инженерного расчета, не выпустив также и простейшего чертежа, высоко держал флаг с девизом "Customer focus", групповым образом (т.е. с участием своей подчиненной челяди) на сила Иона и его сотрудников самым извращенным способом, а именно пропагандой и внедрением своих полубезумных процедур типа "Постоянные Улучшения" ...Его (Болеева) иностранный контрагент, исключительно толковый специалист (штат которого был втрое меньше болеевского, обслуживая при этом вдвое большее количество инженеров французской Surcom), как-то попросил Иона: "Сделай так, чтобы в Москве я поменьше встречался с Болеевым... Я раньше обращался к нему с различными вопросами, а теперь перестал, потому что в ответ получал какой-то бред, не относящийся к существу дела, а вследствие моего молчания приходили его многочисленные настойчивые предложения с просьбами о "продолжении банкета".

(Продолжение следует)

САМОЛЕТ, В КОТОРОМ НЕТ ТОПЛИВА



Gossamer Penguin



Solar Challenger

Мы уже писали о применении на велосипеде солнечных батарей (см. "Двигатель" № 1, 2005), писали и о велосипедисте, поднимавшемся в небо благодаря силе своих мускулов. Настал черед статьи о самолете, поднимавшем в небо человека, благодаря силе солнечных лучей.

Мысль об использовании электродвигателя в качестве силовой машины для привода винта самолета существовала давно. Но реализовать ее длительное время не удавалось. Основных причин всего две: низкая удельная мощность как электродвигателей, та и бортовых источников тока - аккумуляторов и солнечных батарей. Но идею, как известно, убить нельзя: не рано и не поздно, а точно в свое время она все равно материализуется. И для ее воплощения в жизнь требуется выполнение третьего условия: наличие энтузиастов. Один из них - наш знакомый по прошлому номеру Пол Маккриди.

После своего успеха в создании мускулолета Маккриди решил создать пилотируемый самолет с электродвигателем, получающим питание от солнечных батарей. Взяв Gossamer Albatros, он установил над крылом панель солнечных батарей, вместо велосипедного привода смонтировал электродвигатель и в 1980 г. предпринял попытку поднять самолет, названный Gossamer Penguin - "Пингвин", в небо. Но, видимо из-за названия (как известно, пингвины не летают) самолет не захотел подняться в воздух. Мощности энергосистемы самолета оказалось недостаточно для осуществления настоящего полета, а не подскоков: самолету удавалось только ненадолго отрываться от земли. После некоторых доработок, впрочем, ему удалось пролететь 3 км. Но для того, чтобы сказать: "Самолет с солнечными батареями создан", надо летать гораздо дальше.

И тогда Маккриди решает вновь изменить аэродинамическую компоновку самолета. Кабину и крыло он позаимствовал от Gossamer Albatros, винт с электродвигателем установил впереди, а киль и стабилизатор сзади. Блоки фотоэлементов разместились внутри крыла и стабилизатора под прозрачной обшивкой. Маккриди увеличил и число фотоэлементов. Их стало 16 ты-

сяч, а максимальная мощность, отдаваемая ими, достигла 2,67 кВт. Для размещения дополнительных элементов пришлось увеличить размах крыльев до 14,3 м. Несмотря на это, их масса составила всего 21 кг, а общая масса самолета без пилота - 56 кг при длине 8,3 м.

Специально был разработан сверхлегкий двигатель, развивающий мощность в 2,5 л.с. Расчеты показывали, что с нововведениями самолет мог подняться до высоты 2 км и лететь со скоростью 56 км/ч. На всякий случай, чтобы не повторилась история "Пингвина", П. Маккриди заменил название самолета на Solar Challenger.

После нескольких удачных и не совсем удачных полетов в 1981 г. самолет Маккриди перелетел Па-де-Кале за 5 ч 23 мин. До сегодняшнего дня это единственный в мире пилотируемый самолет, который летал благодаря "даровой" энергии Солнца. Именно пилотируемый, ибо за семь лет до этого полета был создан первый в мире беспилотный радиоуправляемый самолет Sanrisel, поднявшийся в небо в ноябре 1974 г. И хотя взлет был осуществлен с помощью резинового корда, Sanrisel, на котором была установлена тысяча солнечных элементов, самостоятельно достиг высоты 1200 м.

Несомненно, "беспилотники", по мнению специалистов, имеют отличные перспективы. Такие самолеты могут нести радиоретрансляционную, телекоммуникационную, разведывательную аппаратуру, системы для осуществления мониторинга атмосферы и т.д. Именно для выполнения этих задач компания SkyTower по заданию NASA разработала самолет Pathfinder. Этот самолет, представляющий собой летающее крыло, сплошь покрытое солнечными элементами, впервые поднялся в воздух 11 сентября 1995 г. Ему и его модификациям удалось достичь огромной высоты - сначала 15 392 м, затем 21 336 м и даже 24 384 м.

Pathfinder мог летать только днем, вечером он вынужден был приземляться. Для обеспечения круглосуточного полета необходимо часть энергии от солнечных батарей использовать для работы электродвигателей, а часть запасать. Для этих целей компания SkyTower предполагает установить на летающее крыло топливные элементы. И тогда новая модификация - Pathfinder-Plus - сможет непрерывно находиться в воздухе в течение шести месяцев.

Кстати, компания SkyTower является подразделением компании AeroVironment, которая тоже занимается самолетами на солнечных батареях. AeroVironment построила самолет Helios, очень похожий на Pathfinder-Plus. Helios имел размах крыльев около 74 м, а его масса составляла 700 кг. Каждый из его 14 электродвигателей имел мощность 2 л.с., а



Pathfinder

В 30-х годах прошлого века первые фотоэлементы имели к.п.д. менее одного процента. У современных фотоэлементов из кремния и арсенида галлия к.п.д. порядка 10...20 %. Уже существуют лабораторные образцы с к.п.д. 36 %. Усилия ученых направлены на создание более дешевых и удобных в производстве и эксплуатации фотопреобразователей: ленточных поликристаллических кремниевых панелей, тонких пленок аморфного кремния, а также других полупроводниковых материалов. Самым высокоэффективным из них оказался алюминий-галлий-мышьяк. Хорошие перспективы у гетероструктурных полупроводников, эффективность которых в два раза выше, чем существующих образцов из кремния. Правда, и цена их пока велика.

энергия, необходимая для них, поступала от 62 (по некоторым сведениям 65) тысяч солнечных элементов, расположенных на верхней поверхности крыла. Helios был рассчитан на выполнение горизонтального полета на высоте порядка 30 км в течение суток. Но в августе 2001 г. ему удалось продержаться только 40 минут на высоте 28,8 км. В том же месяце он поднялся на высоту 29 500 м. Для обеспечения ночного полета планировалось оснастить Helios водородными топливными элементами, но в июне 2003 г. во время очередных испытаний Helios развалился в воздухе.

Пока в NASA собирались создать еще один аналог самолета Helios, известный ученый и путешественник Бернтран Пикар спроектировал пилотируемый самолет, способный находиться в воздухе так долго, как только сможет находиться в нем человек. Макет этого самолета, получившем название Solar Impulse, был представлен на прошедшем в 2005 г. авиакосмическом салоне в Ле Бурже. Планируется в 2008 г. совершить первые испытательные полеты в дневное и ночное время, а уже в 2009 г. перейти к полетам продолжительностью в несколько дней. Кругосветный перелет, как конечная цель программы, должен состояться в 2010 г. Перелет будет состоять из пяти этапов, каждый из которых продлится от трех до пяти дней. Пилотировать самолет кроме самого Бертрана Пикара попеременно будут еще два летчика.

Solar Impulse представляет собой двухмоторный одноместный самолет с размахом крыла 80 м и массой две тонны. Крылья покрыты солнечными панелями из монокристаллов кремния общей площадью 250 м². Для использования солнечной энергии, отраженной от поверхности Земли, и лучей солнца, падающих под небольшим углом при восходе и закате, нижняя поверхность самолета будет покрыта особыми фотоэлементами, содержащими двуокись титана и органического красителя и располагающимися внутри тонкой и гибкой полимерной пленки. По сравнению с кремниевыми элементами они лучше работают при непрямом освещении.

В дневное время солнечные элементы самолета будут выдавать пиковую мощность 30 кВт, или 40 л.с., часть которой будет идти на зарядку новейших литий-ионных аккумуляторов общей массой около 380 кг. Остальная энергия пойдет на два высокоэффективных электродвигателя постоянного тока.

В течение дня Solar Impulse будет подниматься на расчетную высоту 12 000 метров. При полете на меньших высотах для снижения энергии, необходимой на преодоление сопротивления воздуха, скорость самолета будет порядка 45 км/ч. Пропеллеры диаметром 3,66 м будут вращаться со скоростью всего 500 об/мин. После захода солнца энергия от аккумуляторов будет направляться на двигатели только для обеспечения такой скорости вращения пропеллеров, что бы они не создавали сопротивления полету. Самолет превратится в планер, имеющий очень высокое аэродинамическое качество, равное 40 (это означает, что за время снижения на один метр, летательный аппарат пролетит 40 м).

Помня о том, что Helios не выдержал аэродинамических нагрузок, конструкторы Solar Impulse планируют сделать конструкцию значительно более прочной благодаря использованию углепластика. Для снижения общей массы солнечные элементы будут встроены непосредственно в несущую раму из композиционных материалов. В результате должна быть получена нагрузка на крыло (отношение массы летательного аппарата к площади крыла) порядка 1,5 кг/м².



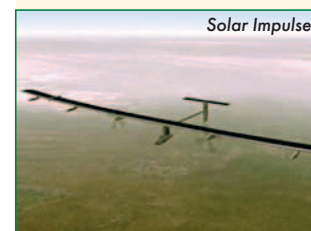
Helios

Пока Пикар создает пилотируемый Solar Impulse, во многих странах мира продолжается разработка беспилотных самолетов на солнечных батареях. Так, израильская компания Israel Aircraft Industries разрабатывает проект самолета-гиганта, который будет использовать солнечные батареи в качестве источника питания. На его борту планируется установить оборудование для связи и фотосъемки, которое позволит выполнять как гражданские, так и военные задачи.

Этот самолет станет самым большим в мире. Его длина составит 200 м, размах крыла - 60 м, масса 10 т. Самолет должен будет совершать беспосадочные полеты продолжительностью до трех лет на высоте 21 километр. Он будет сделан из легких полимерных материалов. Его поделят на секции, в одной из которых разместят баллоны со сжатым гелием. После взлета гелий заполнит секцию, что позволит уменьшить вес самолета. Получится некий гибрид самолета и дирижабля. В этом случае он сможет брать на борт до 1,9 т оборудования.

Во Франции уже в 2002 г. был продемонстрирован разведывательный летательный аппарат на солнечных батареях. Это небольшой, около 90 см длиной летательный аппарат оборудован и обычной, и инфракрасной камерами. Аппарат собирается за 3...4 минуты и может совершать полет в радиусе 800 м от оператора. Прототип такого самолета имел размах крыльев 2 м и весил 2 кг. Запущенный с рук, он мог подниматься на высоту до 12 000 м.

Разрабатываются летательные аппараты на солнечных элементах не только большие и маленькие, но и микроскопических размеров. Так, группа инженеров из Калифорнийского университета работает над созданием летающего микроробота, который будет весить около четверти грамма. Его крылья размером 2,5 сантиметра должны приводиться в движение пьезокристаллами, на которые подается ток высокой частоты. Энергия должна поступать от трех солнечных батарей, одновременно выполняющих функции посадочных опор.



Solar Impulse



Напряжение плазменного смерча ИЛИ ПРОСТО - ОБ МГД-ГЕНЕРАТОРЕ

Андрей Касьян

В 1831 г. в Америке великим Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции. Оно легло в основу всей современной электротехники и электроники! Но, что же такое индукция?

Если говорить очень кратко, то электромагнитная индукция - это явление, связанное с возникновением в проводнике электродвижущей силы под действием поля. Именно электродвижущая сила обуславливает возникновение электрического тока.

Для того, чтобы понять происходящие процессы, необходимо поближе познакомиться с электрическим и магнитным полями. Можно кратко сказать, что в микромире существуют только поля и частицы. Правда, и поля, и частицы бывают разные, и существуют они различным способом. Хорошо известно, что электрическое поле напрямую связано с электрическим зарядом. С одной стороны, электрическое поле порождается зарядами, с другой - само оказывает действие на заряд. Существует и магнитное поле, которое так же, как и электрическое, создается электрическими зарядами и тоже действует на них. Магнитное поле образует с электрическим единое целое - электромагнитное поле (родители у них одни - заряды). Электромагнитное поле очень интересный объект: оно может распространяться в виде волны. Впрочем, в нерушимом единстве электрического и магнитного полей имеются и диалектические различия.

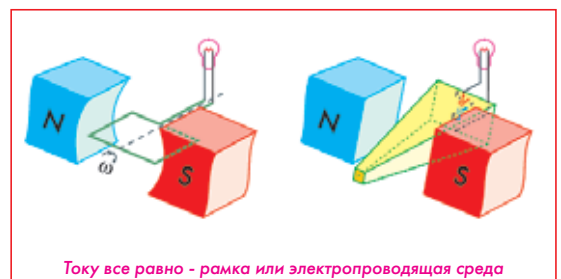
Для нас важно отметить следующее: если заряженная частица попадает в электрическое поле, то она подобно лодке подхватывается полем и несется (точнее сказать - испытывает ускорение) вдоль направления его действия - по так называемым силовым линиям. Законы природы в том и проявляются, что свободная заряженная частица обязательно движется вдоль силовых линий. Это означает, что электрическое поле может порождать ток в проводящей среде. Ясно, что если мы поместим проводник вдоль силовых линий поля, то по нему потечет ток.

Совсем по-другому ведет себя магнитное поле. Для примера предположим, что магнитное поле действует в каком-нибудь определенном направлении. Пусть оно перпендикулярно плоскости этой журнальной страницы и его силовые линии "прокалывают" страницу. Не имеет принципиального значения, куда фактически направлено поле: на нас или от нас (обычно считают, что магнитное поле направлено с "севера" - N на "юг" - S, но и эти понятия относительны, как "правое" и "левое" - как встанешь). Предположим также, что заряженная частица (неважно, какого знака) влетает в это поле в плоскости страницы и движется вдоль нее. Казалось бы, что магнитное поле должно притянуть частицу по направлению к нам, либо оттолкнуть (в направлении действия сило-

вых линий). Но магнитное поле ведет себя по-другому. Оно будет отклонять частицу в плоскости страницы, не приближая и не отдаляя ее от нас, а как бы закручивая, навивая ее траекторию на силовые линии. Немножко изменим ситуацию. Не частица, а проволочка подобным же образом движется параллельно вдоль страницы. В металле имеются свободные заряды (электроны), которые вынуждены двигаться вместе с проволочкой. Магнитное поле, проникает внутрь проволочки и действует на них аналогично. Оно будет отклонять частицы "вбок", заставляя их "вальсировать". Но электроны не имеют достаточной энергии, чтобы вылететь из проволочки. Поэтому они вынуждены перемещаться в ту или другую сторону к одному из концов проволочки. Именно по этой причине по проволочке потечет ток. Например, справа налево, куда закружило поле. Вот это и есть явление индукции, и на нем основан принцип преобразования механической энергии в электрическую путем перемещения (вращения) проводника в магнитном поле. Чем быстрее мы будем перемещать проволочку, тем больше будет сила тока.

Интересно, что Фарадей давным-давно показал, что для выработки электроэнергии не обязательно использовать металлический проводник, и его агрегатное состояние не имеет принципиального значения. Оставим все без изменения, но пусть теперь вдоль страницы движется некая среда или рабочее тело, содержащее заряды. Магнитное поле будет действовать на заряды вышеописанным образом. Поскольку мы считаем заряды в среде свободными, они начинают двигаться так, как это было описано для проволочки. Если по направлению их движения поместить электроды, то заряды будут попадать на них, и в движущейся среде потечет ток, направленный перпендикулярно вектору скорости и вектору напряженности магнитного поля.

Вот мы, наконец, и подошли к МГД-методу преобразования энергии. В МГД-генераторе (а точнее - в его каналах) движется электропроводящая среда, содержащая свободные заряды (почему и принята эта аббревиатура МГД - "магнитогидродинамический"). Она выполняет ту же функцию, что и вращающийся якорь обычного генератора. В простейшем



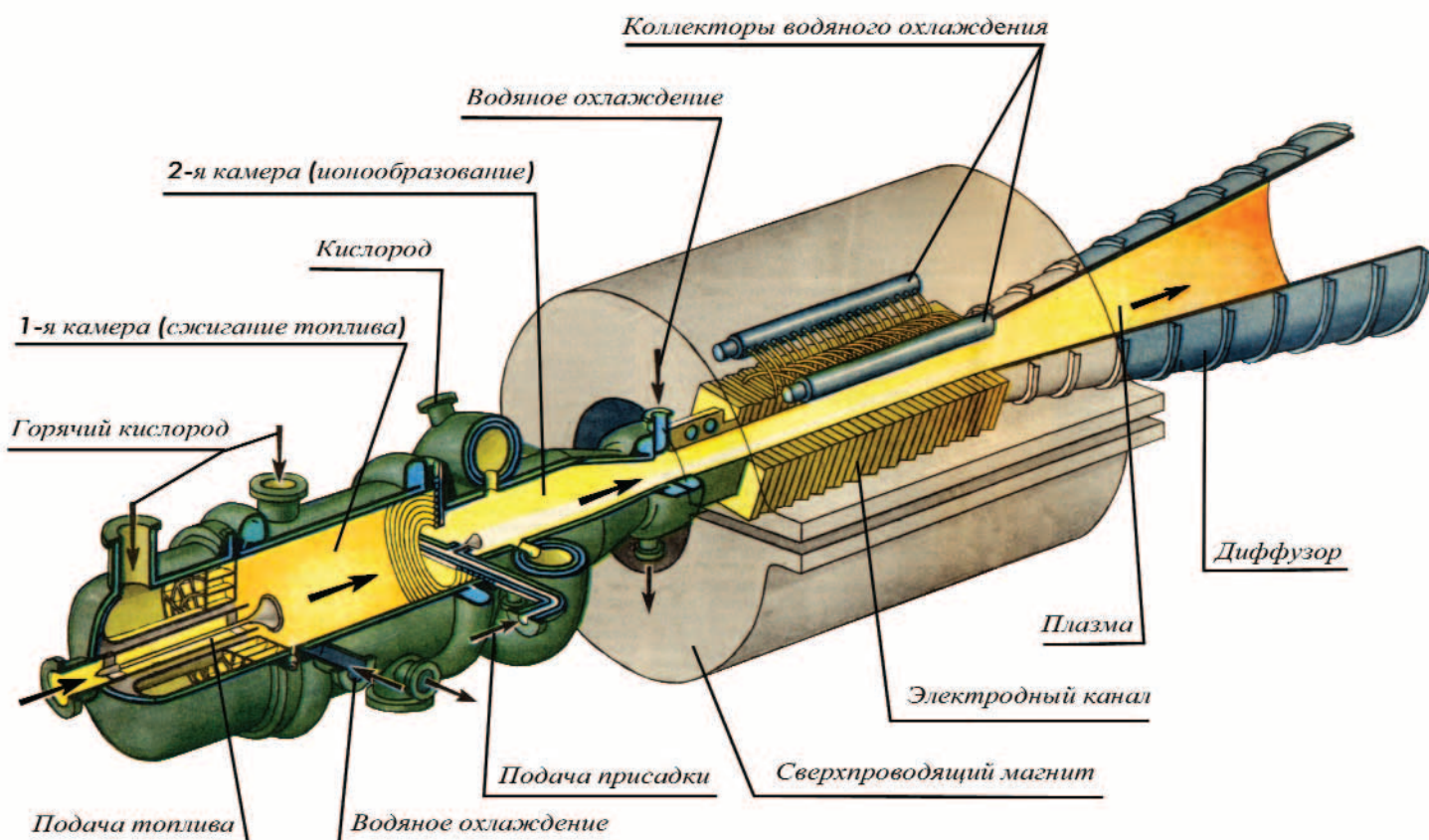
линейном МГД-генераторе на параллельных магнитному полю стенках канала возникает электродвижущая сила, т.е. образуется разность потенциалов. Заряды, двигаясь вместе со средой, отклоняются и попадают на стенки, накапливаясь там. И так, проволочкой или проводником является, по сути, движущееся рабочее тело (плазма, электролиты, жидкие металлы), в котором возникают противоположно направленные потоки носителей зарядов, так как положительные заряды отклоняются в одну сторону, а отрицательные - в другую.

Мы видим, что МГД-генератор совмещает в себе функции сразу двух устройств, входящих в состав обычной электростанции: паровой турбины и электрогенератора. Паровая турбина вращает якорь электрогенератора, а электрогенератор вырабатывает ток. В случае с МГД-генератором вращение "якоря" не требуется, и энергия электропроводящей среды преобразуется непосредственно в электрическую. Отсутствие вращающихся деталей повышает надежность системы. Если стенки камеры, через которую прокачивается электропроводящая среда, нагреваются, то они могут быть легко охлаждены. Интенсивное охлаждение позволит нашему генератору работать при гораздо более высоких температурах рабочего тела по сравнению с обычными турбинами. В соответствии с законами термодинамики такие преобразователи энергии гораздо более эффективны, и их к.п.д. теоретически может достигать 60 % (к.п.д. пропорционален разности температур - см. "Двигатель" № 1 - 2005). В нашем случае к.п.д. будет почти в два раза больше, чем у реальных тепловых электростанций, к.п.д. которых меньше 39 %. Надо также сказать, что рассматриваемые генераторы являются объемными машинами - в них протекают объемные процессы. С увеличением объема

уменьшается роль нежелательных поверхностных процессов (загрязнения, токов утечки). В то же время увеличение объема, а с ним и мощности генератора практически ничем не ограничено (и 2 ГВт, и более), что соответствует тенденции роста мощности единичных агрегатов.

Рассматриваемый метод имеет преимущества и по экологической составляющей. При более высоком к.п.д. МГД-генераторов существенно уменьшается выброс вредных веществ, которые обычно содержатся в отработанных газах. Например, путем внедрения в рабочее тело специальных калиевых присадок, связывающих серу, содержащуюся в мазутах и углях, может быть снята проблема загрязнения окислами серы. Из-за высокой температуры протекающих процессов труднее уменьшить выбросы окислов NO_x . Здесь перспективным путем является разложение окислов азота, для чего в камере сгорания генератора может организовываться неполное сгорание. Расчеты показывают, что МГД-генератор способен обеспечить более низкие уровни выбросов окислов NO_x , чем на обычных тепловых станциях. Режим работы МГД-генераторов таков, что он позволяет легко контролировать выбросы окислов азота.

По сравнению с другими методами МГД-метод окажется более выгодным, если будут выполнены соответствующие условия. Мощность, которую можно снять с единицы объема генератора, прямо пропорциональна $\sigma \cdot u^2 \cdot B^2$, где σ - удельная электропроводность рабочего тела, u - скорость его движения, B - индукция магнитного поля. Расчеты свидетельствуют, что требуются достаточно сильное поле и высокая скорость движения рабочего тела при хорошей электропроводности среды. Отсюда можно сделать вывод о возможных вариантах генераторов. Напри-



мер, для повышения скорости потока рационально использовать сверхзвуковой сопловой блок.

Получение высококачественной электропроводящей среды (увеличение σ) является большой проблемой. Можно сжигать природный газ (а лучше уголь). Но температура сгорания все равно будет недостаточна для образования токопроводящей среды. Требуется температура порядка 6000 К и более. Такие условия могут быть достигнуты, например, в активных зонах ядерных реакторов.

Рабочее тело может представлять собой электродит, жидкий металл, или ионизированный газ - плазму. В случае жидкого рабочего тела мощность МГД-системы генерируется благодаря преобразованию части кинетической энергии потока. Для плазмы принципиально возможны три режима: с сохранением температуры и уменьшением кинетической энергии; с сохранением кинетической энергии и уменьшением температуры; со снижением и температуры, и кинетической энергии.

Если мы, например, увеличиваем скорость потока, разгоняем плазму, то из камеры сгорания ее надо подавать в сопло, где благодаря преобразованию тепловой энергии в кинетическую при расширении температура уменьшится. Тем самым уменьшится электропроводность. Электропроводность можно повысить другим путем - с помощью присадки, например, углекислого калия. Калий легко теряет электроны, поэтому в среде образуются ионы (заряженные атомы). Ввести присадку совсем не просто, так как время ее жизни в среде составляет доли секунды, и она не всегда успевает сработать. Кроме того, появление в среде присадки сразу снижает температуру, что крайне нежелательно. Еще одна проблема связана с требованием обеспечения однородности проводящей среды. Если среда во всем объеме неоднородна, то мощность генератора падает. При сгорании топлива иногда возникает режим, когда плазма пульсирует, а вся конструкция вибрирует и грозит развалиться. Это очень серьезная проблема. Подводя итог можно сделать вывод, что процесс образования высокотемпературной электропроводящей среды довольно сложен и на этом пути предстоит еще много сделать.

Как было сказано выше, рабочее тело попадает в так называемый МГД-канал, где и происходит возникновение электродвижущей силы. Канал может быть трех видов. Например, мы говорили, что он может иметь два электрода, расположенных на противоположных стенках, с которых снимается ток. Однако каналы такого типа имеют недостаток, связанный с эффектом Холла. Под действием поля в электродах появляется перпендикулярная направлению тока разность потенциалов.

Для уменьшения холловского тока длинные электроды разделяют на небольшие секции (фарадеевский канал). В этом случае энергия снимается с каждой секции по отдельности, что усложняет задачу. Тогда можно использовать само холловское электрическое поле, поставив кольца вместо обычных электродов секционированного фарадеевского канала, и замкнув канал в нескольких местах накоротко. По направлению движения рабочей среды между начальным и конечным кольцевыми электродами появится поле с высокой разностью потенциалов. Однако результирующий к.п.д. уменьшится.

Каналы третьего типа - комбинация фарадеевского и холловского каналов. Электроды в виде ра-

мок наклонены под определенным углом к оси, что дает ряд преимуществ. Во-первых, имеется всего два токосъемника, но удельная мощность такого канала не меньше, чем у фарадеевского. Во-вторых, выходное напряжение достаточно велико, что выгодно для дальнейших преобразований.

Надежность и продолжительность работы электродов - общая проблема всех каналов. При температуре среды в несколько тысяч градусов электроды весьма недолговечны. Металлокерамические материалы дороги и также не выдерживают нагрузки. Ученые обратились к металлам. Здесь возникла другая проблема: металлы плавятся, их надо охлаждать. В то же время известно, что ток ведет себя как жидкость и не терпит разрывов. Поэтому заряды должны испускаться с поверхности электрода (катода). Однако, если мы охладили металлический электрод, то он не будет испускать электроны. Противоречие...

Разрешить его помогло открытие интересного явления природы. Было обнаружено, что с поверхности холодного металлического электрода ток может испускаться, но не равномерно по всей площади, а из крохотных пятен, достигая там громадной плотности в десятки миллионов ампер на квадратный сантиметр. Температура самих пятен порядка 4000 К, но весь электрод имеет низкую температуру. Правда, поскольку электрод холодный, то и среда вокруг него охлаждается и теряет электропроводность. Получается, что и для такого электрода ток будет течь плохо. На самом деле происходит удивительное явление. Природа как бы помогает создателям МГД-генератора. Из каждого пятнышка, благодаря его температуре, вырастает проводящая трубочка, этакий микро-протуберанец, который, к счастью, дотягивается до токопроводящих горячих слоев рабочего тела. Результирующая проводимость среды практически не уменьшается!

Несмотря на то, что генерируемая мощность пропорциональна квадрату индукции магнитного поля, для промышленных установок требуются очень мощные магнитные системы, гораздо более мощные, чем опытные. Однако громадные магнитные мастодонты не радуют глаз. Это связано и с затратами на металл, и с огромными потерями на питание магнитов. Выход может быть найден на пути использования сверхпроводимости, но и здесь нужно преодолеть многочисленные трудности. В институте атомной энергии имени И.В. Курчатова создан сверхпроводящий магнит для экспериментального МГД-генератора, но он имеет весьма внушительные размеры. Сверхпроводимость требует применения жидкого гелия и азота, которые, в свою очередь, нужно предохранять от окружающего тепла.

При решении этой проблемы была высказана идея создания мощной сверхпроводящей обмотки, по которой будет протекать громадный ток. Однако в такой системе возникают чудовищные силы, стремящиеся разорвать обмотку. Чтобы нейтрализовать их влияние приходится использовать силовые бандажки, но беда в том, что при температуре жидкого гелия прочность материалов резко падает.

Другая проблема связана с возможной потерей сверхпроводящего состояния шины. Если в обмотке появится хоть один малейший участок, где сверхпроводимость будет нарушена, то начнется лавинообразный процесс. В этом случае вся запасенная энергия поля выделится в виде тепла и произойдет взрыв.

Трудности, о которых мы рассказали, решаются многими остроумными способами, но опасность выхода мощных магнитов из-под контроля всегда остается.

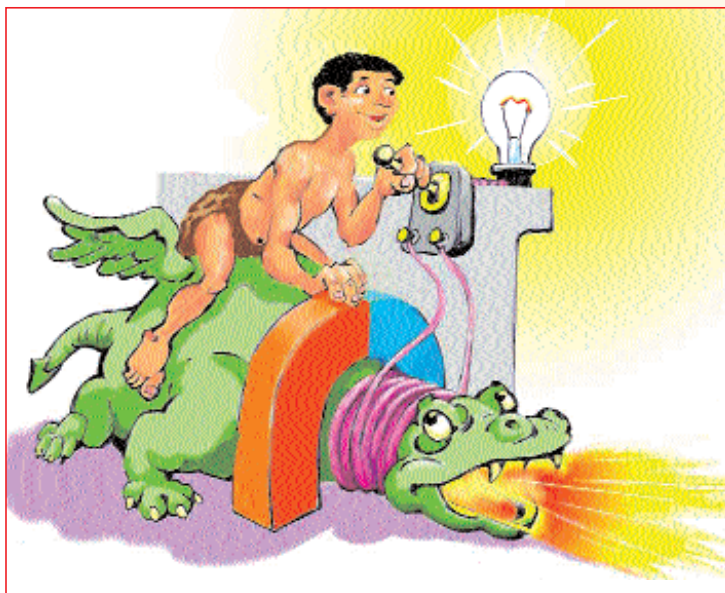
МГД-системы могут работать по открытому или замкнутому циклам. В первом случае рабочее тело (с учетом утилизации присадки) выбрасывается наружу. Во втором случае рабочее тело возвращается назад, замыкая цикл, через компрессор или насос.

Рассмотрим возможные направления применения МГД-генераторов. Во-первых, тепловые электростанции на продуктах сгорания топлива. Эти установки имеют ближайшую перспективу промышленного применения.

Перенесемся в космос. Ученые исследуют возможность создания космических ядерных магнитогидродинамических электростанций. Оценки показывают, что энергетические потребности космических аппаратов могут достигать нескольких мегаватт. В этом случае только установки на основе ядерных реакторов способны перекрыть необходимый мощностной диапазон. Заметим, что удельная масса разрабатываемых в настоящее время ядерных энергетических установок приближается к 10 кг/кВт (электрических). Для сведения: удельная масса газотурбинных двигателей - 0,02 кг/кВт при мощности в сотни МВт. Разрабатываемые установки могут быть использованы совместно с двигательными установками для осуществления полета и маневров в межзвездном пространстве. Рассмотрим атомную установку, в которой плазма генерируется ядерным реактором. Например, возможен вариант космической энергодвигательной установки, оснащенной газофазным реактором на водородном рабочем теле, обеспечивающим солидную тягу. В центральной цилиндрической полости реактора - рабочей камере - за счет магнитного поля соленоида, окружающего реактор, формируется малорасходная, "застойная", зона. Активное горячее - уран, находящийся в ней в газовой фазе, разогревает водород до температуры выше 9000 К. Тепловая энергия активной зоны преобразуется с помощью соплового блока в реактивную силу тяги. Истекающая из сопла плазма обладает высокой электропроводностью и обеспечивает получение нескольких сотен киловатт электрической энергии во встроенном в сопло МГД-генераторе. Некоторая часть урана постоянно уносится потоком водорода в окружающее пространство, но система подачи ядерного горячего компенсировать его убыль. Тяга оценивается в десятки тонн. Скорость истечения реактивной струи может достигать 20 км/с. Суммарная масса всей установки оценивается в 50...80 тонн. Другая ядерная электроракетная установка на ксеноне и ртути (со скоростью реактивной струи 100 км/с) может иметь массу в несколько сотен тонн. Здесь энергосодержание расходующихся компонентов составляет около 5000 МДж/кг. Перспективность этого направления зависит от развития ядерных реакторов с высокой температурой рабочего тела.

Для рассматриваемых систем возможно также применение жидких металлов, которые находят широкое применение в атомной энергетике. Еще в 80-х годах РКК "Энергия" разрабатывала ядерную энергетическую установку мощностью 600 кВт (эл) с использованием лития в качестве теплоносителя и ниобиевого сплава в качестве конструкционного материала. На этом направлении были найдены пути решения проблемы, связанной с замерзанием теплоносителя.

Этап концептуальных поисков в области МГД-генераторов в основном пройден. Еще в шестидесятых



годах прошлого века были проведены основные теоретические и экспериментальные исследования, созданы лабораторные установки. Результаты исследований и накопленный инженерный опыт позволили отечественным ученым в 1965 г. ввести в действие комплексную модельную энергетическую установку "У-02", работавшую на природном топливе. Несколько позднее было начато проектирование опытно-промышленной МГД-установки "У-25", которое проводилось одновременно с исследовательскими работами на "У-02". Успешный пуск этой первой опытно-промышленной энергетической установки, имевшей расчетную мощность 25 МВт, состоялся в 1971 г. Она работала на продуктах сгорания природного газа с добавкой K_2CO_3 в качестве ионизирующей присадки, позволяющей при относительно невысоких температурах (около 3000 К) сделать продукты сгорания электропроводными. "У-25" имеет два контура: первичный, разомкнутый, в котором преобразование тепла продуктов сгорания в электрическую энергию происходит в МГД-генераторе, и вторичный, замкнутый - паросилового контур, использующий тепло продуктов сгорания вне канала генератора.

Работа происходит по следующей тепловой схеме. Атмосферный воздух, обогащенный кислородом, сжимается в компрессоре и подается в воздухоподогреватели, откуда воздушно-кислородная смесь, нагретая до нужной температуры, направляется в камеру сгорания. Из камеры сгорания низкотемпературная плазма (продукты сгорания) поступает в сопло, разгоняется и идет в канал МГД-генератора. Из канала она поступает в парогенератор и отдают свое тепло паросиловому циклу. Затем, при температуре около 450 К продукты сгорания направляются в систему удаления присадки и после очистки выбрасываются в атмосферу. Электрическое оборудование "У-25" включает в себя инверторную установку. Устойчивость совместной работы генератора и многоэлементной инверторной установки обеспечивается системой автоматического регулирования. "У-25" оснащена телеметрической системой управления и контроля.

...Мы сами очень долго не верили, что дождемся, когда это произойдет, но МГД-электричество, несмотря на все трудности, приходит на службу человеку. Увы, нефть кончится на глазах у ныне живущих обитателей планеты Земля.

ЖИДКИЕ ПОРШНИ СТЕКЛЯННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Каждый, кто хоть однажды стоял у разобранного двигателя, непременно видел, а то и держал в руках поршень, трогал надетье на него кольца и при этом убеждался, что они, как и сам двигатель, сделаны из металла. Как правило, материалом, из которого изготавливают поршень, является алюминий или чугун. Поршни двигаются в цилиндрах двигателя возвратно-поступательно, и основная их задача - обеспечить передачу энергии сгоревшего топлива шатуну, затем и коленчатому валу. А дальше - кому что надо: можно колеса вращать у автомобиля, можно генератор подключить и ток получать. Никому и в голову не приходило изготовить поршни из другого материала - температура и нагрузки в камере сгорания двигателя столь велики, что ни какой другой материал не выдерживает. Но, оказывается, есть двигатели, в которых поршни сделаны из... воды.

В связи с тем, что поршни в этом двигателе из воды, он получил название жидкостной двигатель. Поддержание необходимой формы поршней обеспечивается корпусом двигателя, в качестве которого выступают U-образные стеклянные трубки. В отличие от автомобильных двигателей, которые сохраняют работоспособность при наличии углов крена и возвышения, а тем более авиационных двигателей, которым зачастую приходится работать "вверх ногами", жидкостной двигатель может работать только в вертикальном положении.

Принцип его работы почти такой же, как у двигателя Стирлинга (журнал "Двигатель" писал о нем в № 2 и 3 за этот год), но есть некоторые отличия, в которых и попробуем разобраться.

Двигатель представляет собой две U-образные трубки, соединенные как показано на рис. 1. Левая трубка называется вытеснителем, а правая - выходной трубкой. В обе трубки налита вода, хотя можно использовать и другую жидкость. Трубка меньшего диаметра соединяет (из-за чего она и называется соединительной) между собой концы вытеснителя и левой конец выходной трубки.

Для запуска двигателя необходимо, по полной аналогии с двигателем Стирлинга, нагревать одну сторону вытеснителя и охлаждать другую. В данной конструкции левый конец трубки вытеснителя играет роль горячей полости вытеснителя. Ее нагрев можно осуществлять от внешнего источника тепла, например, от Солнца через линзу (концентратор светового и теплового потока солнечного излучения). Тепловой поток надо направить на верхнюю часть водяного столба, тогда воздух в этой части трубки будет нагреваться в основном от воды.

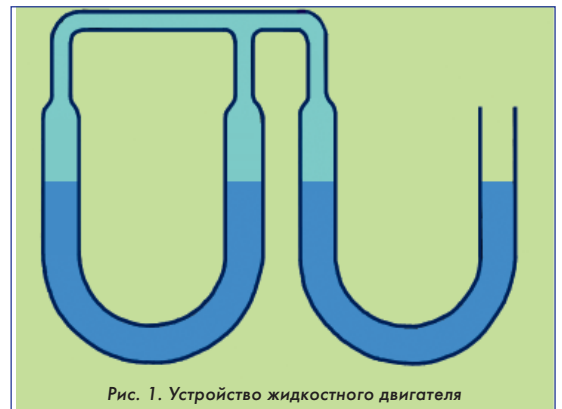
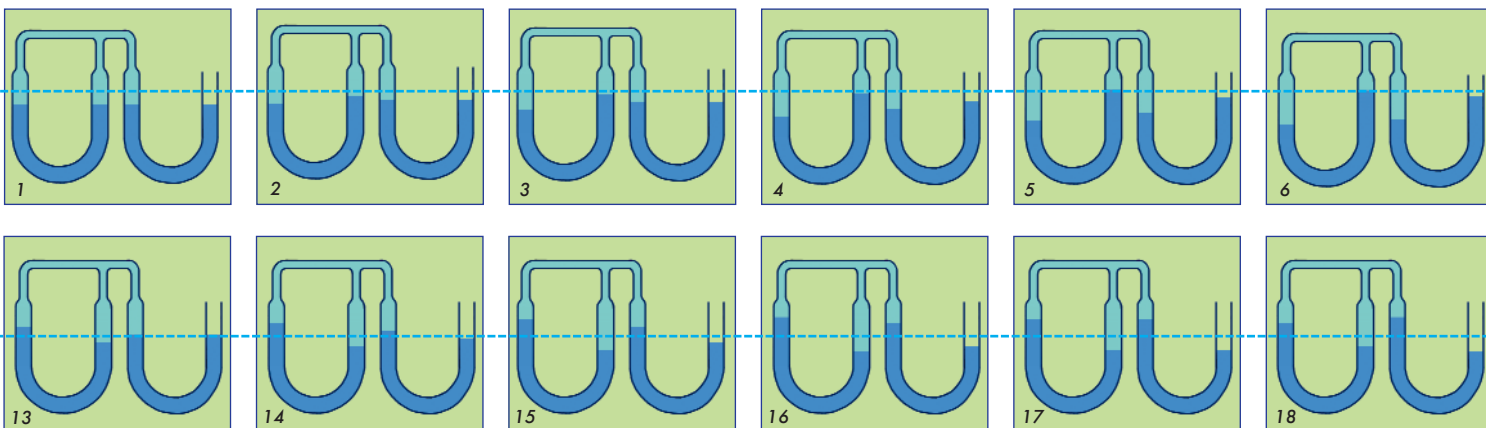


Рис. 1. Устройство жидкостного двигателя

Правый конец трубки охлаждается благодаря установке на нем небольшого радиатора. Можно обойтись и без него, но, как известно, эффективность работы двигателя Стирлинга тем выше, чем больше перепад температур между горячей и холодной частями вытеснителя.

По мере прогрева воздуха, находящегося в ограниченном объеме вытеснительной трубки, будет расти его давление. Но скорость роста этого давления будет несколько неодинаковой в левом и правом концах вытеснительной трубки из-за ее малого сечения. Небольшое превышение давления в левом конце будет способствовать "переталкиванию" воды из левого конца вытеснительной трубки в правый. Растущим давлением воздуха в правом конце вытеснительной трубки вода в выходной трубке будет выталкиваться из левого конца трубки в правый. Величина разности уровней в рабочей трубке будет пропорциональна величине давления воздуха в правом конце вытеснительной трубки. А это давление будет



расти по мере увеличения объема воздуха, находящегося в левом конце вытеснительной трубки из-за перетекания воды в правую часть трубки.

С ростом высоты водяного столба в правой части вытеснительной трубки будет расти разница в давлении жидкости, находящейся в этой трубке. Благодаря тому, что движение жидкости подчиняется тем же законам, что и все тела, жидкость по инерции пройдет положение, при котором разница в давлениях столбов жидкости в вытеснительной трубке превысит разницу в давлении воздуха в соединительной трубке. В результате начнется обратное движение воды в вытеснительной трубке. В рабочей же трубке вода будет продолжать движение из левого конца в правый, т.к. еще не произошло выравнивание давлений воздуха в соединительной трубке с разницей давлений столбов воды в рабочей трубке.

По мере того, как вода из правого конца вытеснительной трубки перетекает в левый конец, воздух начнет двигаться в правую часть, где с помощью радиатора будет охлаждаться. В результате давление воздуха в соединительной трубке начнет падать, и тем сильнее, чем больше воздуха будет поступать в охлаждаемую часть вытеснителя. А что в это время будет происходить в рабочей трубке? В какой-то момент времени вода по инерции проскочит "точку" равенства давлений и начнет движение в обратном направлении, причем вода в рабочей трубке будет "увлекаться" понижающимся давлением воздуха в соединительной трубке.

При приближении воды в вытеснительной трубке к крайнему левому положению давление воздуха в соединительной трубке будет стремиться к своему минимальному значению благодаря охлаждению в радиаторе. Но, т.к. вода в рабочей трубке, разогнанная пониженным давлением в соединительной трубке продолжает свое движение, она начнет сжимать воздух в соединительной трубке в тот момент, когда уровень воды в вытеснительной трубке будет вблизи максимума в левом конце. Энергии движущейся по инерции воды в рабочей трубке будет достаточно для совершения работы на сжатие охлажденного воздуха.

Сжатый и холодный воздух водой вытеснительной трубки начнет переталкиваться из холодной ее части в горячую. По мере того, как будет увеличиваться объем воздуха в горячей части, будет расти и давление воздуха в соединительной трубке. И... все начнется с начала.

Этот двигатель должен начинать свою работу самостоятельно, но если этого не происходит, то совсем не зазорно будет слегка качнуть трубки - ведь стоит на обычном двигателе внутреннего сгорания стартер.

Для обеспечения постоянных колебаний воды в обеих трубках необходимо чтобы колебания воды в выходной трубке и в вытеснителе были определенным

образом согласованы. В отличие от механической связи, которая есть в двигателях Стирлинга, в жидкостном двигателе фазовые соотношения колебательных движений воды в трубках достигаются подбором размеров трубок, а также количества налитой воды. Диаметр соединительной трубки также необходимо подбирать, т.к. она должна обеспечивать небольшой перепад давления воздуха в разных концах вытеснительной трубки для обеспечения незатухающих колебаний воды.

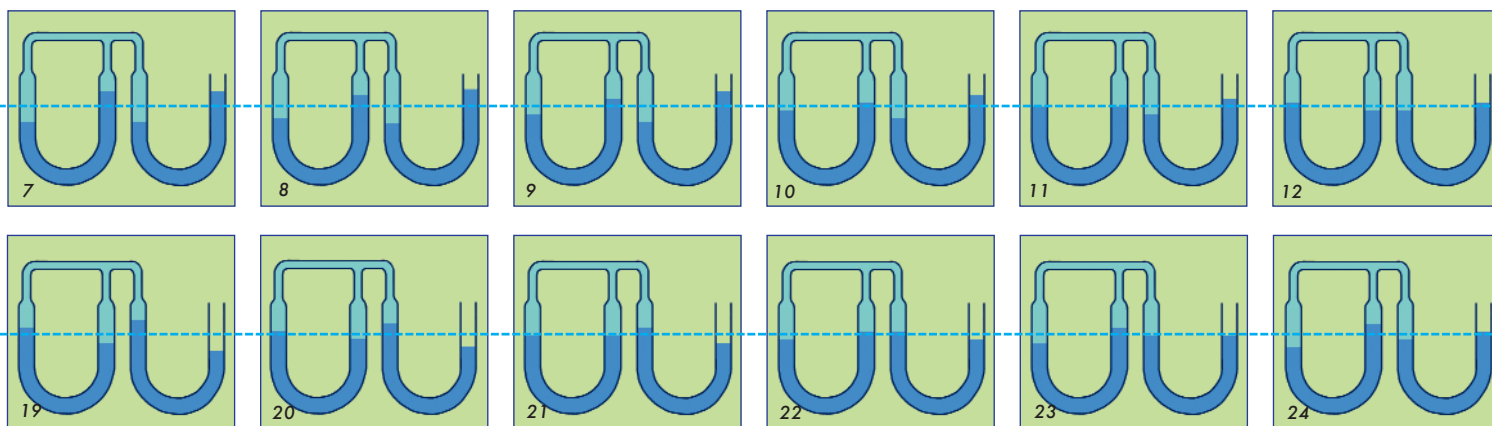
Вполне возможно, что с другими жидкостями (отличающимися от воды плотностью, вязкостью, теплопроводностью и другими свойствами, от которых зависят параметры ее движения в трубках) можно будет добиться более высокой амплитуды колебания жидкости в рабочей трубке.

Следует учесть, что если в двигателе Стирлинга обороты выходного вала (что однозначно соответствует частоте колебаний вытеснителя) могут достигать 2000...3000 оборотов в минуту, то в жидкостном двигателе колебания воды в вытеснителе могут быть на один-два порядка меньше.

Для более надежного обеспечения колебания воды в вытеснителе можно установить двигатель на шарнире, а в качестве опоры выходной трубки использовать пружину. Движение воды в выходной трубке заставит колебаться пружину, которая помогает поддерживать колебания воды в вытеснителе (см. рис. 2). Совсем не трудно к такой конструкции придумать механическую передачу к какому-нибудь устройству (например, привод на колеса тележки с установленным на него стеклянным двигателем).

Есть еще один способ создания положительной обратной связи для обеспечения незатухающих колебаний воды. Для этого выходная трубка соединяется с вытеснителем в месте перехода горизонтальной части вытеснительной трубки в вертикальную часть горячего цилиндра (см. рис. 3). В результате этой точкой горячий и холодный цилиндры делятся на неравные части и, соответственно, содержат неодинаковые объемы воды (объем измеряется от уровня воды в цилиндре до места соединения с выходной трубкой).

Предположим, что в какой-то момент времени уровень воды в горячем цилиндре находится у максимальной отметки, а в холодном он находится между минимальной и средней отметками. В это же время уровень воды в выходной трубке понижается, проходя через среднюю точку. В следующее мгновение уровень воды в горячем цилиндре начнет понижаться. Как следствие, уровень воды в холодном цилиндре



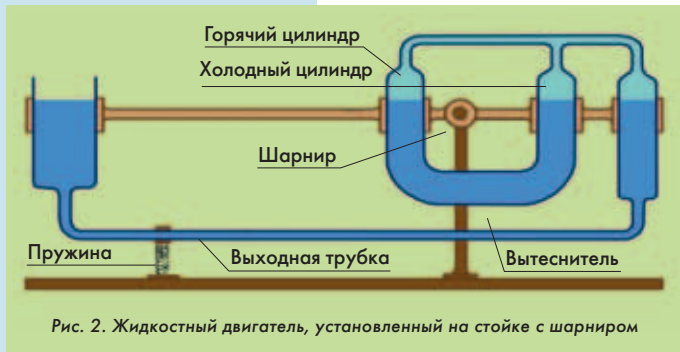


Рис. 2. Жидкостный двигатель, установленный на стойке с шарниром

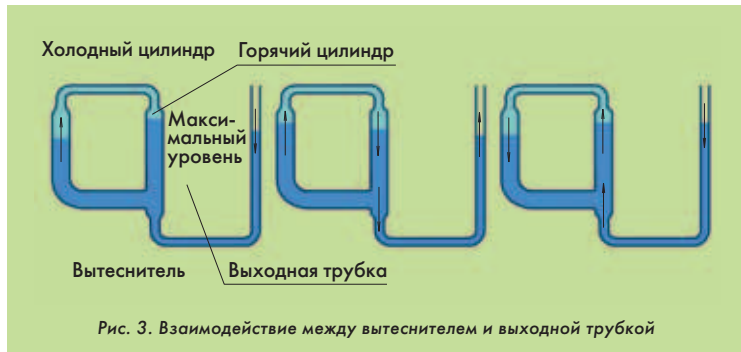


Рис. 3. Взаимодействие между вытеснителем и выходной трубкой

будет повышаться быстрее, чем понижаться уровень в горячем, поскольку в него поступает вода из горячего цилиндра и выходной трубки. Воздух вытесняется в горячий цилиндр; где он нагревается, давление в вытеснителе повышается, что будет способствовать дальнейшему понижению уровня воды в горячем цилиндре. После того, как уровень воды в выходной трубке достигнет минимума, ее уровень в правой части начнет повышаться первоначально за счет воды, поступающей из горячего цилиндра, а после того, как уровень воды в этом цилиндре становится минимальным, вода в выходной трубке продолжает подниматься за счет поступающей воды из холодного цилиндра.

В тот момент, когда уровень воды в выходной трубке достигает максимальной отметки, уровень в холодном цилиндре продолжает падать, за счет чего уровень в горячем цилиндре будет продолжать повышаться. В то же время воздух движется в холодный цилиндр вытеснителя, где он охлаждается. В результате давление в вытеснителе падает. Вода в выходной трубке начнет опускаться, и она будет поступать в горячий цилиндр вместе с водой, поступающей из холодного цилиндра.

Взаимодействие между выходной трубкой и вытеснителем поддерживает колебания воды в вытеснителе. Частоты колебаний воды в вытеснителе и выходной трубке одинаковы, но по фазе эти колебания сдвинуты на 90°. Когда уровень в выходной трубке достигает максимума, вода, содержащаяся в выходной трубке, вытягивает воду из холодного цилиндра. Когда же уровень в выходной трубке понижается до средней отметки, вода перетекает в горячий цилиндр и уровень в нем повышается.

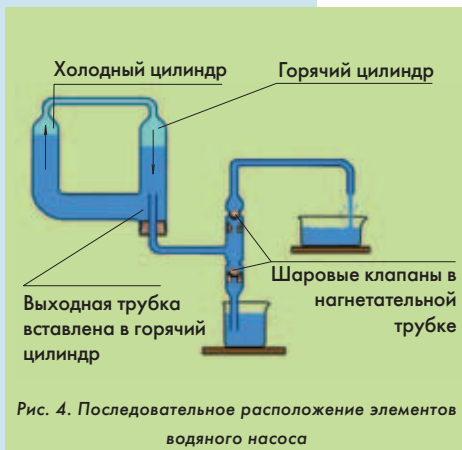


Рис. 4. Последовательное расположение элементов водяного насоса

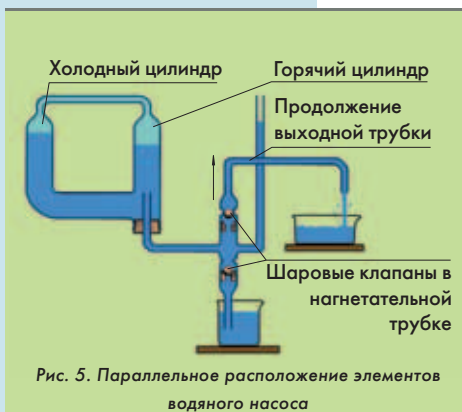


Рис. 5. Параллельное расположение элементов водяного насоса

Когда вода в горячем цилиндре опускается и перетекает в выходную трубку, давление воздуха повышается, поэтому большая сила заставляет воду в выходной трубке подниматься. Когда же вода перетекает обратно в вытеснитель, она преодолевает более низкое давление воздуха и на это тратит меньше энергии. Таким образом, в целом устройство обеспечивает выигрыш в энергии и выходную трубку можно соединять с каким-нибудь рабочим механизмом.

Немалый интерес представляет использование рассматриваемых двигателей в качестве насосов.

Один из способов применения их для этих целей называется последовательным. Вертикальная нагнетательная трубка соединяется с одним концом вы-

ходной трубки (см. рис. 4). В ней находятся два клапана, которые позволяют воде течь через них только вверх. Нижний конец нагнетательной трубки имеет отверстие, через которое поступает перекачиваемая вода.

Когда давление воздуха в вытеснителе низкое, вода движется из выходной трубки в вытеснитель. При этом вода втягивается через нижнее отверстие нагнетательной трубки и проходит через нижний клапан. При высоком давлении воздуха в вытеснителе вода из него выталкивается в нагнетательную трубку и проходит вверх через открытый верхний клапан. Этот цикл и определяет режим работы устройства как насоса.

Другой, более рациональный способ заключается в параллельном расположении рабочих элементов (см. рис. 5). Вертикальная нагнетательная трубка располагается между вытеснителем и другой вертикальной трубкой, которая является продолжением выходной трубки. Объем воды, движущейся в выходной трубке, больше того объема, который проходит через клапаны. Поскольку размеры выходной трубки подбираются в соответствии с частотой колебаний воды в вытеснителе, колебания в выходной трубке создают обратную связь, которая способствует поддержанию колебаний в вытеснителе. Такая конструкция обеспечивает более стабильную работу насоса. Хорошо отлаженный двигатель может перекачивать до 20 л воды в час.

Таким образом, можно создать жидкостной двигатель из стекла, для изготовления которого достаточно овладеть профессией стеклодува. Учитывая, что внутри двигателя имеют место высокие температуры и большие перепады давления, желательнее использовать боросиликатное стекло. Клапаны в нагнетательной трубке из обычного стекла.

Как уже в начале статьи отмечалось, жидкостные двигатели могут приводиться в действие солнечной энергией, для чего надо солнечный луч сфокусировать линзой на трубке вытеснителя. Фокус линзы должен находиться в центре водяного столба горячего цилиндра на некотором расстоянии от поверхности. Рефлектор, установленный сзади цилиндра, повысит эффективность нагревателя, направляя часть рассеянного света обратно на воду. Затемнив воду, добавив в нее немного чернил, можно также увеличить поглощение тепла.

Можно использовать в качестве источника энергии и обычную свечу. Для этого надо к горячему цилиндру прикрепить тонкую алюминиевую полоску, другой конец которой нагревать в пламени свечи.

Жидкостные двигатели обычно являются самозапускающимися. Уровень воды начинает колебаться, когда температура в горячем цилиндре становится достаточно высокой. Бывает, что запуск двигателя требует встряхивания - для того, чтобы вода пришла в движение. В таком встряхивании чаще всего нуждаются двигатели, работающие в качестве насоса.

"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 5 - 2005)

Странно, он же ничего мне не сказал, ни капельки не ругал, даже и не спросил, что произошло на уроке, а во мне что-то переключилось... Вот с тех пор и думаю: сколько же способов существует, чтобы воздействовать на человека, и совсем не обязательно одними только словами, словами, словами лечить нам мозги! Вообще я думаю, это неправильная жизнь, когда одни разговоры. Раньше ребята в ночное лошадей гоняли, вместе с родителями в поле работали, в лесу... А мы про это только в книжках читаем! Серьезно, почему мне, Каретникову, на четырнадцатом году жизни невозможно подработать, например? Или почту разносить, или в магазине помогать при разгрузке-перезрузке, или лифты убирать... И чтобы так было: больше, быстрее, лучше сделаю - получу соответственно, а нет - так пусть меня в три шеи вытолкают! Не от жадности я так рассуждаю. Кто деньги сам зарабатывает, тот и какую-то независимость получает. И это куда справедливее, чем попрекать: деточка, иждивенец, захребетник... Мы что - виноваты?

А слушать и не то еще приходится.

Вы меня извините, пожалуйста, товарищи взрослые, но я хочу задать вам один вопрос: дожили мы или не дожили до демократии? Если дожили, если вот-вот доживем, то хорошо бы вам принять во внимание, что дети составляют молчащее большинство человечества!

Неужели никому в голову не приходит - нас большинство! И я так думаю, что этому большинству надо было бы предоставить хоть какой-то голос. Не решающий - так совещательный или вспомогательный.

Пока я еще малышом торчал в директорском кабинете, заметил, хотя и не вполне понял суть дела: кто бы в кабинет директора ни входил, изменяется лицом. Ну, не лицом, а выражение у человека делается другое. Возьмите Светку. Она с нами о-го-го как нос дерет, куда ты, близко не подходи, а к Диру подруливать стала... Тьфу, лучше не видеть! Или Роман Абрамович. Он всем и каждому показывает, какая он в школе шишка! Можно подумать, вся школа на директоре, да на нем висит... А на начальника смотрит, это в кабинете, как кот на сало, - умильно, с готовностью: чего прикажете, мы мигом сообразим, раздобудем, приволокем...

Не хочется про людей плохо думать. И отец советует: нового человека принимай без колебаний, держи за друга. Ну а дальше приглядывайся, оценивай и не спеши осуждать... Так-то оно так, наверное, правильно, а не всегда получается.

Юрий Павлович на уроке истории один раз интересную штуку сказал: "Добро без зла не живет. Эти два начала существуют и борются". И если я его понял правильно, ни зло не может одолеть добро, ни добро победить зло тоже не может. Выходит, вся штука в самой борьбе. Пока она идет, зло не торжествует или торжествует только временно.

И. Интересно бы узнать, что про меня думал капитан Смирнов до того дня, как я к нему явился? Ждал, придет такой придурок - учиться не хочу, трудиться не желаю! В голове одно: болтаться по улицам, приставать к девочкам, драться с мальчишками... А может, я ему представлялся таким жучком, юным делягой, скрытым врагом общества и в недалеком будущем опасным правонарушителем?

Впрочем, гадай - не гадай, узнать ничего не узнаешь.

Встретил меня капитан Смирнов не слишком приветливо. Первым делом обругал: почему я не пришел сразу, когда он звал? А потом выдал такую трель:

- Что это за дела? Дома не ночуешь ты, а дырку в голове кому твоя мамаша сверлит? Мне! Или ты полагаешь такое положение справедливым? Или считаешь, мне это удовольствие? - А дальше предупредил: - Говорить будешь только правду!

А знаете, почему? Сейчас лопнете, честное слово, когда я скажу! Потому что он, капитан Смирнов Никита Васильевич, терпеть не может, "когда заливают, то есть врут, особенно если без острой необходимости".

После такого оригинального предупреждения он накидал мне, наверное, пять тысяч вопросов. Кто такой Леха? Фамилия? Адрес? Как зовут отца? (Оказалось, не Лехино - моего). Где работает? Кем? Какие у нас отношения? Чем я занимаюсь вне школы? Оля Масленикова - кто? Нравится? Чем? Музыку люблю? Какую? Маг есть? Отец кассеты привозит? А пластинки? Сколько у меня личных денег? И опять: что за тип Леха?

Тут я спросил:

- Скажите, товарищ капитан, а есть такой закон, по которому я обязан выдавать характеристики на своих товарищей?

И вообще - капать на кого-то?

- Закона, касающегося характеристик, нет, а отвечать на мои вопросы ты обязан.

- Раз обязан - слушайте. Леха - нераскрытый гений! Он - знаменитость двадцать первого века, возможно, даже будущая гордость человечества.

- В какой области? - без улыбки осведомился капитан. - Это очень важно, Кирилл Георгиевич.

- Леха - прирожденный футуролог, кроме того, он тоже прирожденный организатор масс, лидер!

- Прекрасно. А Саша Лапочка разве не лидер? Кто у кого на поводу идет?

И закрутилась новая спираль раскрутки. Все-го пересказать просто невозможно. Мне вспомнилось, как в кино показывали охоту на лис с флажками. Обкладывают, обкладывают, а потом гонят на стволы, ну, на ружейные, на охотничьи, понятно, стволы. Ты хитра, рыжая, только мы хитрее - так охотник считает...



Под конец капитан сказал:

- Вот держи бумагу, напиши, где живешь, как было дело с посещением твоей квартиры Сашей Лапочкой, куда ты потом девался, когда не ночевал дома, укажи, где ночевал. Опиши все подробно! Что не вполне понятно, когда станешь писать, спрашивай. Ясно?

Не хотелось, но написать пришлось.

Сашка не мой лучший друг, только капать на него... Это вообще не в моей натуре - капать. А тут получалось - пусть не капаю, а все-таки брызгаю на человека. Но спорить с капитаном я не мог: показания давать обязан.

- Нарушитель - доказывал мне капитан Смирнов, - не всегда, но часто оказывается на пути к знакомству с Уголовным кодексом...

- Мне, знаете, отец рассказывал, - не выдержал и влез я, - когда он в армии служил, у них старшина любил выступать с такой программой: сегодня пуговица оторвана, завтра автомат недочищен, послезавтра пререкание со старшим допущено, а через неделю за пачку сигарет Родину продадите! Как, по-вашему, Никита Васильевич, старшина этот был большим философом?

Странное дело, капитан не разозлился, не стал мне выговаривать, ставить на место, а так, вроде между делом, заметил ленивым голосом:

- Какой философ: популяризатор. - И, оживившись, будто что-то вспомнив, совсем другим тоном спросил: - Скажи, Кирилл, а почему ты такой... как будто на еже сидишь? Представь, я тут каждый день столько законченных подонков вижу, что другой раз жить тошно делается... В кои веки позвал приличного парня, хочу поддержку получить, а ты? Да, мне твой Леха не нравится, а Сашка Лапочка - тем более. И я не понимаю, чего ты ершишься, чего пузыри пускаешь? Пусть я тебе не по нутру, пусть даже вся наша контора на нервы действует - разве это основание, чтобы не помочь ребятам?

- Помочь? - Я даже хохотнул нечаянно. - Ну вы дайте! Ребятам помочь!

- А ты считаешь, пусть они от проступков скаты-

ваются к преступлению? Пусть с ними лучше, чем здесь, в суде разговаривают? Дело-то к этому идет, Кирилл! Ты про Леху помалкиваешь, хотя кое-что о его художествах знаешь. Помалкиваешь и гордишься еще: "вот я какой верный друг", мол. Ломаешь благородство, играешь в порядочность, а не хочешь подумать, что с ним будет, когда он залетит сюда с чем-то серьезным... Например, наркотиками заинтересуется, или воровать начнет. Семь лет я в инспекторах хожу и знаю, что говорю. Если на самых первых шагах парня не удает-

ся притормозить, все - покатился! Вся разница в том только: один кувырком летит, а другой сползает. Но все вниз катятся. Вот какое положение. Ты сейчас ступай и думай. Ясно? А я тебе через некоторое время позвоню, возможно, приглашу, так уж, пожалуйста, не будем играть тогда в прятки, чтобы нам без привода обойтись.

Все вроде правильно. Ты видишь, слепой вот-вот загудит с обрыва или свалится в яму, кричи: "Караул!", хватай человека за фалды, держи. С этим я согласен. Но...

Во-первых, Леха - совсем даже не слепой. Где дорога, а где откос, он видит не хуже меня. Во-вторых, мне не улыбается быть спасителем под контролем. Когда я сам по себе лезу - одно, а когда надо являться по вызову и отчитываться: извините, это уже совсем другое.

Возможно, капитан Смирнов - замечательный и достойный уважения человек, допускаю, но я все не хочу быть его правой рукой. Не в характере! Я - кошка, которая желает гулять сама по себе, дорогой товарищ капитан! Это же разрешается. Или я что-нибудь путаю?

Когда я шел домой, цепляясь ногой за ногу, очень уж было лень спешить, в мозгах начало что-то вроде чесаться - у меня всегда так бывает, когда в голову лезут неожиданные мысли. Но на этот раз всплывать стали не мысли, а что-то непонятное и неожиданное:

ШКОЛА НАША - МАЧЕХА...

Было в таком утверждении что-то не вполне привычное, хотя... хотя, пожалуй я соответствовало.

ЧТО СДЕЛАЕШЬ ТУТ

Не сразу до меня дошло - это же стихи прут. Сами. Никогда раньше я не пробовал сочинять стихи, а над поэтическими потугами Вальки Сажинной всегда, как только мог, издевался... Да-а, это была неожиданность! И мне сделалось самому интересно, чем такой зуд может закончиться? "Ну-ка, давай, давай дальше!" - подбадривал я себя.

Школа ваша - мачеха./ Что сделаешь тут?/ Хоть и не Чека пока,/ но тоже все на нас прут!/ Знание, говорят, - свет!/ Вопрос: какой?/ Этот или тот?/ Мне мало, конечно, лет,/ но я хочу в полет.../ Летать хочу, не ужиться/ в чахлой траве лесной./ Как же со школой ужиться,/ с матерью неродной?..

Когда я вернулся из милиции и сказал маме: "Знаешь, я совсем не хотел, но так оно вышло...", мама сразу перебила меня: "Здравствуй-здравствуй. И скажи лучше: есть хочешь?"

"Странно, - подумал я и почему-то решил: не иначе капитан звонил и провел инструктаж, как надо со мной обращаться. Хотя, возможно, я и ошибаюсь. Только, чтобы мама сама... - Трудно себе даже представить".

- Есть я хочу. Спасибо.

Мама дала мне есть, а сама сразу же уселась за пишущую машинку. Вообще-то она иногда берет срочную работу домой и тогда подолгу стучит на своем потрепанном "Рейнметалле", но на этот раз ее стрекотание выглядело показухой чистой воды. А смысл был очень простой: нас не трогай - мы не тронем! Понять можно, Наверное, я ей и впрямь основательно надоел.

Выждав немного, я спросил как ни в чем не бывало: - Чего ты так срочно настукиваешь, ма?

- Снимаю копии с довольно любопытных документов для выездной экспозиции. Можешь взглянуть, если желаешь. - И, не отрываясь от машинки, она



Я - кошка, которая желает гулять сама по себе...

протянула мне несколько готовых страничек отпечатанного текста.

Наверное, этого надо стыдиться - я любопытен, как пингвин. Что с этим делать, не знаю даже. Взял, конечно.

Не все бумаги, но две произвели на меня впечатление.

Из первой я узнал, что когда-то в Москве, на Октябрьской улице, в доме сорок семь, жил парень по фамилии Дмитриев. Он закончил десять классов. От службы в армии его освободили по состоянию здоровья. Это в военное, заметим, время!

Тогда этот Дмитриев добровольно выпросился в партизанский отряд, закончив предварительно краткосрочные курсы подрывников.

Он писал домой:

"Здравствуйте, дорогие мама и сестренка! Тринадцатого июля мы выехали из Москвы и легко перешли линию фронта. Шли больше месяца по тылу противника в свой отряд".

Тут давайте остановимся. Попробуем представить обстановку. Вокруг фашисты, а они идут ночами, прячутся в светлое время по скирдам, по оврагам, ждут ночи и снова идут в темноте - месяц! Но его ведь недавно освободили от службы в армии по состоянию здоровья, а чтобы так идти, какие на это ноги нужно иметь, какую силу, не говоря обо всем прочем. Месяц - пехом! Кошмар!

И еще он писал:

"Вот уже год, как я в партизанах. Я привык к местной жизни и чувствую себя прекрасно. Уже многие сотни немцев погибли от моей руки, и я думаю воевать дальше..."

Меня смущали многие сотни... Трудно представить эти сотни, погибшие от одной руки. Но только я успеваю усомниться, как натыкаюсь на текст справки "Боевой счет Дмитриева Бориса Михайловича".

Читаю. Подготовил 14 диверсантов-подрывников. Под его руководством и при его участии взорваны 18 эшелонов. Это 19 паровозов, 126 вагонов, 72 платформы, 11 артиллерийских орудий, 154 тонны горючего, 32 автомашины, 8 танков, 1260 немецких солдат и офицеров. Вот они, его сотни!

Но это, оказывается, далеко не все.

За пять выходов группа Дмитриева подорвала 1400 рельсов, два железнодорожных моста. Еще в следующие четыре выхода он уничтожил 19 и ранил 3 охранников железнодорожных объектов. И опять не все! Дмитриев руководил подрывом 9 железнодорожных мостов и 32 мостов на шоссе и грунтовых дорогах, уничтожил 22 автомашины, 3 танка, 2 мотоцикла...

Справка едва вползает в мое сознание. Но больше всего прямо-таки изумляют 1400 штучных рельсов. Дрызнули эшелон - и разом летят в тартарары машины, кони, люди!.. Это понятно, вообразимо. А к каждому рельсу надо было ползти, вжимаясь в землю, наверняка дрожа, клацающая зубами - как бы не обнаружили, не открыли огонь... И потом, взрывать - значит, иметь дело с толком, динамитом, словом, с такой чертовщиной, что ошибись раз - костей не соберешь и без помощи противника.

23 февраля Борис вступил в открытый бой с оккупантами. Пришлось. Он был окружен и дрался до последней возможности. Расстрелял все патроны, последний оставил себе.

Не берусь сравнивать, кто больше герой, а кто меньше. Дмитриев даже не узнал, что удостоен. Указ

пришел уже после того, как он застрелил себя тем последним патроном.

Вот таким был первый документ. Подумать только, что может один человек! Всякий ли - вот вопрос!

И второй документ.

Мама перепечатала письмо снайпера Розы Шаниной. Она умерла в самом конце войны, ее похоронили в Восточной Пруссии. Вот это письмо.

"Я совершила самовольную отлучку на передовую.

Правда неплохо повоевала. Не раз угрожала смерть. Один раз отбивали танковую контратаку врага. Впереди меня подорвали танк в семи метрах, а сбоку в пяти метрах. Раздавило целый расчет: и капитана, и старшего лейтенанта. Конечно, за это я очень переживала, но почему-то за себя - нисколько, хотя чувствовала, что минута - и все...

Участвовала в наступлении, взяла троих в плен, сама лично. Вот мои достижения и радости, чем могу поделиться... Потом меня все же разыскали на передовой и забрали с автоматчиком. После чего мне наложили взыскание по комсомольской линии за самоволку. Конечно, правильно".

Представляете? Самоволка! Куда? На передовую, в самое пекло! Взыскание! За что? Она же троих лично в плен взяла. Девчонка - мужиков! Нет, нет и нет, я не могу понять, почему Роза собственной рукой написала "конечно, правильно". Чего же тут правильного?

И почему тогда говорят: победителей не судят? Выходит, еще как судят!

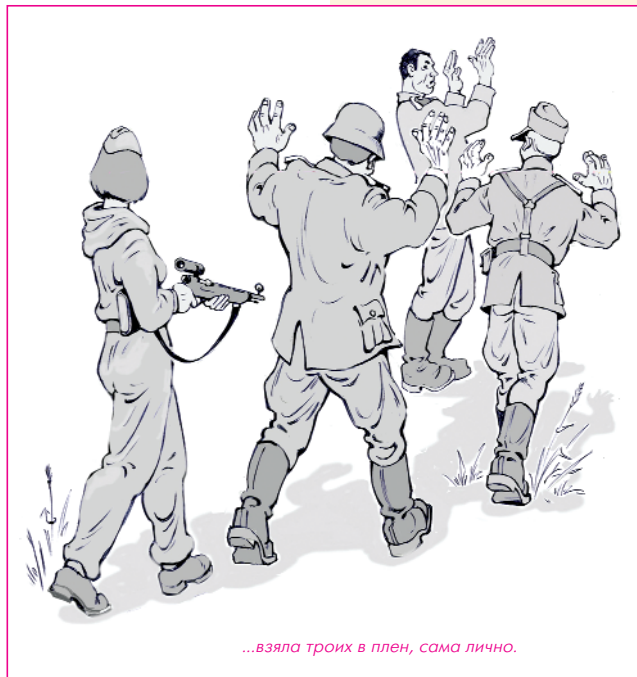
И разве порядки выдумывают для самих порядков?

Из того, второго документа я узнал еще, что Роза отправила на тот свет 55 фашистов, ее два раза награждали орденами "Слава" - третьей и второй степени, дали медаль "За отвагу"... Все это ясно я понятно. А почему она написала "правильно", не могу постигнуть. Наверное, я недоразвитый, возможно, со сдвигом, только такая самокритика до меня не доходит.

Документы мы с мамой не обсуждали. Немного поговорили на отвлеченные, так сказать, темы, и я пошел спать. Нагрузка на мозг оказалась порядочной: и Дир, и милиция, и документы из далекой войны... Я даже не думал, что все это может как-то суммироваться и воздействовать.

Ночью мне снились цветные военные сны. Все горело, взрывалось, летело куда-то в абсолютной пугающей тишине. Я понимал: так быть не может. Но во сне было именно так. Раз пять я просыпался, хотя обычно сплю как пень. Вставал, пил воду, но стоило опустить голову на подушку, как снова вокруг бесновалась бесшумная война. Было очень страшно. **А**

(Продолжение в следующем номере).



...взяла троих в плен, сама лично.

БАЛЕТ И КОСМОС

Анна и Анатолий Нежные - молодой, талантливый и плодотворный дуэт художников, успешно сочетающий в своем творчестве театральные дизайн и живопись. Обращаясь к постановкам балетных спектаклей 10-20-х годов прошлого столетия, они успешно переосмыслили опыт мастеров "Серебряного века" и "Бау-Хауза", активно используя новые средства художественного выражения в ряде авангардных постановок.

Оформление тем классического репертуара, детские спектакли, новогодние и эксклюзивные шоу - этот перечень творческих интересов супругов-художников можно продолжить. Коллекции их декоративно-монументальных полотен, театральных костюмов, эскизов находятся в музеях и частных коллекциях ряда стран мира.

В последние годы в работе творческого тандема проявляется неослабный интерес к космическим мотивам, о чем рассказала Анна Нежная в беседе с нашим корреспондентом Владимиром Чередником.

Корр.: Балет "Музей Оскара Шлеммера", проект "космического" балета, сказки-фантазии. Космическая тема - предмет Вашей давней привязанности?

А.Н.: Да, этот интерес - из детства. Но не столько из популярных газет журналов для детей и юношества. В раннем школьном возрасте меня буквально заворожали легенды и мифы древней Греции. Их космогония, всеобъемлющий размах. Мой первый сохранившийся детский альбом состоял из "летающих" персонажей и дерзновенных героев - Атланта, держащего небесный свод, посланца воли античных богов Гермеса с крылатыми сандалиями, конечно, Икара.

Позже я поняла, что мои "космические" художественные стремления оказались близки идеалу круга "Мира искусства". Они меня не отпускают до сих пор.

Корр.: В чем же причина этой достаточно давней привязанности?

А.Н.: Постараюсь объяснить это через призму космоса. Известно, что конец XIX - начало XX века - это время, когда авиационно-космической темой стали активно интересоваться ученые и конструкторы, писатели-фантасты. Космические мотивы получили широкое распространение в музыке, живописи, у энтузиастов "Мира искусства".

Примеры? Упомяну симфонические произведения Н. Скрябина "Поэму экстаза" и "Поэму огня" ("Прометей"): экстатичные, словно объятые устремлениями к неведомым космическим сферам порывом. Про свою незаконченную симфонию "Мистерию" композитор говорил так: "Я открыл секрет Вселенной".

ли М. Чюрленис, живописец и композитор. Его мечты о мировой гармонии и красоте родили циклы картин "Сотворение мира" и "Знаки Зодиака", создали живописные сонаты - "Сонату Солнца" и

"Сонату Весны". Он писал: "Я полечу в "далекие миры", в край вечной красоты, солнца и фантазии, в заколдованную страну"...

Тогда, сто лет назад, тема далеких пространств завладела многими, недаром "Дева-птица" стала излюбленным образом символистов.

Корр.: Представляется, что Ваши любимые деятели "Мира искусства" пленили о собым мироощущением и художественным выражением материала?

А.С.: Особенно мне импонировала идея синтеза искусств и новые средства выражения. В юношеские годы, я, учащаяся художественного училища, поняла, что именно "мирискусники" воплотили в балете и опере единство хореографии, действия, музыки и декоративного оформления. Для многих "мирискусников", особенно их идеолога А. Бенуа, в жизни и работе характерны высота философской мысли, вдохновенный порыв творчества и сила эмоционального воздействия.

Скрябин венцом своего творения мыслил загадочную "Мистерию", в которой объединяются все виды искусства - музыка, поэзия, танец, архитектура, свет. Он же впервые в музыкальной практике ввел в симфоническую партитуру специальную партию света, что связано с обращением к "цветному слуху".

В творчестве Оскара Шлеммера, как мне представляется, эти опыты были модернизированы и продолжены.

Корр.: С именем О. Шлеммера связан и Ваш очередной этап творчества. Декорации и костюмы, выполненные совместно с А. Нежным, навеяны космическими вариациями?

А.Н.: В интересе к О. Шлеммеру выразилось мое увлечение европейским авангардом 1920-х гг. Его "Балет триад" (1922) свидетельствовал об общих эстетических интересах европейских творцов, искавших пути новейшей функциональности своих произведений.



Исследователи творчества совершенно справедливо отметили, что философствующему уму О. Шлеммера представлялось принципиальным сделать визуальное воплощение числа "3", которое, по его мысли, мистически определяет бытие. Отсюда составные части спектакля - танец, костюм, музыка, три основных цвета костюма - синий, красный, желтый, три геометрические фигуры основных костюмов - шар, куб, конус.

Не находите, что этот геометризм в силу функционально-конструктивных особенностей применим к различным типам космических аппаратов, их составным частям - двигателям, кабине корабля, корпусу ракеты?

Что касается деталей костюмов, где присутствуют шары, белые спирали, "дутые" жесткие формы и т.п., то некоторые специалисты космической техники в беседе со мной отметили, что они имеют немало общего с экипировкой космонавтов или с предполагаемым видом пришельцев с других планет.

Откуда же истоки подобного подхода у О. Шлеммера? Он еще тогда, на заре космической эры, "создал" механистический образ фигуры, сделав упор на механике и конструкции человеческого тела. Его изучение человека можно охарактеризовать словом "интеллектуальность".

Воплощая свои художественные идеи на сцене, он создал "материальный балет", в котором актеры, благодаря специальным костюмам, двигались в нарочито "механическом" ритме, соединяли образы техники и человеческого тела. Прямо как астронавты на чужой планете в костюмах и скафандрах!

Еще одна важная личная деталь: нам с Анатолием, как художникам-постановщикам, импонировали идеи движущихся костюмов О. Шлеммера, творившего "театр художника" в некоторый противовес "театру актера", то есть режиссерского театра.

Корр.: *Насколько часто космическая тематика присутствует в оформляемых Вами постановках?*

А.Н.: Видимо, об этом судить зрителю. Разумеется, она не несет "чистого", самодовлеющего характера. И зависит от того, что мы ставим. Если речь идет об опере, балете, то во главу угла ставим замысел авторов. Например, декорации к опере М. Мусоргского "Сорочинская ярмарка" в Екатеринбургском театре оперы и балета. При работе не обошлось без опоры на гоголевский фантазматизм. Если серьезно, скажите: какой еще прозаик столь равновелик в реализме и фантастике!

Вспомним известную аллегорическую картину Птицутройку: "Кажись, неведомая сила подхватила тебя на крыло к себе, и сам летишь, и все летит". И действительно: некоторые его герои летают над землей, почти касаясь звезд, или зрят так, что видят за сотни верст. Этот космизм стремилась подчеркнуть в "Сорочинской ярмарке", где брала на "вооружение" и материалы других его произведений.

Потом: космос в ассоциативном воображении нам нередко представляется как сочетание необыкновенно сильного света, ярких красок и звуковых гамм. Не так ли?

Мы с Анатолием в балетах, шоу-концертах, детских постановках вопросам света и цвета уделяем особое внимание. Какая цветовая палитра "дальнего" космоса? Как передать огнедышащие пучки пламени, вылетающие из сопла ракеты? Согласитесь, в повседневной жизни подобные явления не увидишь, тем более не ощутишь.

Поэтому в постановках мы стараемся широко использовать сканерный свет, флуоресцентные краски, химические составы, синтетические ткани, а также звуковые эффекты. Именно эту гамму выразительных средств мы использовали на мировой премьере балета "Музей Оскара Шлеммера" на сценах Большого театра и Новой оперы в Москве и Латвийской национальной оперы в Риге в 2001 году.

Считаю, что художник-постановщик и художник по свету - вот тандем, который может постичь эффект соприсутствия зрителя на сцене, ассоциативного восприятия авторского замысла, особенно "вселенских" тем.

Корр.: *Вы достаточно долго находитесь в сотворчестве с Фондом имени Мариса Лиэпа, с его художественным руководителем и режиссером-постановщиком балетмейстером Андрисом Лиэпа. В чем суть вашего содружества?*



А.Н.: Нашему творческому союзу уже более десяти лет, его объединяет общность идей, взглядов, творческих вкусов. Заслуженный артист России Андрис Лиэпа - глубокая, думающая личность. Мы с ним познакомились, еще "зелеными" выпускниками художественного училища, он же был обладателем высших призов международных балетных конкурсов. Ныне число осуществленных совместных проектов и постановок исчисляется десятками.

Большой удачей нашего творческого союза считаем продолжение традиций "мирискусников": благотворных контактов с творческими силами европейских стран, в том числе с известным на весь мир "Римским балетом". Считаю, что совместные проекты с ними способствуют высокому "артистическому" рейтингу России на Западе, которое она занимала во времена И. Стравинского и С. Дягилева.

Корр.: *Насколько известно, в вашей творческой команде существует проект космического балета?*

А.Н.: Он зародился три года назад, когда мы с Андрисом Лиэпа посетили "НПО Энергомаш" в Химках. Там выпускают двигатели для орбитальных космических аппаратов. На нас, не скрою, сильное впечатление произвел Демонстрационный зал предприятия с уникальной антологией нескольких поколений жидкостных реактивных двигателей первой ступени. Представьте видеоряд: от тех образцов, которые запускали первый в мире искусственный спутник Земли, до последних моделей, "поднимающих" американские "Атласы".

Эти строго функциональные изделия будили наше воображение конструкторской целесообразностью и эстетическим совершенством. Да, необычная коллекция стационарна, но немного фантазии - и двигатели запущены, ракета полетела! Если нас спросить, что мы почувствовали, отвечу одной фразой: цвета и музыки космоса.

В среде наших знакомых нашлись энтузиасты, которые готовы были всерьез написать либретто космического балета. Мы с Анатолием собирались взяться за оформительскую часть. Но, как это нередко бывает, причина простая проекта банальна - отсутствие материальных средств. Мы прекрасно понимаем, что в отечественной аэрокосмической отрасли не настолько успешно идут дела, чтобы выделять средства под подобные проекты. Но все-таки жалко.

Корр.: *Но сама идея космического балета не "зарыта в песок"?*

А.Н.: Вспоминаются слова известной шуточной песни Ю. Кима, где "мы впереди планеты всей" в области балета, и где очень даже нормально у нас с ракетами. Хотелось, чтобы и в начале 21 века данные приоритеты сохранились. Смотришь, при разумной координации усилий "физиков и лириков", а также при поддержке финансов и космический балет состоится.

От редакции

Много ли могут сделать художники? Да, немало - раньше и сейчас, когда на вернисаже выстаивают часами тысячные толпы посетителей и к живописцам на сеанс очередь записываются "хозяева" жизни. Нередко творческие личности выступали общественными резонаторами и выразителями художественных идей. Значит, в том, чтобы наша жизнь была нравственной и духовной, многое зависит и от них.

По крайней мере, живущим ныне стоит внести свою лепту в ряд ценностей, которые традиционно являются фирменной маркой страны. Не хотелось, чтобы применительно к России эта марка осталась на пресловутом уровне водки, икры и матрешек. Быть для мира заповедником экзотики с "гуляющими по улицам медведями" не лучший удел страны, всю обозримую историю претендующей на роль "совести мира". Вспомните: ведь сто лет назад, в начале XX века нашу с вами Россию ассоциировали с Менделеевым, Шуховым, Сикорским, Шаляпиным, Великой Сибирской магистралью. Главное - самим поверить в свое предназначение и возможности... **Д**

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СЛОЖНЫХ ФОРМ

Нас окружает великое множество видов течений жидкостей и газов. Все эти виды условно укладываются в две большие группы: "ламинарные течения", когда каждая частица жидкости движется параллельно основному направлению потока, "течения турбулентные", когда поток представляется огромным количеством отдельных самостоятельных вихрей. Вся газовая динамика, теория полета, гидро- и аэродинамика в конечном счете - лишь попытка понять механику образования этих видов течений и взаимодействия их с различными телами, поверхностями и каналами, а также найти методы математического расчета этих процессов.

Юрий Кочетков, д. т. н.

В патенте, выданном Р. Фулону на изобретенный им пароход, помимо собственно применения паровой машины для обеспечения движения судна, есть запись и о приоритете проведенных исследований по выбору формы корпуса судна для определения путей снижения потерь, в том числе и от образовавшихся носовых и кормовых волн.

Но самое интересное в том, что еще в 1663 г. английский король Карл I занимался проблемами, связанными с поисками форм корпусов кораблей, обеспечивающих наивысшую их скорость.

"Лишь изредка с унылым свистом
Бунтует вихрь в поле чистом
И на краю седых небес
Качает обнаженный лес".

Так А.С. Пушкину удалось подметить турбулентное движение воздушных масс и их визуализацию с помощью пылевых частиц в вихре и периодических колебаний ветвей деревьев.

О. Рейнольдс первым предложил для визуализации вихрей в жидкости использовать окрашенные струйки. Первыми применил фотографию при исследовании ламинарных течений английский гидродинамик Хеле-Шоу, а турбулентных - немецкий ученый Ф. Альборн. Но идею о фотографировании струй на 15 лет раньше выдвинул русский писатель М.Е. Салтыков-Щедрин в "Современной идиллии".

Обратим внимание именно к последнему из упомянутых течений: к турбулентному. Все многообразие видов турбулентного течения, можно разложить на несколько элементарных, взаимодействие которых даст картину любого, даже самого замысловатого. Хаотическим оно кажется лишь потому, что наше зрение не позволяет зафиксировать быстротекущие процессы и мелкомасштабные структуры. К сожалению, это не всегда удается даже при использовании высокоточной тепловой, оптической и лазерной техники. Часто это происходит из-за неумения правильно поставить эксперимент.

Для определенности можно выделить четыре "элементарных" вида течения: внешнее обтекание, течение в следах, внутреннее течение и течение в струях. Течения в следах и струях, в общем, являются продолжением внешних и внутренних течений и, соответственно, формируются они из этих течений. Внешним считается течение вблизи тела, движущегося условно в бесконечном объеме (подводная лодка в океане, сверхзвуковой самолет в воздушном пространстве, метеорит, влетающий в атмосферу Земли). За собой движущееся тело оставляет шлейф, который называют либо "ближним", либо "дальним" следом, в зависимости от приближенности его к телу. Внутренними называются течения в

соплах, каналах, резервуарах, ограниченных стенками. При этом вытекающие из этих аппаратов потоки называются струями.

Любое из этих видов течения является, как правило, турбулентным, так как содержит в качестве составляющих поступательное, вихревое и закрученное движения. Ламинарное, послойное течение является частным случаем турбулентного и в чистом виде встречается реже, как правило, в идеализированных, вялотекущих процессах, протекающих при низких скоростях (обтекание сферы, плоскости).

Разговор пойдет о внешнем обтекании различных тел, об обтекании тел условно простой и сложной формы, вообще о турбулентности сложных форм, поскольку даже обтекание тел простых форм приводит к сложным течениям.

Простыми считаются формы, обладающие максимальной симметрией. Самую большую степень симметрии имеет сфера - в этом случае говорят о сферической симметрии. Далее "в порядке убывания" можно вести речь об осевой симметрии (осесимметричное течение в сопле), плоской или зеркальной симметрии, циклической симметрии (лопатка и сектор в турбине), модульной симметрии (элемент теплового аккумулятора для солнечной энергодвигательной установки).

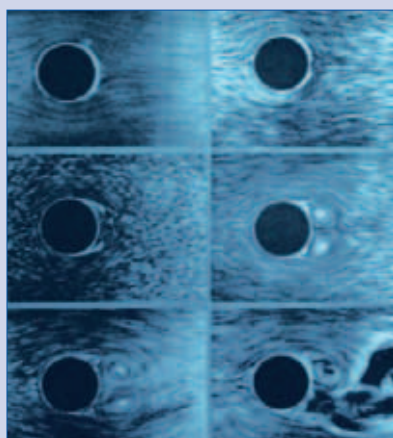
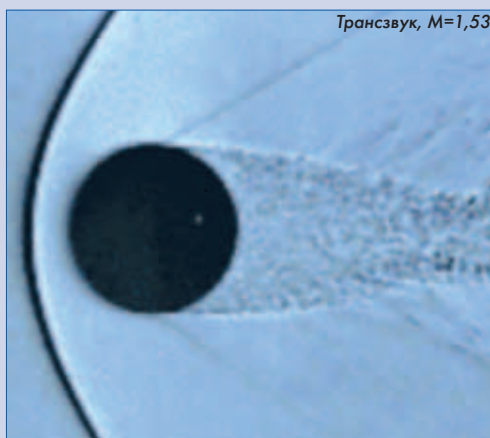
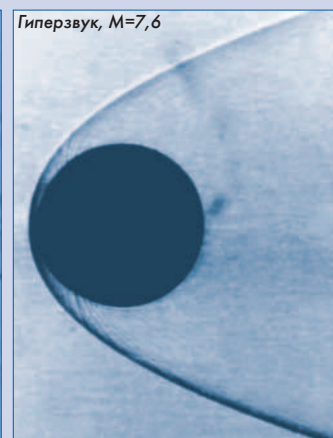


Рис. 1. Обтекание цилиндра



Транззвук, $M=1,53$



Гиперзвук, $M=7,6$

Рис. 2. Обтекание шара

Не всегда рационально придавать аппаратам и движущимся объектам простую форму, чаще их стараются сделать максимально обтекаемыми, то есть обладающими наименьшим гидравлическим или аэродинамическим сопротивлением. При этом вопросы симметрии играют главенствующую роль. Вопросы обтекания правильнее всего начинать изучать на сфере, но возникающие при ее обтекании пространственные течения не всегда удается зафиксировать на фото- или видеопленку. Поэтому прибегают к исследованию обтекания цилиндра дозвуковым потоком сжимаемой жидкости (газа), то есть потоком со скоростями, не превышающими скорость ударной волны давления или скорости распространения звука. Дозвуковое обтекание происходит при различных скоростях или, правильнее сказать, при различных режимах течения. При этом гидро- и газодинамика режима течения характеризуется специальным критерием Re , носящим имя знаменитого английского исследователя Осборна Рейнольдса. Этот критерий представляет собой отношение инерционных сил давления $p = \rho u^2/2$ (здесь ρ - плотность, u - скорость) к силам вязкого трения жидкости или газа вблизи обтекаемого тела: $\tau = \mu u/d$ (μ - вязкость, d - диаметр цилиндра). Превышение некоторого значения критерия Re сигнализирует о переходе к развитому турбулентному режиму течения. На рис. 1 видны различные стадии турбулентного течения. Начальная стадия - ламинарное течение. Это течение еще называют даламберовским. Великий математик и гидродинамик Даламбер, исследуя обтекание цилиндра, установил интересный факт (парадокс Даламбера): тело, двигаясь поступательно, прямолинейно и равномерно в жидкости, может не испытывать сопротивления с ее стороны! Реально это возможно только при весьма малых числах Рейнольдса. Уже при небольшом увеличении Re за цилиндром возникает донная область с разрежением. Линии тока в кормовой (донной) части начинают деформироваться, а разница давлений в носовой и кормовой частях увеличивается. Растет сопротивление потока. Далее с увеличением числа Рейнольдса за цилиндром начинают образовываться вихри, вращающиеся навстречу друг другу. С ростом Re их размеры и интенсивность вращения увеличиваются, а сопротивление потока растет. При достижении определенного режима течения в виде парных цилиндрических вихрей за обтекаемым цилиндром становится неустойчивым, и любая флуктуация приводит к появлению поперечной силы. В связи с этим вихри начинают "обходить" друг друга, располагаясь в шахматном порядке. Формируется новый устойчивый режим турбулентного течения, которое в литературе называется "дорожкой Кармана". Этот режим носит имя величайшего гидро- и газодинамика прошлого столетия Теодора Кармана.

Если дальше увеличивать число Рейнольдса (например, увеличивая скорость тела или потока), то за цилиндром можно получить развитую полномасштабную турбулентность, распространяющуюся в виде следа, сведения о тонкой структуре которого в литературе практически отсутствуют. В этой области возникают существенные пространственные течения. Выразаясь математическим языком - трехмерные течения, то есть зависящие от трех координат. И ситуация приходит к той, которая возникает при обтекании сферы. Может сложиться впечатление, что на этом все и за-

кончено. Что нового качества, как скорость не увеличивай, мы не получим. На самом деле все происходит не так. С увеличением скорости обтекания, а значит с ростом числа Рейнольдса, мы все ближе подходим к скорости звука и, достигая ее, получаем предельное значения числа Рейнольдса для данного размера цилиндра. И тут возникает необходимость в новом критерии, определяющем режим течения. Этот критерий должен показывать во сколько раз упорядоченный поток, обтекающий цилиндр в определенном направлении, больше скорости распространения ударной волны в газообразной или жидкой среде.

Из кинетической теории газов следует, что скорость распространения звука совпадает с тепловой скоростью движения молекул. Поэтому процесс распространения звуковой волны представляется как непосредственное передвижение молекул из области сгущения в область разрежения. Происходит обмен скоростями и "передача эстафеты" от одних молекул к другим. Другими словами, необходим критерий, определяющий степень отличия направленного потока газа от хаотического теплового движения молекул. Такой критерий в честь известного австрийского ученого назван числом Маха: $M = u/a$, где u - все та же скорость потока, a - скорость звука или приблизительно скорость теплового движения. Понятно, что при достижении потоком скорости звука число Маха равно единице, а если оно больше единицы, то поток считается сверхзвуковым. Другой критерий, характеризующий сверхзвуковой поток, - это так называемый скоростной коэффициент $\lambda = u/a_{кр}$. Здесь $a_{кр}$ - это та же скорость звука в газе, но взятая при условии $M = 1$. Зачем потребовалось столько критериев - мы поймем дальше, а сейчас посмотрим, что происходит при обтекании того же самого цилиндра, но уже сверхзвуковым потоком (рис. 2). Видно, что цилиндр вдруг как бы "закрылся зонтиком от дождя". На фотографиях появилась четкая тонкая граница, похожая на параболу, а сам цилиндр находится в фокусе этой параболы. Что же это за штуки такие? Откуда взялся "зонтик"? Все очень просто. Образовалась ударная волна. Она скачкообразно разделила поток на сверхзвуковой и дозвуковой. Мы то полагали, что цилиндр обтекается сверхзвуковым потоком, а он по-прежнему обтекается дозвуковым. И, более того, чем больше число Маха (а значит и λ) сверхзвукового потока, тем меньше скорость (числа M и λ) дозвукового потока: $\lambda_{дозв} = 1/\lambda_{св.зв.}$

Дальше следует в обратном порядке рассмотреть картинки при различных числах Маха на рис. 2. Ближний след с увеличением числа Маха набегающего потока постепенно приближается к ламинарному.

Таким образом, самая "бурлящая" турбулентность сосредоточена в области чисел Маха, близких к единице и чисел Рейнольдса, максимальных для данного размера обтекаемого тела. Если число Рейнольдса отнест к его максимальному значению, то тогда и отношение $Re/Re_{кр}$ также будет равно единице. Следует высказать одну очень важную мысль. Переход от сверхзвукового течения к дозвуковому может осуществляться только в случае "прямой" ударной волны, когда преграда расположена строго перпендикулярно по отношению к сверхзвуковому потоку. Если она расположена под углом, либо обтекается конус или хорошо обтекаемое тело, то образуется так называемый "косой скачок уплотнения". Проходя через него, поток остается сверхзвуковым, поэтому снижение скорости можно осуществлять постепенно, регулируя угол наклона. Вероятно, первая фото-

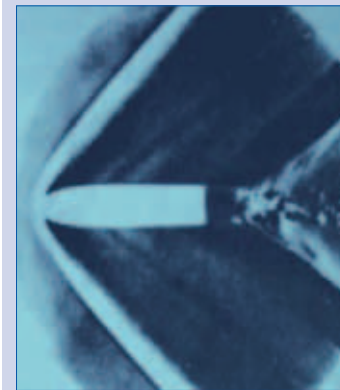


Рис. 3

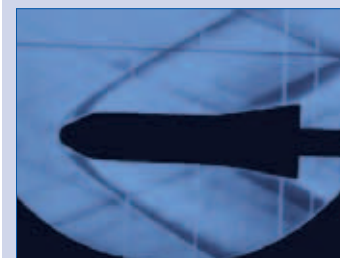


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

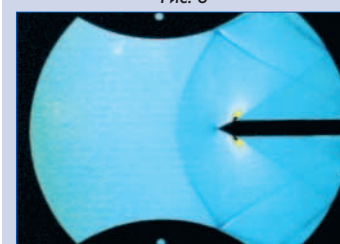


Рис. 7

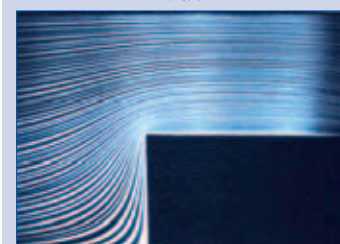


Рис. 8



Рис. 9

АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ - особая симметрия физической системы, состоящая в том, что изменение масштабов независимых переменных, описывающих системы, может быть скомпенсировано преобразованием подобия других динамических переменных. Автомоделльность присуща многим физическим системам и существенно упрощает описание явлений в этих системах (напр., в аэромеханике и физике элементарных частиц).

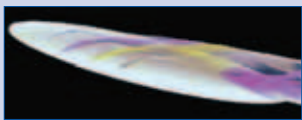


Рис. 10

ШЛИРЕН-МЕТОД, или **МЕТОД ТЕПЛЕРА** предложен немецким ученым А. Теплером в 1867 г. Метод обнаружения оптических неоднородностей в прозрачных преломляющих средах и дефектов отражающих поверхностей. Применяется для исследования качества зеркал и других оптических деталей, при исследовании распределения плотности воздушных потоков, образующихся при обтекании моделей в аэродинамических трубах и др. В Шлирен-методе пучок лучей от точечного или щелевого источника света, линзой или системой линз и зеркал направляется через исследуемый объект и фокусируется на непрозрачной ширме с острой кромкой (на так называемый "нож Фуко"), так что изображение источника проектируется на самом краю ширмы. Если в исследуемом объекте нет оптических неоднородностей, то все лучи задерживаются ширмой. При наличии оптических неоднородности лучи будут рассеиваться ею и часть их, отклонившись, пройдет выше края ширмы. Поставив за ширмой проекционный объектив, можно спроектировать на экран эти лучи и получить изображение тех неоднородностей, которые рассеивали лучи.

графия, зафиксировавшая сверхзвуковой поток, была сделана самим Эрнестом Махом. Ему удалось запечатлеть полет бронзовой пули в воздушной среде (рис. 3). Пуля имела хорошо обтекаемую форму в носовой части и цилиндрическую по длине. Были зафиксированы коническая ударная волна и мелкомасштабная турбулентность в кормовой части. Аналогичная картина была получена позднее для течения вблизи ракеты (рис. 4). Коническая носовая часть, скругленная у вершины, цилиндрический корпус и оперение позволили продемонстрировать на модели сложную картину обтекания сверхзвуковым потоком и исследовать сопротивление.

Оптимизация сверхзвуковых форм показала, что наиболее выгодными являются заостренные тела, и в зависимости от скорости набегающего потока угол заострения может существенно изменить общее сопротивление движущегося в среде аппарата (рис. 5). При больших значениях чисел Маха течение называется гиперзвуковым. В теории такое течение рассматривается как некое предельное, стремящееся к течению с $M \rightarrow \infty$. На самом деле его особые свойства проявляются при сравнительно умеренных числах Маха. Так, например, при числах Маха больше пяти обтекание сферы и конуса имеет автомоделльную зависимость коэффициента сопротивления s_x от скорости набегающего потока.

При обтекании гиперзвуковым потоком различных осесимметричных тел угол наклона фронта скачка близок к углу отклонения потока в скачке, поэтому слой уплотненного газа, расположенный между фронтом скачка и поверхностью тела, оказывается очень тонким. При этом течение в следе за телом становится практически ламинарным. На рис. 6 показано обтекание различных форм гиперзвуковым потоком. Видно, что течение весьма упорядочено, а линии скачков - тонкие.

Сверхзвуковое обтекание может существенно исказиться в случае, если тело находится не в условно бесконечном потоке, а в потоке, создаваемом сверхзвуковым соплом. Такой опыт представлен на рис. 7. На фотографии видно влияние стенок канала на картину обтекания заостренного клинообразного тела. Отраженные от стенок скачки уплотнения пересекаются с отраженными от тела ударными волнами. При определенных условиях такого обтекания возникает "висячая" (в потоке) ударная волна.

Приведенные картины сверх- и гиперзвукового обтекания тел показывают, что это течения весьма упорядоченные. Линии тока и линии скачков уплотнений либо прямые, либо имеют правильные очертания. В сверхзвуковом течении турбулентность отсутствует. Вихревые течения, кручение потока, а также любое

пересечение линий тока неизбежно приводят к возникновению ударных волн и скачков уплотнения.

Рассмотренные выше случаи обтекания круглого цилиндра и случаи сверхзвукового течения являются наиболее простыми с точки зрения турбулентности. Более сложные случаи - это случай дозвукового обтекания несимметричных тел и несимметричного обтекания симметричных тел. Обтекание макета ангара (рис. 8) - типичный случай обтекания несимметричного тела, а обтекание симметричного профиля крыла самолета (рис. 9), находящегося под некоторым углом к набегающему потоку (углом атаки) - типичный случай несимметричного обтекания. На последних фотографиях, сделанных шлирен-методом, четко проявились линии тока. Очевидно, что в обоих случаях течение ламинарное, поскольку отсутствуют пересекающиеся линии, области обратных токов и вращения. По гущению линий тока можно судить об ускорении потока.

Трехмерное обтекание осесимметричного эллипсоида под углом атаки можно наблюдать при помощи разноцветных красок, подаваемых из специальных отверстий на поверхность тела. На рис. 10 представлено типичное турбулентное течение с поступательным и вращательным движением частиц газа. Пересекающиеся линии тока позволяют представить сложную пространственную структуру. Авторам фотографий удалось зафиксировать уникальный момент обтекания этого тела со стороны кормовой части (рис. 11). Можно по-хорошему позавидовать такому везению экспериментаторов, нашедших еще одну устойчивую форму турбулентного течения и положивших ее в общую бесценную копилку знаний.

Еще большую сложность турбулентного течения демонстрирует замечательная фотография, иллюстрирующая картину обтекания вращающегося пропеллера (рис. 12). В ближнем следе зафиксирована циклическая картина на периферийной и внутренней частях винта самолета. Центральная донная часть заполнена течением с мелкомасштабной турбулентностью, а внутри кольцевой части между циклическими структурами расположена зона прямолинейного поступательного движения воздуха.

Приведенные фотографии говорят о том, что внешне кажущееся хаотическим турбулентное течение является весьма упорядоченным периодическим течением, представляющим собой яркий пример волнового движения. Исследование турбулентности сложных форм необходимо как для общего понимания сложной структуры течения, так и для получения интегральных характеристик движения аппаратов в различных средах.

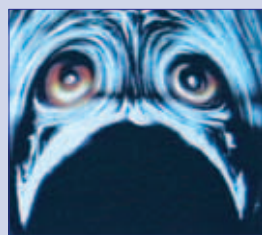


Рис. 11. Вверху - обтекание кормовой части эллипсоида; справа - фото совы. Не правда ли, похоже?

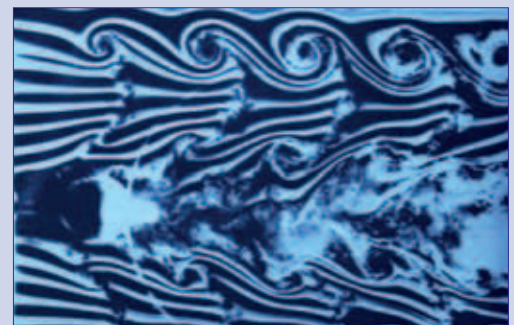


Рис. 12

КРОКУС ЭКСПО

Международный выставочный центр

CROCUS EXPO

International Exhibition Center



РОСАВИАЭКСПО

7 – 10 февраля 2006 года

7 – 10 february 2006

3-я Международная
специализированная
выставка гражданской
авиации

РосАвиаЭкспо

**3-d International
Specialized Exhibition
RosAviaExpo**

МВЦ «Крокус Экспо», 65 - 66 км Московской
кольцевой автомобильной дороги
Тел./факс: +7 (095) 727-25-82
E-mail: skr@crocus-off.ru
<http://www.rosaviaexpo.ru>, <http://www.crocus-expo.ru>

IEC "Crocus Expo", 65-66 km. of Moscow City Ring
Tel./fax:+7(095) 727-25-82
E-mail: skr@crocus-off.ru
<http://www.rosaviaexpo.ru>, <http://www.crocus-expo.ru>

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ К ТОПЛИВУ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРИСАДОК

НПО Энергомаш: **Владимир Чванов, Игорь Фатуев, Валерий Гапонов, Леонид Стернин**

Из 54 успешных запусков ракет, осуществленных в мире в 2004 г., Российская Федерация произвела 23, что составляет 42,6 %: пока Россия является мировым лидером по обеспечению доставки полезных грузов на орбиту. Но... В основном нами используются старые ракеты – "Союз" (40 %) и "Протон" (35 %). Запас технических мероприятий по модернизации этих носителей-ветеранов практически иссяк. Проведение НИР и НИОКР, связанных с совершенствованием средств выведения в целом и двигателей в частности, требует огромных инвестиций. В НПО Энергомаш предложен новый мало-затратный способ улучшения основных технических и энергомассовых характеристик эксплуатируемых ЖРД.

Введение

Общее состояние в сфере запусков космических аппаратов в ближний и дальний космос определяется интересами имеющих доступ в космическое пространство стран в области обороны, науки, экологии, метеорологии, спутниковой связи и др. Присутствие в космическом пространстве имеет стратегическое значение, поэтому неудивительно, что в последние годы появились новые страны, которые создали у себя космические отрасли промышленности и успешно развивают собственные космические программы. В первую очередь, это - Китай и Индия. Все более настойчивые попытки в этой области предпринимают Южная Корея, Япония, Бразилия, Израиль. Таким образом, мировой парк средств выведения растет. Вместе с тем, существенного увеличения общего количества запусков РН, эксперты не прогнозируют. Это во многом объясняется тем, что современные КА становятся все более долгоживущими, способными выполнять свои задачи в течение многих лет, а осуществление любой космической программы остается весьма дорогостоящим делом. К сожалению, пока не удается существенно снизить стоимость вывода на орбиту единицы массы полезного груза. Как отмечается в одной из публикаций "современное состояние мирового космического рынка характеризуется избытком предлагаемых РН при ограниченном спросе на пусковые услуги". В связи с этим среди подрядчиков усиливается конкурентная борьба за заказы на запуски КА. Одним из инструментов в этой борьбе является недорогая модернизация эксплуатируемых носителей с целью повышения их эффективности.

Энергомассовая эффективность ЖРД определяется уровнем его основных (тяга, удельный импульс) и габаритно-массовых параметров. Эти параметры, в свою очередь, определяют проектно-баллистические параметры и габаритно-массовые характеристики ракеты-носителя. Для повышения энергомассовых характеристик двигателя требуется повышать энергонапряженность его агрегатов, в том числе ТНА. Появляется противоречие: с одной стороны, повышение энергонапряженности необходимо для увеличения удельных параметров ЖРД, с другой стороны - снижение энергонапряженности обеспечивает ресурс и надежность носителя. Разрешение этого противоречия, как будет показано ниже, можно достичь путем одновременного снижения потерь давления в гидравлических трактах двигателя, повышения к.п.д. насосов и турбин, а также улучшения кавитационных характеристик агрегатов подачи топлива.

Проблемы совершенствования насосов ТНА ЖРД и снижения гидравлических потерь в трактах

Энергонапряженность ТНА можно характеризовать его потребной удельной мощностью (мощностью, отнесенной к массе ТНА), которая уменьшается, если увеличивать к.п.д. и уменьшать потребный напор насосов. В ЖРД, работающих по схеме с дожиганием турбогаза в камере сгорания, снижение потребной мощности ТНА не влияет на удельный импульс, но при фиксированном давлении в камере сгорания позволяет уменьшить необходимые давление и температуру на входе в турбину. Это увеличивает надежность и снижает массу ТНА. В двигателях, работающих по схеме с автономной турбиной, снижение потребной мощности ТНА уменьшает расход газа через турбину, и, следовательно, запас рабочего тела турбины на борту РН. Тем самым, можно увеличить массу полезного груза ракеты-носителя, в том числе благодаря некоторому повышению удельного импульса ЖРД.

Рассмотрим составляющие мощности агрегата подачи ЖРД на примере насоса горючего, подающего компонент в камеру сгорания двигателя (схема с дожиганием окислительного турбогаза). Мощность насоса

$$N = (P_{\text{вых II}} - P_{\text{вх II}}) \dot{m}_H / \rho \cdot \eta_{\text{II}}$$

где в числителе стоит произведение напора, создаваемого насосом, на массовый расход через него, а в знаменателе - произведение плотности горючего на к.п.д. насоса. Потребное давление на выходе из насоса определяется давлением в камере сгорания и потерями давления в магистрали от выхода из насоса до входа в камеру сгорания

$P_{\text{вых II}} = P_{\text{I}} + \Delta P_{\text{гид}}$. Последние состоят из потерь из-за трения в тракте регенеративного охлаждения камеры и местных потерь различного характера $\Delta P_{\text{гид}} = \Delta P_{\text{рег}} + \Delta P_{\text{мест}}$. Гидросопротивление тракта регенеративного охлаждения камеры $\Delta P_{\text{рег}}$ составляет довольно большую величину. Например, в двигателях схемы с дожиганием окислительного турбогаза разработки НПО Энергомаш на топливе кислород-керосин величина гидropотерь $\Delta P_{\text{рег}}$ составляет около 30 % и более от напора насоса.

Практически во всех схемах ЖРД для обеспечения бескавитационной работы основных насосов, применяются бустерные насосные агрегаты (БНА). Привод турбины БНА обычно осуществляется с помощью расхода жидкости высокого давления $\dot{m}_{\text{БНА}}$, отбираемой после основного насоса, т.е. $\dot{m}_{\text{БНА}} = \dot{m}_{\text{I}} + \dot{m}_{\text{БНА}}$, где расход компонента через камеру сгорания. Это определяет дополнительную долю мощности основного насоса, связанную с приводом

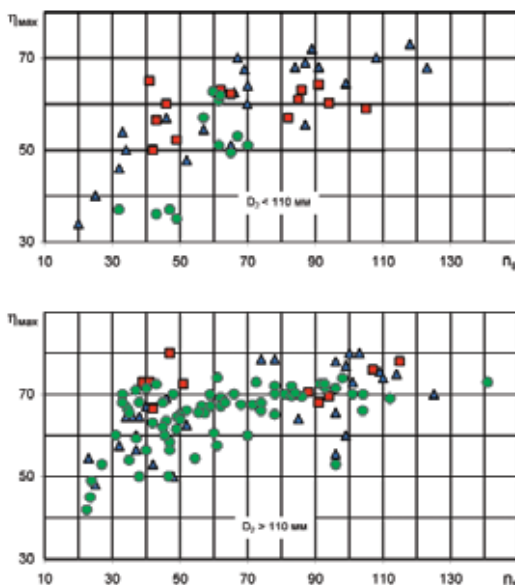


Рис. 1

БНА, в современных ЖРД составляющую около 7 %. Мощность БНА, в первую очередь, определяется уровнем антикавитационных качеств основного насоса, а также экономичностью и антикавитационными качествами самого БНА. Таким образом, потребная мощность ТНА ЖРД определяется:

- совершенством (низкими гидравлическими потерями) гидравлических трактов топливных магистралей и тракта регенеративного охлаждения камеры;

- экономичностью насосов ТНА и БНА;

- уровнем антикавитационных качеств насосов ТНА и БНА.

Снижение той доли гидравлических потерь в ЖРД, которая определяется потерями из-за трения, означает снижение коэффициента потерь из-за трения λ , зависящего от числа Рейнольдса в тракте и шероховатости поверхностей гидравлических трактов. Технология изготовления материальной части на предприятиях аэрокосмической отрасли достаточно высока. Для условий течения жидкости в трактах ЖРД такие поверхности являются гидравлически гладкими. Следовательно, возможностей снижения коэффициента λ традиционными путями нет.

Достигнутый к настоящему времени уровень к.п.д. в насосах агрегатов подачи ЖРД достаточно высок. Свидетельством этому служит рис. 1, где достигнутый к.п.д. некоторых насосов ТНА отечественных ЖРД представлен в виде зависимости от коэффициента быстроходности n_s . Что касается повышения антикавитационных качеств, то в одних случаях это приводит к уменьшению к.п.д. и увеличению массы насосов; в других же случаях требуется усложнение конструкции насосного агрегата, что тоже может приводить к увеличению его массы.

На современном этапе дальнейшего улучшения экономичности и кавитационных характеристик насосов ЖРД является весьма затратной задачей. Добиться успехов в этой области при создании насосов БНА и ТНА можно при условии широкого применения новейших вычислительных методов расчета трехмерных потоков жидкости и экспериментальной отработки насосов на модельных и натурных установках. При этом сложность и затраты при разработке нового насоса пропорциональны уровню к.п.д. и кавитационных параметров, достигнутых на настоящий момент. Такие работы, конечно, введутся в ряде организаций, в том числе и в НПО Энергомаш, но это не исключает и использования других путей, ведущих к эффективному повышению рассмотренных выше характеристик.

Использование эффекта Томса

В сложившейся ситуации особый интерес представляет собой эффект, сопровождающий течение сильно разбавленных (10^{-3} ... 10^{-2} % по массе) растворов высокомолекулярных полимеров (ВМП). Основной особенностью такого потока является аномально низкое гидравлическое сопротивление трения при турбулентном режиме течения. Это явление, по имени его открывателя (1948 г.), носит название "эффекта Томса". Многочисленные исследования показали, что величина снижения гидросопротивления зависит от концентрации полимера в растворе, характеристик потока и ограничивающих его стенок, свойств полимера, растворителя и может достигать в трубах 80 %. При работе лопастных насосов на жидкости с растворенными ВМП происходит возрастание напора и к.п.д. Заметно улучшаются кавитационные характеристики насосов и снижается кавитационная эрозия.

Природа этого явления заключается в воздействии растворенных молекул полимера на структуру турбулентного течения в пристенной зоне между ламинарным подслоем и зоной с логарифмическим распределением скорости. Развернутые и ориентированные по потоку молекулярные цепи полимера препятствуют поперечному переносу. При этом происходит диссипация энергии поперечных струй, что обуславливает снижение турбулентного трения.

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты измерений коэффициента сопротивления трения λ в зависимости от числа Рей-

нольдса, полученные при проливках на специальной установке НПО Энергомаш участка стального трубопровода диаметром 4,2 мм, длиной 800 мм на керосине с присадкой высокомолекулярного полиизобутилена (ПИБ). Этот диаметр близок к величинам гидравлических диаметров трактов регенеративного охлаждения камер существующих ЖРД.

Использование ВМП в качестве присадки в компоненте ракетного топлива приводит к уменьшению гидравлических потерь в трактах двигателя, в том числе в агрегатах подачи, и в тракте регенеративного охлаждения камеры. Кроме того, в насосах, при работе с полимерной присадкой, как отмечалось выше, улучшаются кавитационные характеристики и снижается интенсивность кавитационной эрозии.

Напомним, что растворенные молекулы полимера уменьшают турбулентное трение, которое в жидкости имеет место всегда. Поэтому полимерная присадка позволяет добиться дополнительного снижения гидротерь в трактах ЖРД любой степени совершенства.

Все это в совокупности позволяет для двигателей с дожиганием турбогаза:

- либо уменьшить потребную мощность насосов и, соответственно, потребную мощность турбины ТНА, что дает возможность понизить температуру генераторного газа на входе в турбину при номинальном значении тяги двигателя и, тем самым, повысить стойкость к возгоранию в газовом тракте, улучшить напряженно-деформированное состояние конструкции и, как следствие, повысить ресурс и надежность двигателя в целом;

- либо, сохраняя номинальную температуру генераторного газа, можно увеличить давление в камере сгорания, т.е. форсировать двигатель по тяге, что обуславливает увеличение массы полезного груза, выводимого носителем.

В двигателях без дожигания генераторного газа уменьшение потребной мощности ТНА позволяет уменьшить запас рабочего тела на привод турбины и несколько увеличить удельный импульс двигателя. В конечном счете, это существенно увеличивает массу полезного груза, выводимого носителем.

Результаты испытаний

В НПО Энергомаш была разработана и реализована крупномасштабная программа экспериментальных исследований влияния полимерной присадки в ракетном горючем типа керосина на характеристики агрегатов ЖРД, включающая автономные испытания отдельных агрегатов ЖРД и серию огневых испытаний самого мощного ЖРД в мире - двигателя РД170 разработки НПО Энергомаш. В качестве присадки, после предварительных экспериментов, был выбран высокомолекулярный полиизобутилен российского производства. Как продукт, ПИБ относится к синтетическим каучукам, не токсичен, его производство хорошо освоено, стоимость, как и потребляется для наших целей количество, - ничтожно малы.

Суммарное время работы двигателя с присадкой ПИБ в горючем составило 377 секунд. Положительный эффект в агрегатах подачи и в тракте регенеративного охлаждения камер двигателя оказался, сверх оптимистических ожиданий, настолько большим, что

позволяет рассматривать применение полимерной присадки в компонентах ракетного топлива как новый малозатратный способ улучшения основных технических и энергомассовых характеристик эксплуатируемых ЖРД.

Ниже приведены величины прироста параметров агрегатов двигателя РД170, вызванные присутствием ПИБ в горючем, в процентах от их номинальных значений:

- приведенный напор бустерного насоса - 12,7 %,
- напор первой ступени основного насоса - 6,5 %,
- суммарный к.п.д. первой ступени основного насоса - 13,5 %,
- напор второй ступени основного насоса - 12,5 %,

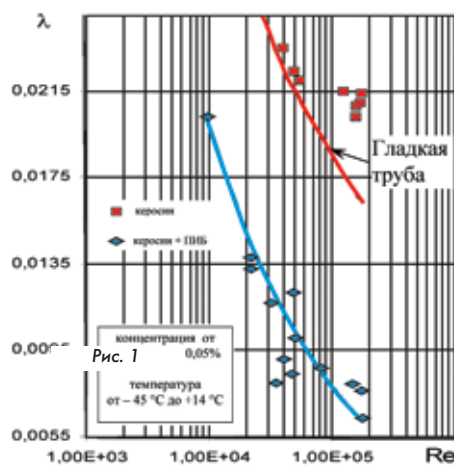


Рис. 2

- гидропотери в тракте регенеративного охлаждения камеры - минус 19,5 %.

В процессе выполнения программы исследований по этой теме были рассмотрены и изучены проблемы, возникающие в связи с внедрением модифицированного компонента ракетного топлива. Главное место среди этих проблем занимают вопросы химической стабильности горючего с присадкой при течении по трактам ДУ, а также вопросы влияния присадки на охлаждающую способность, качество распыления через форсунки, смешения, воспламенения и горения. Термодинамические расчеты и анализ всего объема полученного экспериментального материала с учетом явления деструкции макромолекул полимера под воздействием различных внешних факторов позволили сделать следующие предварительные выводы. Присутствие ПИБ в керосине не оказывает отрицательного влияния на термодинамику топлива и на рабочие процессы в камере сгорания. При течи по гидравлическому тракту двигателя присадка улучшает гидравлические характеристики агрегатов подачи и снижает гидросопротивление в магистралях. При этом имеет место механическая и термическая деструкция макромолекул полимера, которая играет существенно положительную роль: пройдя весь гидравлический тракт, горючее с присадкой восстанавливает свойства чистого керосина. Следовательно, влияние на качество распыла и другие процессы в камере сгорания не имеет места, что подтверждает факт отсутствия замечаний в работе двигателя. В частности не обнаружено увеличения уровня пульсаций давления в камере сгорания и вибраций камеры при работе двигателя РД170 с присадкой ПИБ.

Экспериментально доказана термодинамическая стабильность растворов ПИБ в керосине в течение, по крайней мере, 3,5 месяцев при многократном изменении температуры в течение этого времени от +25 до -50 °С. Кроме этого, установлено, что в этом диапазоне температур присадка ПИБ не ухудшает стандартизованных показателей качества керосина.

Процесс растворения высокомолекулярных полимеров в керосине происходит медленно, через стадию набухания. Поэтому получение раствора ПИБ в горючем для использования в огневых испытаниях проводилось через стадию получения концентрированного раствора (1...2 %) в специально сконструированной установке. Далее необходимое количество концентрированного раствора методом выдавливания подавалось в расходные баки. Равномерность распределения ПИБ в баке достигалась барботированием всей массы жидкости газобразным азотом. Контроль количества растворенной присадки осуществляется измерением вязкости раствора. Вероятно, что такая технология наиболее целесообразна при подготовке пуска РН. Возможна следующая этапность эксплуатации:

- ПИБ, как продукт, хранится на складе;
- концентрированный раствор горючего готовится в месте заправки РН;
- концентрированный раствор вносится в горючее на стартовой позиции непосредственно при подготовке РН к пуску.

Оценка положительного эффекта в РН

Очевидно, что максимальное снижение мощности ТНА можно получить, если добавлять полимерную присадку в оба компонента топлива. Однако пока не имеется сведений о возможности существования разбавленных полимерных растворов в криогенных жидкостях таких, например, как жидкий кислород. Поэтому в практическом плане максимальное снижение мощности ТНА с помощью полимерных присадок можно получить, когда оба компонента топлива являются высококипящими. Среди средств выведения, маршевые двигатели которых работают на высококипящих компонентах АТ и НДМГ, можно назвать РН "Протон", "Циклон", "Космос", "Днепр" (Россия), "CZ" (Китай), "GSLV" (Индия). Известны экспериментальные работы на автономных установках по влиянию полимерной присадки в этих компонентах топлива на энергетическую эффективность ТНА и эффективность регенеративного охлаждения камеры ЖРД. Результаты этих испытаний весьма обнадеживают. Например, с помощью полимерной присадки в АТ и НДМГ

удалось снизить мощность ТНА ЖРД на 11 %. К сожалению, дальше автономных испытаний этих агрегатов дело не пошло.

Расчетный анализ эффективности применения полимерной присадки ПИБ в РН с кислородно-керосиновыми двигателями показывает следующее. Использование ПИБ в РН "Союз", с помощью которой осуществляется приблизительно 40 % запусков в Российской Федерации, позволяет увеличить массу полезного груза из-за экономии на борту РН запаса рабочего тела на привод турбин ТНА маршевых двигателей. Экономия пероксида водорода (первая и вторая ступени) составляет приблизительно 450 кг. Экономия компонентов топлива двигателя третьей ступени составляет приблизительно 76 кг. Для оценки возможного увеличения массы полезного груза РН "Союз" за счет использования присадки ПИБ необходимы специальные расчеты с использованием соответствующих баллистических производных.

Наличие ПИБ в горючем позволяет выбрать режимы работы маршевых двигателей РН "Зенит" с уменьшенными значениями температуры генераторного газа на входе в турбину ТНА и скорости вращения вала ТНА, что повышает их ресурс и надежность. Двигатели будут обеспечивать номинальные параметры при значении температуры на входе в турбину примерно на 7 % меньшей номинальной и при значении скорости вращения ротора ТНА примерно на 1 % меньше номинальной. Использование горючего с присадкой ПИБ в РН "Зенит" позволит увеличить массу полезного груза, выводимого на переходную к геостационарной орбиту, на 1,8 % без увеличения скорости вращения ротора ТНА и на 17 % без изменения температуры газа на входе в турбину ТНА маршевых двигателей, если в последнем случае имеется возможность их форсирования на 10 %.

Вышеприведенное относится к случаю использования полимерной присадки в эксплуатируемых двигателях. Расчетная оценка показывает, что еще больший положительный эффект можно получить, если использовать ЖРД, специально спроектированный для работы с полимерной присадкой. В этом случае дополнительный выигрыш получается из-за возможности повышения давления в камере сгорания и соответствующего поджатия критического сечения сопла, а также меньших габаритов и массы агрегатов подачи.

Заключение

1. Экспериментально исследовано влияние растворимых, весьма малых добавок в жидкое ракетное топливо высокомолекулярных полимеров на характеристики ЖРД и ракет-носителей. Эта работа возникла на базе известного эффекта Томса (1948 г.), выражающегося в существенном (до 80 %) снижении гидравлического сопротивления в трубах при турбулентном течении жидкостей и наличии в жидкостях вытянутых по потоку длинных полимерных молекул.
2. Исследования проводились при автономных проливках агрегатов и при огневых испытаниях мощного ЖРД (РД170). Результаты испытаний превзошли оптимистические прогнозы и свидетельствуют о перспективности использования экологически чистой и дешевой полимерной добавки ПИБ (типа каучука) к ракетному топливу для заметного улучшения характеристик эксплуатируемых и разрабатываемых ракет-носителей. Усложнение эксплуатации связано с добавкой в баки РН небольшого количества концентрированного раствора ПИБ в горючем и с последующим барботированием азотом для перемешивания.
3. В результате испытаний получено уменьшение сопротивления гидравлического тракта охлаждения камеры, повышение к.п.д. насосов и улучшение их кавитационных характеристик. Это позволяет для двигателей с дожиганием турбогаза в камере либо заметно повысить ресурс и надежность двигателя, либо увеличить давление в камере сгорания и тягу двигателя и, следовательно, полезную нагрузку. Для двигателя без дожигания турбогаза вследствие снижения мощности турбины уменьшается расход рабочего тела через турбину и его запас на борту РН, что в конечном счете приведет к росту полезной нагрузки.
4. Оценки, представленные выше, свидетельствуют о возможности увеличения массы полезной нагрузки эксплуатируемых ракет-носителей без заметных затрат. Для вновь создающихся ЖРД повышение давления в камере сгорания может существенно увеличить удельный импульс при поджатии критического сечения сопла, что даст еще большее увеличение полезной нагрузки.



О "НЕМЕЦКОМ СЛЕДЕ" В ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ

Вячеслав Рахманин,

главный специалист НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко

((Окончание. Начало в № 1, 2, 3, 4 - 2005))

Воспроизведенная на советских заводах под индексом 8А11 или Р-1 ракета А-4 была принята на вооружение Советской Армии постановлением Совмина СССР от 25.11.1950 г. Указывая на промышленное воспроизводство ракеты А-4, следует еще раз обратить внимание на то, что в серийном варианте в конструкцию и технологию изготовления 8А11 был внесен ряд изменений, сделавших ракету более надежной по сравнению с ее немецким прототипом. Напомним, что изготавливавшиеся в Германии во время войны ракеты А-4 имели большое количество конструкторских недоработок и производственных дефектов, приводивших к аварийным исходам пусков ракет, как на стартовой позиции, так и в процессе полета к цели. Об этом нашим специалистом стало известно еще в 1945 г., когда они начали знакомиться с трофейной техникой в Германии. Позднее, в 1947 г. в "Заметках по трофейной технике" С.П. Королев писал, что *"ракета А-4 не была доведена немцами до того уровня совершенства, который требуется от образца, находящегося на вооружении"*.

Понимали это и немецкие конструкторы и вели расчетно-экспериментальные работы, связанные с дальнейшим совершенствованием ракет А-4. Часть этих материалов попала к нашим специалистам, и они постарались в полной мере воспользоваться опытом недавних противников наряду с собственными научно-техническими знаниями в ракетной технике при создании новой ракеты. Так, в представлении С.П. Королева у этой ракеты должны быть несущие топливные баки и отделяемая головная часть. Ревизия конструкции двигателя А-4, проведенная В.П. Глушко, показала возможность его форсирования по тяге без существенного изменения конструкции. Это подтвердилось, во-первых, найденным немецким техническим отчетом, во-вторых, произведенными расчетами в институте "Нордхаузен" с участием немецких специалистов и, в-третьих, экспериментальными пусками двигателей А-4 на стенде в Леестене на форсированных режимах, в ходе которых тяга доводилась до 32 тс.

Однако приступить к реализации плана создания новой ракеты помешали форс-мажорные обстоятельства. "Непреодолимой силой" стало появление правительственного постановления от 13.05.1946 г. о воспроизводстве точной копии ракеты А-4. И все же, от своей идеи создания на базе ракеты А-4 более совершенного варианта ни С.П. Королев, ни В.П. Глушко не отказались. В инициативном порядке, поддержанном руководством министерств вооружения и обороны, оба главных конструктора вели разработку эскизных проектов, и в апреле 1947 г. состоялась защита эскизного проекта ракеты Р-2. После доработки по высказанным замечаниям эскизный проект Р-2 в конце 1947 г. был окончательно утвержден и стал основанием для выпуска 14 апреля 1948 г. постановления Совмина СССР о разработке баллистической ракеты Р-2 с дальностью полета 550...600 км.

Для получения такой дальности действия необходимо было иметь тягу не менее 37 тс, т.е. почти в 1,5 раза больше, чем у двигателя РД-100 ракеты Р-1. Уже отмечалось, что к этому времени был накоплен опыт форсирования двигателя А-4 по тяге до 32 тс без каких-либо изменений конструкции. Однако такое форсирование дви-

гателя приводило к существенному снижению его работоспособности и надежности - камера двигателя преждевременно прогорала. В связи с этим конструкторы ОКБ-456 ввели в двигатель ряд изменений, позволивших обеспечить как требуемую тягу и удельный импульс (37 тс и 210 кгс·с/кг у поверхности земли), так и надежность работы в пределах рабочего ресурса. К наиболее существенным изменениям следует отнести применение 92-процентного этилового спирта вместо 75-процентного в РД-100, увеличение давления в камере с 16 до 21 атм, повышение частоты вращения ротора ТНА, введение твердого катализатора для разложения перекиси водорода вместо жидкого, что привело к сокращению его массы с 14 кг до 3 кг, сокращение числа агрегатов автоматики с 26 до 20. Значительные изменения были внесены в конструкцию камеры сгорания. Для обеспечения ее работоспособности на повышенных режимах работы улучшили внутреннее охлаждение форкамер, внутренних стенок камеры и сопла. Вместо струйной подачи горючего впервые был введен более экономичный пояс пленочной завесы с тангенциальной закруткой пелены горючего. Уменьшение расхода горючего на внутреннее охлаждение камеры положительно сказалось на величине удельного импульса тяги двигателя. Еще одной новинкой в ракетном двигателестроении стало двухступенчатое отключение двигателя, обеспечившее повышение точности попадания в цель боевого заряда.

В марте 1948 г., еще до подписания правительственного постановления, конструкторы ОКБ-456 приступили к выпуску чертежной документации нового двигателя РД-101. К этим работам решили не привлекать немецких специалистов, находившихся в ОКБ. Однако немцы, мотивируя использованием при разработке РД-101 материалов, которые были получены с их участием в институте "Нордхаузен" в 1945-1946 гг., настоятельно высказывали желание о допуске их к разработке технической документации. Номинальный лидер группы немецких специалистов Освальд Путце по этому поводу дважды обращался к В.П. Глушко, но принятое решение об отстранении немцев осталось в силе.

Первое стендовое огневое испытание двигателя РД-101 состоялось 26 августа 1948 г. Наземная отработка двигателя продолжалась до сентября 1949 г., летные испытания в составе ракеты Р-2 начались 25 сентября 1949 г. и проводились в несколько этапов до середины 1952 г. Длительность летной отработки ракеты являлась следствием доводки в натуральных условиях многочисленных технических новинок, внесенных практически во все ракетные системы.

Так, в процессе летно-конструкторской отработки ракеты Р-2 были окончательно исключены случавшиеся в момент зажигания топлива в камере двигателя "хлопки", которые приводили к отключению двигателя. Этот дефект двигателя проявлялся еще при летной отработке двигателя РД-100 в составе ракеты Р-1 и потребовал достаточно долгого исследования причин его появления. В результате совместной работы двигателестроителей и разработчиков системы управления из ОКБ Н.А. Пилюгина было установлено, что в случае чрезмерно большого накопления топлива в камере в момент зажигания происходил импульсный рост давления. Это приводило к резкому

"вздрагиванию" конструкции двигателя и ложному формированию приборами системы управления команды на отключение двигателя. Для устранения этого дефекта двигателисты ввели жидкостное зажигательное устройство вместо пиротехнического зажигания, а прибористы повысили стойкость своих приборов к вибрационным нагрузкам. Кроме отработки работоспособности ракетных систем в процессе летно-конструкторских испытаний проводилось обучение армейских боевых расчетов навыкам подготовки и пусков ракет. В ноябре 1952 г. ракета Р-2 (по классификатору министерства обороны - 8Ж38) была принята на вооружение Советской Армии.

Создание ракеты Р-2 стало новым этапом в отечественном ракетостроении. Однако появление этого нового вида вооружения неоднозначно было воспринято в среде военачальников. Рядом боевых генералов, на основании негативного опыта применения ракет А-4 Германией, полностью отвергалась целесообразность использования в боевых операциях такого рода ракетного вооружения. Авиационные специалисты, как военные, так и гражданские, небезосновательно утверждали, что ракеты Р-1 и Р-2 с их ограниченной дальностью действия и большим разбросом точек падения боевых зарядов не выдерживали конкуренции с бомбардировочной авиацией.

Другая часть военных, положительно воспринявшая боевые ракеты дальнего действия в качестве нового вида наступательного оружия, указывала на недопустимо низкую боеготовность "кислородных" ракет. В период разработки двигателя РД-101 Главное артиллерийское управление (ГАУ) предложило ОКБ-456 разработать для Р-2 двигатель на высококипящих компонентах топлива длительного хранения, таких как азотная кислота и керосин. Предложение вызвало длительную переписку между ОКБ-456 и НИИ министерства обороны. Точку в этой полемике поставил В.П. Глушко, обстоятельно показав, что в случае применения предлагавшегося ГАУ топлива потребовались бы разработка совершенно другого ЖРД, новых транспортных средств для доставки компонентов топлива и создание другой технической инфраструктуры на стартовых позициях. В условиях послевоенной разрухи государству было не по силам осуществить такой резкий поворот в направлении развития ракетной техники. Признав правильность постановки военными вопроса о переводе боевых ракет на высококипящее топливо, руководство страны и отрасли приняло решение отодвинуть реализацию их предложений на более поздние сроки.

Увеличение дальности действия ракеты Р-2 вдвое по сравнению с немецкими ракетами А-4 и первыми советскими ракетами Р-1 на первый взгляд выглядело достаточно внушительно, однако на деле максимальная дальность в 600 км мало чего давала для стратегии ведения современной войны. В этой связи ракету Р-2 можно рассматривать только в качестве предварительного технического варианта, имевшего больше значение как демонстрация возможностей отечественных конструкторов, технологов и всей ракетной промышленности в деле разработки собственных образцов военной техники, пусть пока еще и с использованием иностранного прототипа.

Исходя из оборонной необходимости, советское правительство практически одновременно с началом работ по созданию ракеты Р-2 приняло постановление о разработке ракеты Р-3 дальностью действия 3000 км. Эта величина более чем в 10 раз превышала дальность действия ракеты А-4 и Р-1. Такая ракета,

стартуя с боевых позиций в СССР, "накрывала" цели по всей территории Европы и части Малой Азии. Это был военно-политический ответ на создававшиеся вдоль западных и южных границ СССР базы американских стратегических самолетов с ядерными бомбами.

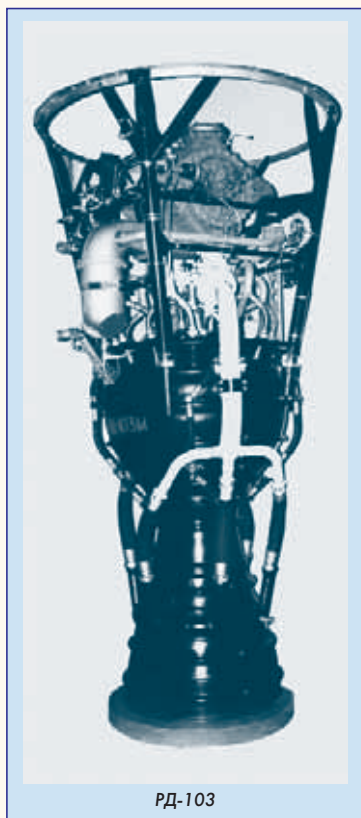
Обеспечение столь значительной дальности полета ракеты Р-3 потребовало решения ряда новых научно-технических задач, в том числе и в отношении двигательной установки. В этом случае обойтись только форсированием режимов работы и модернизацией немецкой конструкции двигателя не представлялось возможным. Оценивая конструктивные достоинства двигателя А-4, С.П. Королев еще на стадии работ по ракете Р-2 писал: "К сожалению, надо отметить, что камера этого двигателя довольно неудачно сконструирована, поэтому мы чрезвычайно связаны в вопросе увеличения удельной тяги". И далее: "На следующих машинах мы столкнемся с гораздо большими трудностями..." Увеличение дальности полета ракеты на порядок и связанные с этим научно-технические проблемы впечатляли, видимо, и представителей высших эшелонов власти. Иначе чем объяснить принятую в правительственном постановлении конкурсную разработку двигателей силами двух конструкторских коллективов: ОКБ-456 главного конструктора В.П. Глушко и НИИ-1 МАП главного конструктора А.И. Полярного (напомним, что А.И. Полярный в 1934-1939 гг. сотрудничал с Л.К. Корнеевым в КБ-7, расформированном в связи с отсутствием положительных результатов работы).

Приступив к формированию облика и технических характеристик ракеты Р-3, ОКБ-1 выдало техническое задание на разработку эскизных проектов двигателя. Предлагалось создание двигателя, в земных условиях обладавшего тягой не менее 120 тс при давлении газов в камере сгорания 60 атм и удельным импульсом тяги 288 кгс·с/кг (в пустоте).

Эти энергетические характеристики предполагали, что вместо спирта будет использовано более калорийное горючее. По расчетам таким топливом могло стать сочетание жидкого кислорода с керосином. Однако керосин, создавая более высокую температуру при горении, по охлаждающим свойствам значительно хуже спирта, поэтому перед двигателями выростала проблема организации более совершенной и одновременно более экономичной системы охлаждения камеры, чем имевшаяся у двигателя А-4.

Необходимость обеспечения надежного охлаждения камеры нового двигателя являлась только одной из новых технических задач. Оценивая весь комплекс работ, В.П. Глушко в письме к руководству МАП так характеризовал предстоящую разработку: "Создание двигателя на 120... 140 тс тяги связано с решением ряда проблем, которые находятся на границе сильного современной науке и технике". Учитывая это обстоятельство, конструкторы и расчетчики ОКБ-456 решили в новом двигателе объединить отечественные технические достижения в области ЖРД, накопленные в 30-40-х годах прошлого столетия, и хорошо освоенную немецкую конструкцию.

После ряда предварительных проработок остановились на схеме двигателя, аналогичной схеме двигателя ракеты Р-2. Что же касается отдельных элементов конструкции двигателя РД-110, представленных в эскизном проекте, то они выглядели следующим образом. Камера сгорания своей грушевидной формой напоминала камеру двигателя А-4, но вместо форкамер устанавливались плоские смесительные головки с форсунками, соединенными с



РД-103



РД-110

днищами твердым припоем. Внутренняя стенка камеры выполнялась из медного сплава с ребрами, припаянными к стальной наружной стенке. Пояса внутреннего охлаждения с тангенциальной закруткой горючего обеспечивали хорошее охлаждение при минимизации расхода горючего. Перекись водорода для привода турбины подавалась в реактор насосом, что позволило исключить тяжелую и громоздкую вытеснительную систему. Внедрялся и еще ряд технических новинок, способствовавших снижению массы и повышению работоспособности двигателя. Все эти технические новшества были уже либо апробированы, либо проходили экспериментальную отработку на модельных установках.

Эскизные проекты ракетных систем и ракеты Р-3 в целом были завершены к концу 1949 г., а 7 декабря состоялась их защита на НТС НИИ-88. Свои проектные разработки представляли главные конструкторы: по ракете в целом - С.П. Королев, по двигателям - В.П. Глушко и А.И. Полярный, по системе управления - Б.Н. Коноплев. Рецензировали проект А.А. Космодемьянский, Ю.А. Победоносцев, М.К. Тихонравов. Все рецензенты не только положительно оценили проект ракеты Р-3, но и отметили, что представленные материалы определяют дальнейшее научно-техническое направление в развитии ракетостроения в СССР.

Были, естественно, и критические замечания. Так, по эскизным проектам двигателей выдача отзывов была поручена А.М. Исаеву. Исповедовавший идею упрощенной и поэтому более технологичной конструкции камеры сгорания, А.М. Исаев в заключении по проекту, представленному ОКБ-456, указал: *"В результате получилась конструкция, которую вопреки уверениям авторов невозможно признать технологичной и удобной для серийного производства"*. Однако впоследствии стало ясно, что талантливый конструктор ракетных двигателей в то время не разглядел перспективности предлагаемой конструкции камер сгорания.

Что касается технического облика и особенностей двигателя Д-2, выполненного в НИИ-1 под руководством А.И. Полярного, то, к сожалению, мне не представилось возможности ознакомиться с этим эскизным проектом. И все же причины выбора двигателя ОКБ-456 для ракеты Р-3 можно найти в докладе С.П. Королева: *"Согласно постановлению правительства, проект выполняли две организации... В проекте ракеты везде фигурирует двигатель ОКБ-456 и этому были причины: колоссальный опыт ОКБ-456, а также то, что мы с Глушко работаем не один десяток лет вместе. Оба проекта рассматривались на секции, были приняты определенные решения, а дальше - воля начальства. Я только могу сказать, что А.И. Полярный, являющийся одним из старейших двигателей, не имеет базы для работы, а ЦИАМ (в 1949 г. НИИ-1 МАП являлся филиалом ЦИАМ - прим. авт.) по своему профилю не желает этот двигатель строить... Все наши работы и расчеты мы сделали под двигатель В.П. Глушко"*.

В ходе обсуждения эскизного проекта двигателя возник вопрос о выбранном топливе, в частности, о целесообразности использования в качестве окислителя жидкого кислорода. Приглашенный на заседание НТС НИИ-88 полковник А.Г. Мрыкин так сформулировал позицию Министерства обороны: *"Я должен заявить, что с точки зрения ГАУ жидкий кислород для ракеты Р-3 нас совершенно не устраивает. Мы настойчиво будем просить автора проекта двигательной установки заменить жидкий кислород на другой окислитель"*.

Хотя и на этот раз требование министерства обороны осталось не реализованным, но было услышано и нашло свое отражение в решении НТС.

По совокупности представленных материалов и их техническому обос-

нованию НТС НИИ-88 принял решение утвердить эскизные проекты по ракете Р-3. В итоговом документе подчеркивалось, что *"проектированию такой ракеты должны предшествовать достаточно широкие технические исследования, разработка новых методик в ряде областей и проведение значительных и основательно поставленных экспериментальных и конструкторских работ"*. Из перечня многочисленных мероприятий и технических предложений выделим три наиболее важных, поскольку они оказали существенное влияние на последующий этап в развитии отечественной ракетной техники:

- создание на основе существующих ракет (и ракет-моделей Р-3А) экспериментальных ракет для проверки главнейших принципов, положенных в основу проекта ракеты, двигателя и системы управления;


- создание экспериментальных образцов двигателей - как уменьшенных моделей, так и в натуральную величину - для обоснования заданных в ТТЗ параметров, и в особенности значения удельной тяги, расходной характеристики и веса двигателя;

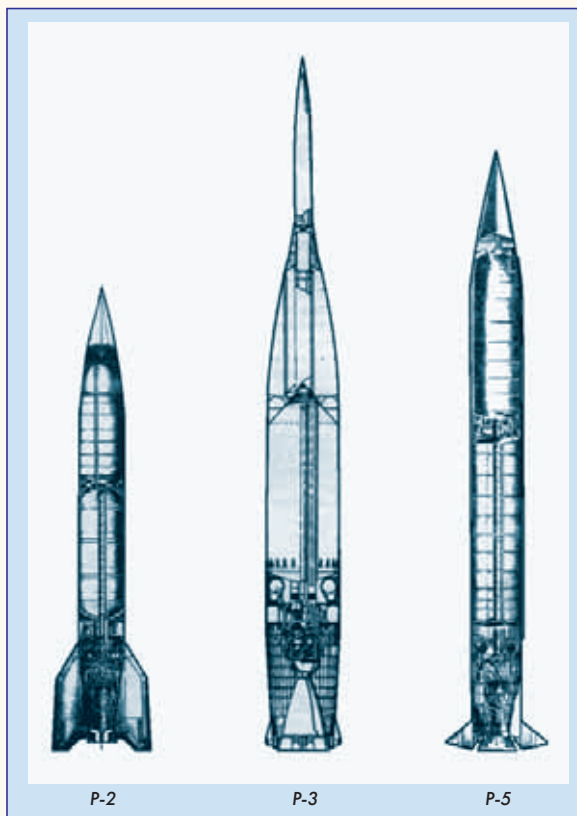
- считать своевременным и целесообразным проведение научно-исследовательских и экспериментальных работ по реализации имеющихся в настоящее время отдельных предложений по применению новых видов топлива (высококипящих окислителей, а также высококалорийных горючих) и по использованию металла в качестве горючего".

Реализуя намеченные планы, ОКБ-1 предложило в целях существенного сокращения сроков создания модельной ракеты Р-3А использовать ракету Р-2, введя в ее конструкцию в пределах технических возможностей новые решения. В соответствии с таким подходом двигатели ОКБ-456 внедрились практически все намеченные новинки, исключая новую конструкцию камеры, т.к. для этого требовалось изготовить трудоемкую крупногабаритную технологическую оснастку и оборудование и провести длительную отработку технологии пайки стенок сопла и днищ смесительной головки с форсунками. Пришлось ограничиться форсированием "старой" конструкции камеры по тяге у земли до 40 тс, при этом удельный импульс тяги возрос до 215 кгс·с/кг. Такая энергетическая характеристика двигателя в сочетании с остальными нововведениями позволяла довести дальность полета экспериментальной ракеты Р-3А до 930 км, т.е. в более чем в полтора раза превзойти дальность ракеты Р-2.

Такой итог воодушевил участников разработки. Опираясь на результаты расчетов и экспериментов, они пришли к выводам, что вместо модельной ракеты Р-3А можно создать новую боевую ракету с дальностью 1000...1100 км. Для этого практически все конструкторские решения были уже разработаны, длительной технологической подготовки не требовалось, в то время как указанная дальность полета новой ракеты обеспечивала досягаемость всех военных баз, расположенных вдоль границ СССР в Европе и Малой Азии. В этом случае ракета Р-3 становилась ненужной.

В дальнейшем разработка ракеты Р-3 была прекращена на стадии эскизного проекта. Однако созданный при ее проектировании научно-технический задел успешно реализовался в конструкции ракеты Р-5М, которая имела дальность действия 1200 км и была способна нести ядерную боеголовку.

В процессе разработки двигателя РД-103, предназначенного для ракеты Р-5М, практически было завершено использование немецких разработок ракетной техники в СССР. Все последующие мощные ЖРД для ракет военного и космического назначения разрабатывались с использованием отечественных достижений, начало которым было положено в 30-х годах XX века. 



ТАК РОЖДАЛСЯ ЗНАМЕНИТЫЙ "СКАД"

Юрий Бобрышев

(Окончание. Начало в № 3, 4 - 2005)

Началась подготовка к следующему этапу летных испытаний. Было принято решение об объединении летно-конструкторских испытаний и сдаточного этапа в один совместный - промышленности и заказчика - этап летных испытаний.

На ВМЗ развертывалось изготовление нового двигателя С5.2, разработанного ОКБ-5. Новый двигатель был легче двигателя С3.42 на 40 кг, имел одинаковые с последним стыковочные размеры, обладал устойчивой тягой, которая у земли была на 300 кгс выше, чем тяга С3.42. Пришлось при расчетах баллистики скорректировать значение земной тяги, приняв ее равной 13 300 кгс.

В апреле 1960 г. комиссии в составе Л.С. Бельского (от Минобороны), П.В. Захарова (от ГРАУ), главного конструктора двигателя А.М. Исаева и меня (от СКБ-385) было поручено проанализировать положение дел на ВМЗ с изготовлением ракет для летных испытаний. В целом работы на заводе велись полным ходом. Помощь ВМЗ со стороны председателя Удмуртского совнархоза потребовалась при решении трех вопросов:

- обеспечения установленных сроков изготовления двигателей;
- преобразования участка изготовления корпусов головных частей в самостоятельный цех;
- изготовления двух стендовых ракет в июне и первых летных ракет в июле 1960 г.

Коллектив конструкторов СКБ-385, командированных в Воткинск, усилили руководителями до ранга начальников отделов. Наши специалисты совместно с работниками ОКБ-5 и заводчанами занялись дальнейшей отработкой конструкторской документации и технологии производства узлов и агрегатов ракеты.

Вскоре состоялось решение ВПК о начале совместных летных испытаний (СЛИ), был утвержден состав Государственной комиссии. Ее председателем назначили начальника Ленинградского высшего инженерно-командного училища генерал-полковника В.С. Коробченко, а заместителем председателя и техническим руководителем испытаний - В.Р. Серова, заместителя главного конструктора СКБ-385.

В состав комиссии вошли: от ГРАУ - полковники В.В. Шарков и Г.А. Удовиченко, от ГЦП МО - полковник В.И. Меньшиков, от ГСКБ - ведущий конструктор наземного оборудования С.С. Ванин, от ОКБ-5 - ведущий конструктор двигателя С5.2 Н.С. Малышева, от НИИ-592 - заместитель главного конструктора системы управления В.А. Внутский, а также ряд других специалистов.

В июле 1960 г. в НИИ-229 в присутствии Госкомиссии было проведено огневое стендовое испытание ракеты и состоялось первое знакомство с В.С. Коробченко. Это был человек с богатейшим опытом управления большими коллективами, генерал-артиллерист, прошедший войну. Изучая новую технику, он высказывал вполне обоснованные замечания и предъявлял требования, которые неукоснительно выполнялись всеми. Его подход к проведению совместных летных испытаний был весьма поучительным.

В жарком августе 1960 г. первая ракета поступила на полигон. Военные начали полную проверку выполнения тактико-технических требований. Естественно, они желали получить на вооружение оперативно-тактическую ракету высокого класса. В процессе проведения СЛИ планировалось осуществить пуски 25 ракет. На полигон прибыли специалисты по основным системам ракеты, к ним присоединились военные ракетчики. Непосредственные исполнители были распределены по пяти этапам: подготовка ракеты на технической позиции, транспортировка, заправка, предстартовая подготовка и пуск. Только стартовая команда не имела регламентированного времени - ведь активный участок полета ракеты мог фиксироваться кинотеодолитной съемкой лишь при ясном небе, а оно могло появиться в любое время суток. В процессе эксплуатации ракет от момента выгрузки из вагона до пуска к ним были предъявлены единые требования со множеством мелких нюансов, потребовавших постоянного бдительного внимания.

Первый пуск в ходе СЛИ состоялся 25 августа 1960 г. Присутствовали все члены госкомиссии и все участники экспедиции. Генерал В.С. Коробченко предложил мне встать рядом с ним на балконе спецздания в километре от старта и попросил указать расчетное направление полета ракеты. К моему изумлению, после нормального отрыва от пускового стола ракета развернулась в противоположную сторону, к Волге, и брьющим полетом, набирая скорость, пронеслась почти над нами, оглушив грохотом ревущего двигателя. Драматизм ситуации неопишуем. Быстро выяснилось, что ракета пролетела над основным городком полигона и, к счастью, ушла дальше. Телеметристы быстро отыскали причину: в момент отрыва от пускового стола электроразъем, связывавший бортовую систему автоматики подрыва ракеты (АПР) с наземным пультом, оторвался на доли секунды раньше расстыковки разъема системы управления, поэтому после запуска двигателя пропал сигнал готовности АПР. Система управления отключила борт, далее ракета полетела

"куда глаза глядят". Устранение допущенной ошибки не потребовало больших усилий.

На поиски "заблудившейся" Р-17 направили вертолет. Он быстро вернулся, и меня послали подтвердить, что это именно наша ракета. В пойме между Ахтубой и Волгой, в нескольких метрах от двух стариц, зияла круглая воронка с отвесными стенками диаметром 3...3,5 м и глубиной до 2,5 м. Здесь же имелись два следа от стабилизаторов ракеты, вокруг были разбросаны небольшие комья грязи. Интересно: никаких обломков и лишь десятисантиметровый уголок, на котором выбито цифровое обозначение шпангоута приборного отсека, стыкуемого с головной частью. На этот намек судьбы в тот момент никто не обратил внимания. Стоило ли верить предзнаменованию? Впоследствии мы поняли, что стоило.

После разбора причины на комиссии было принято решение о введении поправок в электрическую схему. В частности, ввели команду отключения двигателя на 30-й секунде полета при существенном отклонении ракеты от заданной траектории. После соответствующей доработки комиссия дала "добро" на следующий пуск.

Второй пуск прошел без замечаний, ракета попала в заданный квадрат. Третий пуск. С четвертой секунды ракета начала раскачиваться, ушла вверх и начала выделять "фигуры высшего пилотажа" над присутствовавшими под грохот тринадцатитонного двигателя. На 30-й секунде, как и положено, двигатель отключился. После этого в пугающей тишине мы все принялись следить за летящей стрелой, на секунды оставаясь неподвижными. Впрочем, большинство зрителей бросилось врассыпную еще до выключения ЖРД. Вскоре ракета головной частью врезалась в высохшую степь, и более 2 тонн оставшихся компонентов топлива взорвались, образовав в земле огромную воронку. К счастью, взрыв произошел вдали от площадок и построек.

И опять надежда на телеметристов - нашего В.В. Малькова и специалистов полигона. Все нетерпеливо ждали результатов расшифровки параметров. Телеметристы сделали вывод, что причиной "легкомысленного поведения" ракеты стало замыкание в цепях системы управления, однако его точное место установить не удалось. Снова комиссии пришлось обратиться к мнению специалистов. Не будем к ним слишком суровы. "Слецы" рассмотрели две причины:

- прогорание пластмассовой заглушки на штуцере двигателя с последовавшим прорывом газов и разрушением кабелей;
- короткое замыкание в автомате стабилизации.

Приняли меры, комиссия разрешила четвертый пуск, который прошел без замечаний, как и все последующие.

В октябре 1960 г. комиссия вновь собралась в НИИ-592 и рассмотрела результаты доработок. В ноябре В.П. Макеев и В.Р. Серов посетили ВМЗ, осмотрели готовые ракеты и ознакомились с результатами доработок, проведенных в соответствии с замечаниями госкомиссии. ВМЗ продолжил изготовление ракет для совместных испытаний и задела для серии.

Пуском 12 декабря 1960 г. этап совместных летных испытаний был продолжен. Затем началась, как может показаться, рутинная работа: раз за разом производилась выгрузка ракеты из железнодорожного вагона, проверка на технической позиции, перевозка на заправку, сама заправка, погрузка на стартовый агрегат, проверка на стартовой позиции и пуск. Велась обработка информации и анализ телеметрии. Параллельно отработывались таблицы стрельбы. Этот перечень далеко не полон. К работам привлекались десятки специалистов, уточнялась эксплуатационная документация, и так продолжалось до последнего пуска. Вскоре на испытания поступил стартовый агрегат на колесном ходу производства Минского автозавода.

Генерал-полковник В.С. Коробченко вызвал на полигон преподавателей из своего училища. Присутствуя при подготовке и пусках, они смогли всесторонне изучить ракету Р-17, убедились в ее достоинствах, поверили в нее. В дальнейшем именно эти люди стали обучать будущих офицеров-эксплуатационщиков ракетного комплекса.

Спустя некоторое время на полигон прибыли два боевых ракетных дивизиона и приступили к изучению, подготовке и пускам ра-

кет. Когда испытания подходили к концу, эти войсковые части были практически полностью подготовлены к штатной эксплуатации изделия 8К-14 (во всех документах и на всех этапах работ наименование "Р-17" тогда не упоминалось).

Не менее напряженно развивались события в процессе транспортных испытаний ракеты. После проведения проверки на технической позиции ракета до заправки и после нее должна была транспортироваться на расстояние до 500 км, а лишь затем производился ее пуск. Но военным заказчикам степь показалась слишком гладкой. Они пригласили для проведения испытаний танкистов, на трассе вырыли не мелкие ямки типа воронок, а гораздо более крупные. При этом военные надеялись, что гусеничная самоходная установка с ракетой через эти ямы будет "летать", как танк или другое столь же "железное" изделие. После очередного ночного пуска (это было 12 апреля 1961 г.) все руководство от промышленности временно покинуло полигон по своим делам, и вот тогда военные решили "уточнить инструкцию по транспортировке"...

Сразу после проведения "эксперимента" можно было наблюдать следующую картину. Стартовый гусеничный агрегат глубоко врезался броней в противоположный срез воронки. Гусеницы машины не доставали до противоположной стенки, комья земли засыпали переднюю часть агрегата вплоть до смотрового окна водителя. Головная часть ракеты с 700 кг снаряжения, оторванная по шпангоуту приборного отсека (вспомните "намек" при первом пуске), лежала на ограждении стрелы.

Начались непростые разборки на заседаниях комиссии. Наши доводы о превышении в ходе испытаний принятого в ТЗ значения перегрузки при транспортировке (не более 2g) не нашли поддержки. Представители минобороны заявили: *"Нам придется водить стартовые агрегаты не по ровному асфальту, а по разбитым военным дорогам"*. Следовало срочно принимать меры: или усиливать шпангоут на стыке приборного и головного отсеков, или подвести под этот стык третью опору. В.П. Макеев принял решение ввести третью опору, объединив ее со второй на общей оси вращения. Такая мера не потребовала доработки готовых ракет. Разработчики гусеничной установки, приглашенные на полигон, в том числе главный конструктор Ж.Я. Котин, согласились с предложением В.П. Макеева. Через месяц все транспортные средства были доработаны.

С поврежденной ракеты слили топливо, однако уничтожать ее не стали. Положили ее в поле до лучших времен, чутье подсказывало: она могла еще пригодиться.

Надежность проведенной доработки стартового агрегата проверили испытаниями, но "летать" его более не заставляли. Тем временем транспортные и летные испытания продолжались, шла отработка всех бортовых систем, наземного испытательного и пускового оборудования, всех наземных средств при более чем 40-градусной степной жаре.

Обработав телеметрическую информацию, полученную при пусках, начальник группы Ю.Г. Тарасов и баллистик Г.Г. Гмыря со своими сотрудниками определили, что в баках ракеты остаются запасы топлива и время работы двигателя может быть увеличено. По их расчетам, дальность стрельбы можно было довести до 310 км. Госкомиссия санкционировала последний пуск 25 августа 1961 г. и оставила две ракеты для проверки возможности стрельбы на дальности 300 км. Замечу, что при пуске на такую дальность ракета уходила за пределы полигона, на территорию Казахстана, поэтому было необходимо разрешение правительства Казахской ССР хотя бы на временное отчуждение поля падения ракет. В Алма-Ату за разрешением вылетел полковник Меньшиков.

Ракеты заправили и подготовили к пуску, одна уже находилась на стартовом агрегате. Тем временем "танкисты" - специалисты по пусковой установке - решили провести проверку ряда систем. Во время одной из таких проверок при установке ракеты в вертикальное положение подъемный механизм не остановился в крайнем положении, соответствовавшем "зениту", а продолжил отклонять ракету в другую сторону. Не выдержали и раскрылись верхние захваты, но при угле -15...-20° механизм все же остановился. Два литых алюминиевых опорных кронштейна были раздавлены, заправлен-

ная ракета удерживалась двумя уцелевшими. Расчет стартового агрегата быстренько привязал державшуюся "на честном слове" ракету к стреле, умельцы боевого расчета ее нежно положили, но вновь поднимать "изделие" в стартовое положение было нельзя из-за разрушенных опорных кронштейнов.

К этому времени возвратился полковник Меньшиков с разрешением на отчуждение поля на семь дней. Госкомиссия одной ракетой стрелять на 300 км отказалась - слишком неопределенным становился бы результат. Пришлось энергично принимать меры для ремонта поврежденной ракеты. Вызывать с ВМЗ ремонтную бригаду, составлять техзадание на доработку и прочие дела времени не было: мы не уложились бы в семь дней. Тут пришла в голову другая идея. Пока Госкомиссия занималась отчетом, я, согласовав с В.Р. Серовым свои намерения, отправился на ремонтной машине вдвоем со слесарем от ВМЗ к тому месту, где в поле осталась лежать ракета, поврежденная в ходе "экспериментов" военных. Идея заключалась в том, чтобы без всякого техзадания снять опорные кронштейны от "ракеты с оторванной головой" (вот она и пригодились) и поставить их взамен раздавленных.

Кронштейны были вмонтированы в стабилизатор, который на заводе приклепывался к корпусу хвостового отсека. Пришлось немало повозиться, но все же нам удалось снять исправные детали. Радостные, спешим обратно. Ракета, готовившаяся к пуску на дальность 300 км, к нашему возвращению для удобства работы была уже перегружена на транспортировочную тележку, можно было начинать замену, но вот незадача: снятые нами опорные кронштейны не становятся на место прежних - они, оказывается, были усилены по откорректированной конструкторской документации. Пришлось пустить в ход тиски и напильник. Срочно перемонтировали сохранившуюся кинематику газовых рулей. Доработка была сделана всего за два дня. Затем мы провели проверку и убедились в том, что ракета на кронштейнах стоит устойчиво.

Госкомиссия санкционировала проведение пусков. Баллистик Г.Г. Гмыря произвела расчет импульсов, необходимых для получения дальности 300 км, и представила мне (стоит ли во все посвящать Госкомиссию) свои предложения по заданию числа импульсов. Пусков было запланировано только два, статистика на 300 км отсутствовала вообще, поэтому я предложил увеличить число импульсов на два, рассудив, что в этих условиях лучше перелет, чем недолет. При обработке результатов пусков был выявлен перелет на расстояние, соответствующее двум избыточным импульсам. Не беда - одновременно накопили статистику для уточнения таблиц стрельбы.

И вот, госиспытания Р-17 закончены. Госкомиссия выпустила отчет, содержащий рекомендацию о приемке ракеты на вооружение. 7 ноября 1961 г. на военном параде по Красной площади прошли четыре гусеничных стартовых агрегата 2П19 с ракетами Р-17. 24 марта 1962 г. постановлением Совмина СССР ракета Р-17 была принята на вооружение Советской Армии.

Впрочем, помимо меда все же была и ложка дегтя. Колесный стартовый агрегат транспортных испытаний не выдержал - потребовалось усилить раму. После проведенных доработок он был принят на вооружение только в 1967 г.

В процессе испытаний все, что было задумано конструкторами СКБ-385, прошло практическую проверку. Технические требования к изделию по дальности стрельбы были перевыполнены. Мы сумели обеспечить дальность стрельбы 300 км вместо 150 км, которые могла обеспечить ракета Р-11МУ, и уменьшить время предстартовой подготовки до 25 мин вместо заданных 60 мин в основном благодаря:

- применению двигателя с более высокой удельной тягой и лучшим массовым совершенством;
- внедрению объемно-температурной заправки основными компонентами топлива;
- введению улучшений в конструкцию ряда узлов;
- применению более совершенной системы управления и других систем.


С самого начала мы ориентировались на использование наземного оборудования, разработанного для ракеты Р-11М. В результате нам удалось сэкономить не только средства, но и время, необходимое для создания системы. Ракета Р-17 была разработана всего за 3 года и 5 месяцев. И еще. СКБ-385 получило первый опыт передачи изделия своей разработки другому, незнакомому заводу. Этот опыт пригодится через пять лет, когда возникла необходимость аналогичной передачи другой ракеты.

По данным отдела надежности СКБ-385, собранным за много лет эксплуатации, ракета Р-17 характеризовалась невероятно высоким коэффициентом надежности, близким к единице. Простота конструкции, отработанность технологии и высокая надежность в эксплуатации обусловили ее пребывание на вооружении Советской армии и армий стран Варшавского Договора на протяжении более чем 30 лет. Нашим противникам приходилось постоянно учитывать "фактор Р-17" при оценке военно-политического расклада сил. Советские ракетные дивизионы осуществляли боевое применение ракеты в Афганистане. Она экспортировалась в страны Ближнего Востока и стала известной во всем мире под названием Skud-B.

Иракские ракетчики с привлечением зарубежных специалистов переработали конструкцию Р-17 для увеличения дальности стрельбы. После этого новые варианты ракеты получили наименования "Эль Хусейн" (с максимальной дальностью пуска 550 км) и "Эль Аббас" (с максимальной дальностью пуска 850 км); они довольно широко применялись в ходе арабо-израильской войны. Из 133 ракет, выпущенных иракской армией, 80 достигли цели, семь отклонились от расчетной траектории и 46 были перехвачены ЗРК "Пэтриот" (такие данные приведены в некоторых публикациях). Зная особенности конструкции Р-17, смею предполагать, что комплексами "Пэтриот" было перехвачено ракет на порядок меньше. Скорее всего, остальные, как и семь отклонившихся, не попали в район цели без всякого воздействия со стороны ЗРК "Пэтриот", попросту из-за недостаточной отработки.

В январе 1958 г. Сергей Павлович Королев сумел разглядеть в предложениях СКБ-385 перспективную ракету. Однако он не смог предвидеть, что ее создание (и создателей) забудут отметить. С.П. Королев при рассмотрении проекта понял, что в случае удачного завершения разработки получится очень нужное боевое средство. Но где-то, не то у генерального заказчика (ГРАУ), не то в многочисленных коридорах министерств сам факт разработки Р-17 не вызвал энтузиазма. Руководство отрасли предпочло "забыть" предложения о поощрении

сотрудников многих КБ и заводов, участвовавших в создании ракеты.

Прошло много лет, многое стерлось из памяти. Безусловно, другие участники разработки могли бы привести множество интересных подробностей о создании ракеты Р-17. Впоследствии на смену ей пришли более совершенные ракетные комплексы, при создании которых разработчики использовали новые технологии и конструктивные новинки. Но в то же время они, безусловно, имели надежную опору в виде опыта создания Р-17. 

Основные характеристики ракетных комплексов

Характеристика	Р-17	Р-11	Р-11М
Индекс ГРАУ	8К14	8А61	8К11
Дальность стрельбы, км			
- максимальная	300	270	150
- минимальная	50	50	50
Длина ракеты, м	11,27	10,42	10,5
Масса заправленной ракеты, кг	5835	5340	5420
Масса обычного ВВ ГЧ, кг	700	770	535
Масса спец. снаряжения, кг	750	710	710
Масса ГЧ, кг	739	489	-
Время подготовки ракеты на стартовой позиции, мин	25	60	-
Тип двигателя	ЖРД с ТНА	ЖРД с ЖАД	
Тяга двигателя на земле, тс	13,3	8,3	8,3
Удельная тяга двигателя на земле, кгс/кг	230	218	218



ДВИГАТЕЛИ 2006

Девятый международный салон

Научно-технический конгресс

по двигателестроению

11 - 15 апреля 2006 года, ВВЦ, Москва



- авиационные и космические двигатели
- двигатели для автомобилей, тракторов, судов
- двигатели для железнодорожного транспорта
- двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов
- двигатели для энергетических установок
- электродвигатели, ветродвигатели
- микродвигатели для спортивного моделизма
- двойные технологии
- компьютерные разработки
- металлообработка и инструменты
- металлургия
- топлива, масла, смазки
- перспективные научные и инвестиционные проекты
- ремонт и сервисное обслуживание
- подшипники

Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения"

По вопросам выставки и конгресса обращаться по адресу:

105118, Москва, проспект Буденного, 19 тел./факс: (095) 369-8048, 366-4588

E-mail: assad@assad.ru <http://www.assad.ru>

ИНФОРМАЦИЯ

В нашей стране не раз предпринимались попытки создания монографии, отражающей историю отечественного авиационного моторостроения. По-видимому, первой из них была книга Велижева, изданная в 1930 г. Далее можно упомянуть тематические разделы в книгах "Самолетостроении в СССР" (два тома, издание ЦАГИ) и в так называемом "третьем томе Шаврова". Но в этих работах описывалась только "генеральная линия развития", т.е. серийные моторы. Справочник "Авиационные, ракетные, морские, промышленные двигатели" является всего лишь справочником, к тому же не исчерпывающим, он посвящен главным образом послевоенному периоду (только серийные моторы) и содержит немало ошибок. Книга "Отечественные авиационные двигатели - XX век" хотя и охватывает гораздо более широкий временной интервал, чем все предыдущие, очень ужата по объему и не свободна от ошибок, особенно в таблицах. В связи с этим представляет значительный интерес новая работа известного авиационного историка В.Р. Котельникова "Russian piston aero engines", что в вольном переводе можно интерпретировать как "Укор российскому авиационному двигателестроению". Укор потому, что издателя (и спонсора для издания) книги на русском языке не нашлось несмотря на высокое качество материала, исчерпывающий характер приводимой информации и массу оригинальных, ранее не публиковавшихся фото. Книга представляет собой действительно полный и тщательно выверенный труд, посвященный истории отечественных авиационных ДВС. Вышла она в 2005 г. в издательстве "Кровуд" (Великобритания).

Несомненными достоинствами работы является с ограниченным объемом разделов, посвященных дореволюционным моторам и последнему десятилетию. Кроме того, позиция издательства привела к тому, что в тексте много иллюстраций размером со спичечный коробок, а качество их воспроизведения в ряде случаев не соответствует возможностям современной полиграфии. Можно заметить ряд ошибок в подписях к фотографиям (например, "Райт-Рига" приписан заводу РБВЗ), но это следствие работы заморского редактора, в недостаточной степени владеющего материалом (что и понятно). Маловато материалов о любительских конструкциях, схем и чертежей.

- впервые показана общая картина развития отечественного поршневого авиационного моторостроения "от мамонтов" до наших дней;

- автор не ограничился серийными моторами, в книге описано большое количество не только неизвестных модификаций, но и различных опытных двигателей;

- приведена краткая история заводов и КБ, систематизирована информация об общем состоянии промышленности, дано описание структуры опытно-конструкторских работ;

- собраны данные не только о самих моторах, но и об их применении на различных летательных аппаратах;

- имеются разделы о системе обозначений двигателей и об иностранных моторах в России.

В книге описаны все авиационные ДВС, выпускавшиеся в бывшей царской России (включая Прибалтику и Украину) и в Советском Союзе. Моторы, разработанные не в России после распада СССР, в книгу не включены.

Как известно, недостатки в ряде случаев есть продолжение достоинств, поэтому можно упомянуть и о некоторых слабых сторонах работы. Прежде всего, это связано



с ограниченным объемом разделов, посвященных дореволюционным моторам и последнему десятилетию. Кроме того, позиция издательства привела к тому, что в тексте много иллюстраций размером со спичечный коробок, а качество их воспроизведения в ряде случаев не соответствует возможностям современной полиграфии. Можно заметить ряд ошибок в подписях к фотографиям (например, "Райт-Рига" приписан заводу РБВЗ), но это следствие работы заморского редактора, в недостаточной степени владеющего материалом (что и понятно). Маловато материалов о любительских конструкциях, схем и чертежей.

И все же, как принято писать в отзывах на диссертацию, в целом работа представляет законченный научный труд, а ее автор достоин... Жаль только, что книга, полезная в первую очередь для российского читателя, для него фактически недоступна: во-первых, из-за языка (которым у нас толком владеют немногие) и, во-вторых, из-за непомерной цены (почти 30 фунтов плюс пересылка не менее 5 фунтов). В России ее распространяет интернет-магазин "Отвинта". Остается надеяться, что, подержав в руках английский "первоисточник", какой-нибудь российский издатель все же отважится на отечественный вариант книги. Разумеется, изданный на русском языке.

ЧТО БЫЛО, ЧТО БУДЕТ...

(От "Мотор Шоу-2005" до XIV Международной автомобильной конференции)

Александр Бажанов



В конце августа на территории столичного Выставочного комплекса ЗАО "Экспоцентр" состоялась IX Московская международная автомобильная выставка "Мотор Шоу-2005". Традиционно ее организаторами были ОАО "Автосельхозмашхолдинг" и компания ITE Group Plc. (Лондон) при поддержке Министерства промышленности и энергетики РФ и правительства Москвы. В выставке приняло участие более 1000 организаций из 30 стран мира.

Во всех павильонах "Экспоцентра" и на прилегающих

к ним площадках размещались стенды участников и автомашин. Внимательно изучить все представленное не представлялось возможным из-за огромных масштабов экспозиции и большого числа посетителей. Удивило и отсутствие "дня прессы", который ранее непременно устраивали специально для журналистов.

Тем не менее, посещая стенды ведущих автопроизводителей России, можно было попытаться понять: куда (с точки зрения простого водителя-любителя) идет наш автопром. Так как дело происходило в середине года, то о количественных показателях работы отрасли тогда говорить было рановато.

Наибольший интерес вызывал, естественно, крупнейший наш производитель автомобилей - ОАО "АвтоВАЗ". Завод представил много красивых машин, в том числе и наконец-то сошедшую с конвейера "Калину". На ее модификациях в моторном отсеке устанавливаются три типа двигателя: 2- и 4-клапанные объемом 1,6 л и 4-клапанный объемом 1,4 л. На "Приору" поставили 4-клапанный двигатель объемом 1,6 л, а на "Ладу 112 купе" - такой же, но объемом 1,8 л.

Последняя модель оснащена электронной системой управления двигателем, которая позволила двигателю удовлетворить нормам по токсичности на уровне Euro-3. Как мы уже ранее отмечали, ОАО "АвтоВАЗ" является единственной корпорацией, на предприятиях которой разрабатываются и изготавливаются как автомобили, так и двигатели к ним. Возможно, это будет способствовать удержанию корпорации в числе лидеров российского автопрома.

Очень сложно обстоят дела на таких известных в прошлом предприятиях автомобильного двигателестроения, как ОАО "Волжские моторы" и "Уфимский завод автомобильных моторов". У первого совсем не осталось потребителей их моторов после того как прекратил свое существование "Москвич" и перешел на выпуск иномарок

"ИжАвто". Не удалось в эти дни побеседовать и с представителями этих двух моторных заводов.

Времена наступили такие, что все очень быстро стало меняться. Раньше мы привыкли, что "ГАЗ" - это прежде всего "Волга" и различные грузовики, предназначенные в основном для армии. Но сегодня ОАО "ГАЗ" является производственным холдингом, объединяющим автопромышленные активы группы компаний ОАО "Русские машины". И теперь ОАО "ГАЗ" - это не только "Волги", "Газели" и грузовики, но и автобусы (ПАЗ, ЛиАЗ и др.), ярославские дизели и топливная аппаратура. Рассматривается вхождение в состав холдинга и ОАО "УралАЗ". Вполне возможно, что аббревиатура "ГАЗ" станет достоянием истории, и холдингу будет дано другое имя. Видимо, изменится и номенклатура производимой им продукции. По крайней мере, в начале декабря прозвучало сообщение о возможном прекращении выпуска "Волг". Среди множества вопросов тут же появился и такой: а на чем будет ездить чиновничий аппарат средней руки - на "Жигулях" или "Мерседесах"?

Но вернемся на выставку, в рамках которой была проведена VII Международная автомобильная конференция "Двигатели для российских автомобилей". Нужно отметить, что на этой конференции, как и на всех предыдущих, основным лейтмотивом звучала мысль о борьбе с выбросами автомобильных двигателей. Этой теме был посвящен доклад Геннадия Корнилова - первого заместителя генерального директора НАМИ. В соответствии с требованиями специального технического регламента все транспортные средства, впервые поставленные на производство после 1 января 2006 г., должны будут удовлетворять третьему экологическому классу (Euro-3). С 1 января 2008 г. с конвейеров должны сойти автомашины только Euro-3 и Euro-4. Естественно, без качественного топлива нельзя добиться высоких экологических показателей, поэтому в этом же регламенте предусмотрены соответствующие требования к качеству моторных топлив.

По оценкам различных источников, среднегодовой рост потребления нефти для автотранспорта составляет 2 %.

Уровень добычи нефти в мире пока справляется с таким ростом, но это только пока. По одним оценкам добыча нефти начнет сокращаться уже после 2010 г., по другим - после 2040 г. Однако сути это не меняет, и поэтому возникает вопрос: что делать? Пока представляется выход в использовании в автомобилях комбинированных энергетических установках, использующих водород, который предполагают получать из топлива не нефтяного происхожде-



ния. Быстро создать такой автомобиль не удастся, поэтому придется двигаться поэтапно, внедряя в производство отдельные элементы, готовые для коммерческого использования.

Предварительные расчеты величины к.п.д. различных энергетических установок подводят к тому, что оптимальным решением с энергетической точки зрения является вариант получения водорода на борту автомобиля из сжиженного природного газа и использования его в топливных элементах. Кстати, запасы метана, одного из природных газов, пока считаются очень большими. Поскольку для создания подобной энергетической установки не решены многие технические проблемы, идет поиск других путей замещения нефтяных топлив.

Возможен перевод дизельных двигателей на метан с воспламенением от искры. Обеспечение такими двигателями экологических норм Euro-2 и Euro-3 возможно при применении микропроцессорной системы управления топливоподачей, зажиганием, а также окислительным нейтрализатором. Уже созданы опытные образцы микропроцессоров для серийных двигателей ЯМЗ и КАМАЗ.

Из метана возможно получение и синтезгаза, который может применяться и как моторное топливо, и как сырье для получения водорода, диметилэфира и синтетического бензина. Кстати, "Двигатель" уже неоднократно писал о разрабатываемых НИИД и НАМИ системах питания дизелей диметилэфиром. Результаты испытаний подтвердили перспективность такого вида топлива: выбросы окислов азота снижаются в несколько раз, а твердых частиц (дыма) нет вообще. Для устранения несколько возросших выбросов СО и СН в двигателях, работающих на диметилэфире, необходима только установка окислительного нейтрализатора. Уже сейчас возможно выполнение норм Euro-3, а в перспективе и Euro-4.

Если в докладе представителя НАМИ были озвучены общие проблемы автомобильного двигателестроения, то в последующих выступлениях шла речь о производстве конкретных двигателей.

Так, моторостроители ОАО "КАМАЗ" выполнили вместе со своими партнерами большой объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке, доводке, подготовке и освоению производства новых моделей двигателей, отвечающих современным требованиям по экологии, надежности и экономичности. Проведены сертификационные испытания и изготовлена опытно-промышленная партия двигателей Euro-3 моделей 740.60-360, 740.61-320 и 740.62-280 с традиционной топливной аппаратурой и электронным регулятором. У этих двигателей минимальный удельный расход топлива составляет 150...152 г/л.с.ч.

Для обеспечения соответствия нормам Euro-4 двигатели будут оснащаться аккумуляторной системой топливоподачи. Форсунки с гидроусилением обеспечат рабочее давление впрыскивания топлива на уровне 200 МПа. Работы по адаптации аккумуляторной системы топливоподачи на двигателях КАМАЗ планируется завершить в 2006 г. Одновременно будут совершенствоваться как конструкция двигателей, так и рабочие процессы. Только простое перечисление намеченных на предприятии мероприятий займет несколько страниц, поэтому мы вернемся к рассмотрению этих вопросов позже. Только отметим, что КАМАЗ работает и над газовыми двигателями. Уже проводятся эксплуатационные испытания этих двигателей на автобусах и грузовиках.

Не меньший интерес представляло выступление главного конструктора ОАО "АвтоВАЗ" о новом семействе двигателей для автомобилей собственного производства. Большинство российских водителей подтвердят, что двигатели производства ОАО "АвтоВАЗ" прекрасно адаптированы к российским условиям эксплуатации. Двигатели последних разработок обеспечивают выполнение требований Euro-3 и Euro-4.

Ориентация предприятия на двигатели собственного производства обусловлена тем, что освоение этих двигателей другим производителем увеличивает стоимость не менее чем на 15%. К цене двигателя здесь подходят очень внимательно. Подсчитано, что только уменьшение межцилиндрового расстояния с 95 мм до 89 мм снижает цену на 4%. А вот применение 4-клапанной схемы вместо 2-клапанной приводит к удорожанию 4-цилиндрового двигателя на 8%. Научно-технический центр ОАО "АвтоВАЗ" разработал концепцию



производства на период 2005-2014 гг. семейства перспективных двигателей с максимально возможной конструкторско-технологической унификацией на базе межцилиндрового расстояния 89 мм.

Перспективное семейство двигателей ВАЗ, освоение которого планируется с декабря 2006 г., включает в себя бензиновые 4-цилиндровые, 4-клапанные двигатели с рабочим объемом 1,4 и 1,6 л. На их базе разработан 3-цилиндровый, 4-клапанный двигатель с рабочим объемом 1,04 л. Последняя разработка сделана для создания автомобиля с минимальными выбросами CO₂.

Впервые на двигателях "АвтоВАЗа" будут применяться шатуны и поршни (вместе с кольцами и пальцем) иностранного производства. Основная причина закупки этих деталей за рубежом заключается в том, что их суммарная масса меньше на 32% по сравнению с устанавливаемыми сейчас на двигатель ВАЗ 2112. Меньшая масса поршня и шатуна позволит существенно снизить механические потери двигателя, что адекватно повышению мощности двигателя на 6...7 кВт.

В декабре текущего года на проходившей XIV Международной автомобильной конференции Михаилом Коржовым - директором проекта ОАО "АвтоВАЗ" - было сделано сообщение о том, что уже в ближайшее время на двигателях предприятия будут устанавливаться механизмы регулирования впуска и регулирования фаз. Первоначально эти механизмы будут закупаться за рубежом производителями, но впоследствии их выпуск планируется организовать на российских предприятиях.

Задача освоения производства российских легковых автомобилей, оснащенных двигателями прогрессивных конструкций, вызвано поэтапным введением в странах экспорта и в самой России более жестких норм токсичности, а также требований по ограничению расходов топлива. Уже сейчас идет работа над созданием двигателей с высокими удельными показателями, обеспечивающих выполнение норм токсичности Euro-5.

Казалось бы, что можно радоваться успехам двигателестроителей "АвтоВАЗа". Но, анализ ситуации, сложившейся в автопроме в целом, переводит настроение на более минорный лад. Падение производства, закрытие одних предприятий и переход других на выпуск иномарок (отверточная сборка) свидетельствует о том, что дальнейшее развитие российского автопрома, вполне возможно, пойдет не по считающемуся "оптимистическим", и даже не по "пессимистическому" пути развития, а по сценарию еще худшему.



В первый же день проведения XIV Международной автомобильной конференции прошло заседание Комитета Торгово-промышленной палаты РФ по предпринимательству в автомобильной сфере, который отметил, что ситуация в российском автомобилестроении в 2005 году характеризуется существенным усложнением условий работы для отечественных производителей автомобильной техники. Углубление интеграционных процессов в автомобильной сфере способствовало резкому усилению конкуренции на автомобильном рынке и расширению ввоза импортной техники. В связи с этим усилились тенденции снижения продаж и темпов производства автомобильной техники на российских заводах, возобновились случаи остановки конвейеров, создаются предпосылки для обострения социальной обстановки.

За 10 месяцев текущего года существенно уменьшился выпуск автомобильной техники - до 1104 тысяч единиц, что на 5,2 % ниже, чем за соответствующий период в 2004 г. Падение в секторе легковых автомобилей составило 6,3 %; в секторе автобусов - 6,1 %. Особую тревогу вызывает состояние дел на рынке легковых автомобилей. За 9 месяцев 2005 г. в целом российский рынок легковых автомобилей вырос до 1326,5 тыс. единиц, или на 14 %. Однако автомобили собственно российской разработки потеряли на нем 13,4 %, а "российские" иномарки приросли только на 1,2 %. В то же время доля импорта новых и подержанных автомобилей выросла на 12,2 % и превысила уже 40 %. Объем продаж новых иномарок в этом году составит более 600 тысяч единиц.

Серьезный разговор о дальнейшей судьбе российского автопрома в настоящее время чрезвычайно актуален. В особенности, если учесть, что вступило в действие постановление Правительства от 12 октября 2005 года № 609 "Об утверждении специального технического регламента "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ". Оно определило новые технические требования к автомобильной технике и установленным на ней двигателям внутреннего сгорания (нормы Euro) и сроки их введения.

Таким образом, перед российскими автомобилестроителями поставлены очень напряженные задачи, связанные с резким повышением конкурентоспособности. Собственные средства предприятий для решения этих задач из-за низкой рентабельности производства явно недостаточны. Очень схожая ситуация возникла сегодня и в американском автостроении. Ford Motor и General Motor несут серьезные потери на родном рынке, теснимые японскими и корейскими автопроизводителями. Их продажи снижаются на десятки процентов, растут убытки. В этих условиях американские производители вынуждены просить господдержки в виде налоговых льгот, что позволит компаниям увеличить инвестиции в разработку новых моделей автомобилей, модернизацию производства и обучение персонала, повысить тем самым конкурентоспособность их продукции по сравнению с автопроизводителями из Азии.

Комитет ТПП РФ по предпринимательству в автомобильной сфере, учитывая сложившуюся в 2005 г. ситуацию в автомобилестроении России, считает возможным обратиться к правительству РФ с предложением о мерах по обеспечению стабилизации работы российского автопрома



и ускорению процессов повышения конкурентоспособности его продукции. Предпринимая действия, направленные на поощрение углубления интеграционных процессов, необходимо, по мнению Комитета, обеспечить создание равных конкурентных условий для отечественных производителей. Комитет считает необходимым:

1. Принять реальные меры по снижению налоговой нагрузки на предприятия, реализовав предложения, выдвинутые на различных эта-

пах совершенствования налоговой системы с тем, чтобы предприятия имели достаточные собственные средства для модернизации производства и обновления модельного ряда продукции. При этом снижение налогов должно быть увязано с комплексом мер по улучшению инвестиционного климата. Высвободившиеся средства предприятия должны направлять преимущественно не на увеличение оборотных средств, а на аккумуляцию их для осуществления в дальнейшем развития производства.


Обсуждение и поиск новых эффективных направлений изменения российской налоговой системы, обострившиеся в последнее время, показали, что позиции бизнеса и власти сегодня далеки как никогда. Для властей налоги - это в основном фискальные рычаги, для предпринимателей - инструменты стимулирования экономики. Длительные споры по поводу снижения НДС до 13...14 %, ЕСН до 18 %, об увеличении порога доступа к упрощенной системе налогообложения с 20 до 60...100 млн рублей и других мер по снижению налоговой нагрузки на предприятия пока реальных результатов не дают из-за жесткой позиции федеральных органов исполнительной власти.

2. Стимулировать разработку и реализацию инвестиционных проектов за счет бюджетных средств по наиболее важным направлениям (развитие электронных систем управления, разработка и освоение комбинированных силовых установок, использование альтернативных видов топлива, достижение высоких экологических норм и норм безопасности). Выполнить это можно за счет льготных кредитов, гарантий, налоговых каникул, снижения до нуля ставок таможенных пошлин на импортное оборудование (не имеющее внутренних аналогов), активного развития различных форм частно-государственного партнерства.

3. Обеспечить защиту отечественного производителя путем введения таможенных тарифных и нетарифных мер с учетом ограничений, налагаемых предстоящим вхождением России в состав ВТО.

4. Продолжить совершенствование государственной политики в области ценообразования на продукцию (работы, услуги) естественных монополий и отраслевых монополий, что должно стать важнейшим фактором стабилизации российской экономики.

Цель - предотвращение безудержного роста потребительских цен и потери конкурентоспособности отечественной продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Проект закона о замораживании на 2006 г. тарифов естественных монополий (введение так называемой "тарифной паузы"), внесенной рядом депутатов Госдумы, направлен именно на решение этой задачи и должен сыграть основную роль в повышении темпов роста экономики.

Положение дел в российской автомобильной индустрии таково, что откладывать введение перечисленных выше мер на неопределенные сроки недопустимо. 

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВС

Вадим Кутенев, зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по научной работе, д.т.н.

Двигатель внутреннего сгорания был изобретен более ста лет назад. И на протяжении всего периода существования он непрерывно совершенствовался. За последние 10-20 лет для ведущих мировых производителей и потребителей автотранспортных средств одной из актуальнейших стала проблема снижения расхода топлива и выброса вредных веществ. Постоянное ужесточение экологических требований в связи с глобальным загрязнением планеты и намечающимся "парниковым эффектом", а также обострение общемирового энергетического кризиса активизировали в последние годы XX столетия поиск новых решений.

К настоящему времени успехи в развитии двигателей внутреннего сгорания (ДВС) были достигнуты в упорной конкурентной борьбе с другими видами энергоустановок. В 70-е годы прошлого века ведущие зарубежные фирмы, особенно американские (см. табл. 1), вели интенсивные исследования по созданию автомобильных газотурбинных двигателей, двигателей Стирлинга и силовых установок других конструкций, в том числе и на топливных элементах. Однако, планировавшееся их внедрение в производство, указанное внизу таблицы, так и не было осуществлено ввиду экономической нецелесообразности.

У поршневых ДВС, наиболее широко используемого типа силовых установок, есть ряд преимуществ перед другими типами силовых установок. К настоящему времени это, прежде всего, топливная экономичность и возможность удовлетворения международным требованиям по экологии. Отлаженность технологии выпуска ДВС обеспечила их низкую удельную стоимость (затраты/кВт энергии). Совершенствование рабочего процесса привело к высокой объемной (массовой) энергоёмкости (кВт/кг, кВт/м³). Изыскания многих поколений ученых и инженеров открыли, что у данной конструкции есть неиспользованные резервы для дальнейшего развития и совершенствования конструкции.

Например, существенный рост к.п.д. бензиновых двигателей и улучшение экономичности было достигнуто благодаря:

- переходу на впрыск топлива во впускной трубопровод или непосредственно в цилиндр;
- использованию наддува и переходу на четырехклапанное газораспределение;
- повышению степени сжатия до 10,5...13,0;
- расширению пределов эффективного обеднения смеси путем повышения турбулентности заряда в цилиндре.

Все перечисленные эколого-экономические показатели поршневых ДВС позволяют рассматривать их (на ближайшую перспективу) как основной вид источников энергии для автотранспортных средств.

ДВС обладают значительными резервами дальнейшего повышения характеристик. В частности, технические данные ДВС могут быть улучшены путем совершенствования электронного управления системами двигателей. Так, в последние годы появились в серийном производстве системы с управляемыми фазами газораспределения, и многие фирмы выпускают двигатели с достаточно эффективными механизмами их регулирования (Honda, Toyota, BMW и др.). Наибольшими функциональными возможностями воздействия на показатели двигателей обладает система с электромагнитным приводом клапанов и электронным управлением.

За прошедшие 30 лет с начала топливного кризиса 1976-1978 годов удельный расход топлива был снижен почти в два раза. В таб-

Д В И Г А Т Е Л И													
Параметры	Бензиновый двигатель	Дизель	Дизель усоверш.	Газотурбо двигатель	Усоверш. газотурбо двигатель.	Двигатель на аккумуляторах.	Усоверш. двигатель на аккумуляторах	Двигатель Ренкина	Усоверш. двигатель Ренкина	Двигатель Стирлинга	Усоверш. двигатель Стирлинга	Усоверш. двигатель другой конструкции	Двигатель на топливных элементах
Удовлетвор. нормам токсичности, год		1975	1976	1975	1976	ТЭЦ	ТЭЦ	1976	1976	1976	1976	1976	1976
Многоотпливность	X - O	Y	X	O	O	ТЭЦ	ТЭЦ	O	O	O	O	O	O
Расход топлива	100	66,6	75	150	75...150	75...150	75...150	150...200	125	66,6	50...75	75	50...75
Шумность	X	Y - X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Безопасность	O	O	O	O	O	Y	X	X	X	O	O	O	X
Стоимость	100	200	100	250	100	500	275	300	275	150...200	100	150...200	1000
Пуск	X	O3	O3	O3	O3	O	O3 - O	O3	O3	O3	O3	O3	O3
Устойчивость работы	O	O	O	O	O	Y	Y - X	Y - X	П	O	O	O	O
Транспортабельность	O	X	X	X - O	O	П - Y	O	X	X	X	O	X - O	O
Удобство обслуживания	O	O	O	O	O	X	X	П - O	O	П - O	O	O	X
Регулирование	O	Y	O	Y	Y	Y	O	Y - X	X	O	O	O	O
Легкость управления	O	O	O	Y	Y	ОД	ОД	П	П	X	O	Y - O	X
Технологичность	O	X	X	Y	X	X	X	П	X	X	O	X - O	O
Габариты	100	225	75	100	100	-	150	150	100	75...100	75	100	300
Вес	100	200	75	75...100	50...75	-	150	176...250	150	125	66	100...150	-
Суммарная оценка	O	Y	O	O	O	П	O	П	П	X	X	X	O
Настоящее положение	массовое пр-во	огран. пр-во	-4 года	проект	-4 года	огран. пр-во	-4 года	-2 года	-4/6 лет	-2/3 года	-5/10 лет	-5/10 лет	-15 лет
Начало производства опытных образцов	есть	есть	1980	1978	1982	есть	1980	1979	1981	1981	1981	1981	1992
Начало массового производства	есть	1976	1983	1984	1984	1976	1984	1983	1985	1983	1984	1984	1996

П - плохое; Y - удовлетворительное; X - хорошее; O - отличное; O3 - отличное, но с задержкой; OД - отличное, но дорогое

Таблица 2

Параметр	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Удельный расход топлива в л/100 км, приведенный к 1000 кг снаряженной массы автомобиля	13,0...	11,8...	10,0...	8,5...	7,7...	7,0...	6,5...	6,0...
	12,0	10,8	9,0	7,5	7,1	6,5	6,0	5,5

лице 2 приведено изменение по годам средних значений удельных эксплуатационных расходов топлива в литрах на 100 км пробега, приведенных к 1000 кг снаряженной массы автомобиля, которые достигнуты основными производителями легковых автомобилей.

Следует отметить, что в настоящее время другой удельный показатель расхода топлива в литрах на 100 км, отнесенный к одному литру рабочего объема двигателя, составляет для бензиновых двигателей с искровым зажиганием 4,5; а для двигателей с воспламенением от сжатия - 3,0.

Однако до настоящего времени не освоены наиболее эффективные методы повышения к.п.д. как существующих ДВС, так и других конструкций ДВС, поскольку не были созданы работоспособные конструкции регулирования степени сжатия и рабочего объема. Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что путем оптимизации степени сжатия и рабочего объема ДВС может быть улучшена эксплуатационная топливная экономичность и обеспечено снижение выброса парниковых газов (CO₂) в условиях городского движения от 20 до 40 %!

На рис. 1 приведены экспериментальные данные, свидетельствующие о снижении расхода топлива, а также уменьшении выбросов CO₂ при изменении степени сжатия от 7 до 14 единиц на режиме холостого хода, который составляет более 30 % в Европейском ездовом цикле, характерном для условий движения транспорта в современных крупных городах.

Практическая реализация идеи, связанной с регулированием степени сжатия и рабочего объема, представляет собой чрезвычайно сложную научно-техническую задачу. В отечественной практике попытки проведения исследовательских работ по регулированию рабочего объема были предприняты в 1984-1985 годах на автополигоне НАМИ. Были созданы два опытных образца:

- транспортное средство на базе автомобиля "Волга" ГАЗ-24 с модульной силовой установкой (МСУ), состоящей из двух двигателей ВАЗ-2101, последовательно соединенных между собой сцеплением;
- транспортное средство на базе автомобиля ЗИЛ-130 с двигателем рабочим объемом 6 и 3 литров.

Эти эксперименты были проведены с целью выявления реальных возможностей снижения расхода топлива путем регулирования рабочего объема. Результаты натурных испытаний показали, что может быть достигнуто уменьшение расхода топлива при выполнении Европейского ездового цикла на 26 % по сравнению с серийным автомобилем "Волга" ГАЗ-24 (11,1 л/(100 км) против 15 л/(100 км)). Кроме того, отмечалось значительное снижение расхода топлива автомобиля ЗИЛ-130 с двигателем объемом 3 л по сравнению с 6-литровым образцом (на скорости движения 25 км/ч на 40 %) (см. рис. 2).

В 1988г. в НАМИ в развитие работ, выполненных ранее на автополигоне института, была создана модульная силовая установка (МСУ) на базе двух роторно-поршневых двигателей ВАЗ-311. Эта МСУ была установлена на автомобиль "Волга" и прошла цикл стендовых и эксплуатационных испытаний, которые также подтверждали снижение расхода топлива на 30...32 % в Европейском ездовом цикле.

Итак, создание двигателя с регулируемым рабочим объемом и степенью сжатия реально может обеспечить снижение расхода топ-

лива в городских условиях движения на 28...32 %. Следует обратить внимание на то, что такое же снижение расхода топлива, а значит и выброса CO₂ (парниковых газов) рекламируют производители комбинированных энергетических установок (КЭУ).

Нерешенная конструкторами ДВС проблема резкого снижения расхода топлива и CO₂ автомобилями массового производства привлекла внимание конструкторов других отраслей промышленности (в частности, электротехнической). Они обратились к созданию сначала электромобилей, а затем и автомобилей с гибридными силовыми энергоустановками (см. "Двигатель" № 1 и 2 от 2005 г.).

Под гибридной или комбинированной силовой энергоустановкой (КЭУ) подразумевают комплексную силовую установку, состоящую из поршневого ДВС, электрогенератора, приводных электродвигателей, накопителя электроэнергии (аккумулятора) и системы микропроцессорного управления и оптимального регулирования.

Производство первых гибридных автомобилей с 1998 г. освоила фирма "Тойота". В настоящее время эксплуатируется около 120 тысяч автомобилей "Тойота Приус" в более чем двадцати странах мира. К производству автомобилей с КЭУ приступили или приступают в ближайшие годы японские фирмы "Хонда", "Нисан", "Мазда", а также американские "Дженерал Моторс", "Форд", и корейские "Хюндай" и "КИА".

Возможности автомобилей с КЭУ, производство которых планируют начать в ближайшее время, можно оценить, анализируя фирменные рекламные и эксплуатационные данные по топливной экономичности. Так, фирма "Тойота" на минивэне Estima повысила его экономичность на 180 % и достигла расхода топлива 3,48 л/(100 км), а на новой модели автомобиле "Приус" достигла расхода топлива 2,8 л/(100 км). Фирма "Хонда" на автомобиле Insight в городских условиях обеспечила расход на уровне 3,8 л/(100 км). Фирма "Дженерал Моторс" объявила о 30-процентном снижении расхода топлива на своем автомобиле с КЭУ.

Однако автомобили с КЭУ имеют дополнительные системы, которые увеличивают массу силовой установки вдвое, в то время как на двигателях с регулируемым рабочим объемом увеличение массы не превышает 10 %, а в случае использования блочно-модульной конструкции ДВС превышение составит не более 30 %; при этом сохраняется возможность использования комплектующих изделий массового основного производства. На изготовление дополнительных систем КЭУ, которые являются весьма трудоемкими, требуются цветные металлы (электродвигатели, электрогенератор, накопители энергии (аккумуляторы) и др.), что несопоставимо с затратами на изготовление блочно-модульного ДВС.

Проблемным вопросом как для МСУ, так и для КЭУ остается необходимость оптимизации характеристик ДВС на различных режимах и при различных частотах вращения вала в зависимости от требуемой для автомобиля мощности, то есть для различных условий работы ДВС в городских условиях и на магистралях. Изучение влияния формы универсальной характеристики двигателя на топливно-экономические и экологические показатели автомобиля ведется с 60 - 70 годов минувшего столетия. В результате анализа был предложен метод обработки площади универсальной характеристики с постоянными значениями изучаемого параметра ДВС (ge, CO, CH, NO_x и др.) в криволинейные зависимости, что позволило объективно сравнивать любые по литражу ДВС: как бензиновые, так и дизельные, а также работающие на газовом топливе.

При движении автомобиля в городских условиях на малых скоростях от 10 до 60 км/ч ДВС работает в диапазоне малых нагрузок

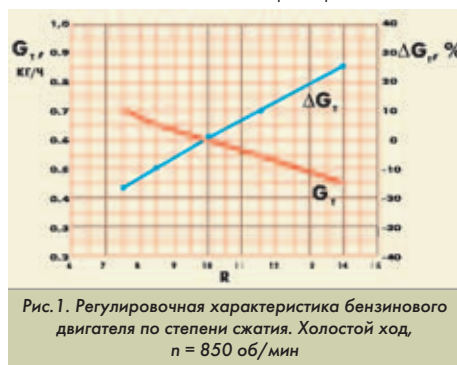


Рис. 1. Регулировочная характеристика бензинового двигателя по степени сжатия. Холостой ход, n = 850 об/мин

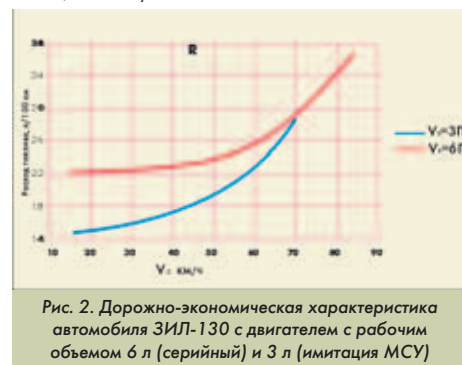


Рис. 2. Дорожно-экономическая характеристика автомобиля ЗИЛ-130 с двигателем с рабочим объемом 6 л (серийный) и 3 л (имитация МСУ)

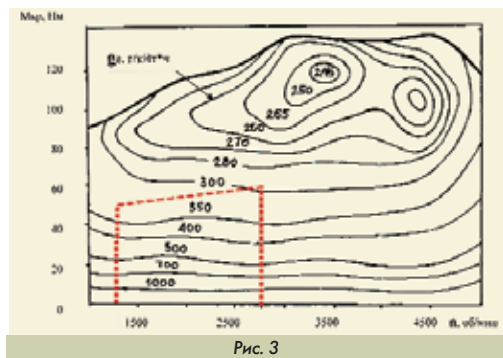


Рис. 3

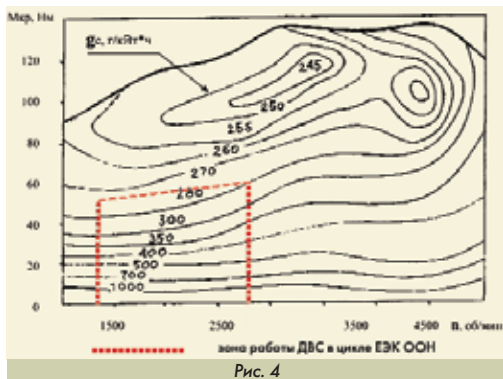


Рис. 4

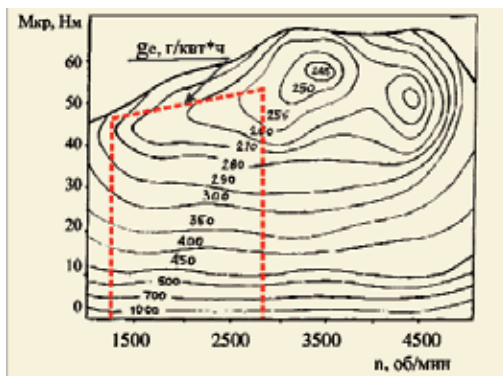


Рис. 5. Универсальная характеристика двигателя по g_e , г/кВт·ч ВАЗ-2112 (№ 3) с рабочим объемом 0,9 л. зона работы ДВС в цикле ЕЭК ООН

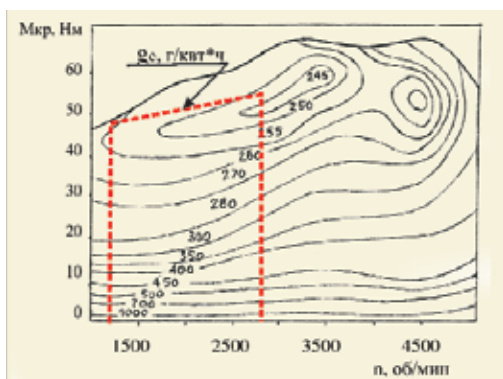


Рис. 6. Универсальная характеристика по удельным расходам топлива g_e , г/кВт·ч, двигателя ВАЗ-2112 (№ 4) с регулируемым рабочим объемом от 0,9 до 0,6 л зона работы ДВС в цикле ЕЭК ООН различных двигателей.

и малых частот вращения вала. На рис. 3 приведена универсальная характеристика серийного двигателя "ВАЗ-2112" по удельным расходам топлива с нанесенными зонами работы в процессе выполнения ездовых циклов по Правилу № 83 ЕЭК ООН. Представленная характеристика свидетельствует о том, что реальные режимы работы (ДВС) находятся далеко от зоны минимальных удельных расходов топлива. Исходя из вышеизложенного, необходимо осуществить изменение формы универсальной характеристики с целью смещения зоны минимальных удельных расходов топлива из области больших частот вращения вала и нагрузок в зону малых оборотов и средних нагрузок. Осуществление этого мероприятия весьма сложно и малоэффективно из-за известных на текущий момент недостатков методов совершенствования рабочих процессов ДВС, связанных с ухудшением показателя экономичности при больших частотах вращения вала и нагрузках.

Таким образом можно сделать вывод о том, что для получения наибольшего эффекта по снижению расхода топлива и CO_2 (парникового газа), а также выброса вредных веществ, необходимо уменьшение литража ДВС (не менее чем вдвое), с тем, чтобы соединить режимы работы в условиях города автомобиля с зоной наименьших удельных расходов топлива.

В настоящее время в мировой практике двигателестроения рассматриваются (исследуются и активно патентуются) два направления регулирования рабочего объема (V_h) ДВС. На рис. 4 приведена расчетная универсальная характеристика двигателя "ВАЗ-2112" в случае регулирования (уменьшения) рабочего объема в ди-

апазоне от 1,6 до 0,9 л путем изменения хода поршня. Кривая демонстрирует значительное уменьшение удельного расхода топлива в зоне малых нагрузок и оборотов. Однако наибольший эффект снижения расхода топлива в условиях городского движения можно получить в случае использования силовой установки в блочно-модульном варианте, когда два двигателя малого литража (например, 0,9 л + 0,9 л) соединены через муфту сцепления с электронным управлением. Один из двигателей работает постоянно, а второй может включаться или выключаться системой управления при необходимости. Для получения максимальной мощности или максимальной скорости работают два двигателя. В условиях городского движения на малых (30...40 км/ч) и средних скоростях (60...80 км/ч) работает один двигатель, что позволит снизить расход топлива на 25...30 % благодаря повышению индикаторного и механического к.п.д. Если же этот основной двигатель будет оснащен устройством регулирования рабочего объема от 0,9 до 0,6 л (путем изменения хода поршня), тогда эффект снижения расхода топлива устойчиво может быть достигнут на уровне 30...35 % (рис. 5 и 6). На рис. 7 показана эволюция снижения удельных расходов топлива при работе рассматриваемых четырех ДВС в зоне стандартизированных режимов европейского цикла движения по Правилам ЕЭК ООН № 83.

Сравнивая средние значения удельных расходов топлива четырех силовых установок двигателей (№ 1, 2, 3, 4) для 50 % площади универсальной характеристики, показатели которой будут формировать эксплуатационный расход топлива автомобилем, нетрудно установить экономично горючего и закономерность уменьшения расхода топлива по сравнению с двигателем № 1:

- двигатель № 1 - 380 г/кВт·ч (100 %);
- двигатель № 2 - 310 г/кВт·ч (82 %);
- двигатель № 3 - 305 г/кВт·ч (80 %);
- двигатель № 4 - 270 г/кВт·ч (71 %).

Выполненные расчеты по методике НАМИ "Определение расхода топлива и выбросов вредных веществ" на режимах движения Правил № 83 ЕЭК ООН обеспечили получение следующих результатов (табл. 3):

Таблица 3

Двигатель	№1	№2	№3	№4
Рабочий объем, л	1,6	1,6 - 0,9	0,9	0,9 - 0,6
Расход топлива по городскому ездовому циклу, л/100 км	10,93	9,46	8,50	7,44
Снижение расхода топлива по сравнению с двигателем № 1, %:				
- для двигателя с регулируемым рабочим объемом	-	13	22	32
- для двигателя с регулируемым рабочим объемом и регулируемой степенью сжатия	-	19	30	39

Таким образом, при использовании силовой установки № 4 возникает возможность значительного улучшения показателей автомобиля, характеризующих расход топлива и снижение выбросов CO_2 . При совместном использовании двигателя № 4 и КЭУ можно прогнозировать снижение расхода топлива и уменьшение выброса CO_2 относительно двигателя № 1 на 50...60 % (на 30...35 % благодаря использованию двигателя № 4 с регулируемым рабочим объемом и степенью сжатия и на 20...30 % - благодаря применению КЭУ).

Все вроде ясно, вопрос только один: ну почему наши производители автомобилей и новые владельцы российских предприятий не используют эти возможности?

КОНВЕРТИРОВАНИЕ АВТОМОТОРОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ НА АЭРОСАНИ

"Затем я считаю, что необходимо поставить вопрос о широком производстве аэросаней. Они в будущем должны сыграть очень большую роль в качестве прекрасного средства связи для наших районов и М.Т.С. Они дадут нам возможность организовать быструю связь между отдаленными друг от друга колхозами, особенно там, где бездорожье и прочие условия не разрешают пользоваться автомобилем или даже лошадью".

(Из выступления маршала Советского союза тов. С.М. Буденного на XVII партсъезде)

Александр Кириндас

К началу 30-х годов минувшего века аэросани окончательно утвердились в роли единственного вида зимнего механического транспорта для бездорожья. Поскольку полугусеничные автомобили за пределы полигонов выбирались крайне редко и ненадолго, а вертолеты и автожиры того времени летали "низенько-низенько" и только в хорошую погоду недалеко от аэродрома, говорить о недостатках аэросаней, как "единственных и неповторимых", можно было лишь с определенной долей условности.

Главная претензия эксплуатантов была связана с невысокой экономичностью аэросаней. Пересев зимой из легкового автомобиля в аэросани, потребитель с неудовольствием подмечал, что установленный на санях авиамотор весьма "прожорлив" и "более разборчив": автомобильный бензин второго сорта, легко перевариваемый "Фордиком" или "Газиком" ему не годился.

Поэтому "Автодором" был брошен клич: "Строить аэросани с мотором "Форд"!". Чтобы выяснить, как обстоит дело с реализацией указанного начинания, "Автодор", который боролся с одной из двух исконных русских проблем как путем постройки дорог, так и созданием внедорожного транспорта, в феврале 1934 г. устроил "слет аэросаней и вездеходов".

Аэросаней с авиамотором на слет прибыло аж целых три штуки. Это были: ГГАТ, построенные в Горьковском техникуме ГВФ по проекту М.В. Веселовского, А-2, построенные в мастерских московского водно-моторного клуба "Автодора" по проекту братьев Бескурниковых, и А-3, построенные в ОСГА (так называлась организация по строительству глассеров и аэросаней, существовавшая в 30-е годы и структурно входившая в НИИ ГВФ) по проекту С.В. Коростелева. Кроме того, на слет "за компанию" (но не для участия в конкурсе) прибыли аэросани ОСГА-4 с мотором НАМИ-1, аэросани ОСГА-6 с мотором М-11, полугусеничный вездеход конструкции Гусева из правительственного гаража и вездеход НАТИ.

Аэросани А-2 были построены на средства Центрального совета "Автодора". Доработка мотора аэросаней А-2 сводилась главным образом к введению упорного подшипника и монтажу на хвостовик коленвала вместо маховика специальной удлиняющей насадки для установки воздушного винта. Предполагалось, что должным образом отбалансированный винт будет выполнять роль маховика.

Аэросани ГГАТ были построены на хозяйственных началах на привлеченные внебюджетные средства. Деньги на постройку двух

первых образцов собрали члены низовой ячейки "Автодора" при Горьковском управлении пожарной охраны. Аэросани предполагалось использовать в качестве инспекторских и агитационных. В отличие от А-2 мотор ГАЗ-А для установки на ГГАТ был подвергнут более серьезной доработке:

"Мотор ГАЗ стандартный, но с алюминиевой крышкой, максимальная мощность - 48 л.с. [так в документе - прим. авт.]. Маховик сохранен, но облегчен, из механизма сцепления вынуты детали выключения сцепления, таким образом, что остается лишь фрикцион. Назначение его - допустить проворачивание коленчатого вала двигателя в случае мгновенной остановки винта при ударе о какой-либо предмет, предупреждая таким образом поломку коленчатого вала; для уменьшения проскальзывания пружины фрикциона дополнительно сжаты подставкой под них стаканчиков. Глушитель отсутствует".

Аэросани ГГАТ (как и большинство последующих аэросаней Веселовского) имели цельный стальной винт. Винт изготавливался по довольно сложной технологии. Вначале на "Красном Сормове" делали поковки, а после следовала ручная доводка напильником и полировка. Весной 1997 г. в частной беседе с автором бывший сотрудник техникума М.И. Фомин в откровенно просторечных выражениях дал свою, далекую от восторга, оценку технологии.

Аэросани А-3 были построены на средства Центрального совета "Автодора". На А-3 для снижения центра тяжести и обеспечения оптимальной частоты вращения винта мотор ГАЗ-А был установлен в нижней части корпуса на "усиленных брусках". В силовой установке были сохранены механизм сцепления и маховик. Вал сцепления на А-3, в отличие от автомобиля, соединялся не с коробкой передач, а с ведущим шкивом ременной передачи к воздушному винту. Вал с воздушным винтом и ведомым шкивом был закреплен в верхней части корпуса аэросаней на специальных ползунах, которые позволяли регулировать натяжение приводного ремня путем перемещения всего узла по высоте.

Еще по двум аэросаням (ОСГА-8 и ОСГА-10) НИОКР к моменту проведения конкурса находились в начальной стадии.

17 февраля 1934 г. на льду Москвы-реки подле ЦПКИО им. Горького были устроены соревнования, на деле превратившиеся в сольное выступление ГГАТ, которые успешно совершили поездки с одним, тремя и шестью пассажирами. Скорость ГГАТ на мерном километре с шестью пассажирами, облепившими сани снаружи (вну-



Аэросани А-2



Аэросани ГГАТ



Слет 1934 года

три было всего три места, включая водителя), составила 21,48 км/ч, а скорость А-2 с одним водителем - 16,85 км/ч. сани А-3 после одного пробного выезда были сняты с испытаний ввиду явной неконкурентоспособности: ремень проскальзывал на шкивах вследствие попадания снега. Впрочем, впоследствии А-3 участвовали в маневрах МВО, где пострадали из-за "наезда танка" (учитывая количество имевшихся на тот момент в РККА танков и аэросаней данное событие можно смело назвать уникальным), после чего перекочевали на задворки ОСГА, где и сгнили через несколько лет.

К 1935 г. по проекту М.В. Веселовского была построена серия из 10 аэросаней ГГАТ. Две машины использовались Горьковским управлением пожарной охраны для инспекторских поездок. Три машины возили почту в районе Холмогор, две машины решили испытать в пробеге "имени 7-го съезда Советов", устроенном согласно постановлению СТО, а остальные несли службу в родном городе и его окрестностях. Постановление СТО вышло 13 января 1935 г., поэтому без неприятностей не обошлось. Начало пробега отметились тяжелой аварией: аэросани ГГАТ № 9 "догнали" ГГАТ № 7. Под ударами стального винта передняя часть корпуса № 9 превратилась практически в труху. Пробег все же состоялся, но, уже, разумеется, без саней № 9, останки которых доставили в ОСГА. Аэросани ГГАТ № 7 успешно завершили пробег и получили восторженные отзывы в прессе.

Аэросани ОСГА-8 строились на госбюджетные ассигнования: в 1933 г. было выделено 30 тыс. руб. И это только на постройку, не считая НИР. Однако деньги кончились раньше, чем аэросани были достроены, поэтому работа затянулась, и для достройки ОСГА-8 использовали воздушный винт, части лыж и ряд мелких деталей, снятых с потерпевших аварию саней ГГАТ-3.

При разработке ОСГА-8 предполагалось придать хорошую обтекаемую форму корпусу и одновременно понизить центр тяжести аэросаней. Для этого конструктор Емельянов переконструировал двигатель ГАЗ-А, рассчитывая, что тот сможет работать в перевернутом положении:

"Смазка в новом двигателе осуществлялась целиком под давлением. Для этого был просверлен коленчатый вал, сделаны специальные каналы в картере, к шатунам были припаяны трубки. Так как мотор должен был работать вниз цилиндрами, то цилиндры были закрыты крышками для предотвращения попадания большого количества масла в перевернутые поршни. Железный картер двигателя был заменен легким, низким алюминиевым картером. Сбоку мотора был укреплен масляный бачок, соединенный с масляной помпой. Масляная помпа была установлена с нижней стороны, т.е. в перевернутом моторе в месте установки распределителя и прерывателя, а последний укреплен сверху там, где ранее находилась масляная помпа. Карбюратор был расположен почти в самой нижней точке мотора. Кроме этого, мотор был снабжен диафрагменным бензиновым насосом. Мотор был укреплен на трехстержневой раме, а воздушный винт - на валу нормального упорного механизма".

Поскольку оригинальность превалировала над рациональностью, то попытки испытать ОСГА-8 окончились полным провалом - сани даже не двинулись с места.

Аэросани ОСГА-10, имевшие силовую установку, подобную А-2, так и не были достроены, так как их проектные параметры вышли не лучше, чем у уже построенных ГГАТ.

Подобные демонстрации достижений не могли пройти бесследно - вскоре КБ М.В. Веселовского на длительное время стало монополистом в деле разработки аэросаней с автоматом. В 1935 г. Горьковский техникум ГВФ был ликвидирован, и КБ Веселовского перебралось на горьковский завод "Красный металлист", где на стрелке Оки и Волги был организован аэросанный цех. В начале марта 1936 г. по проекту М.В. Веселовского специально под перспективный мотор М-1 были построены аэросани КМ-4. В связи с задержкой поставки мотора (первый М-1 был изготовлен 18 марта) на опытный образец установили мотор ГАЗ-А. Аэросани своим ходом прибыли в Москву, где с 8 по 10 марта успешно прошли испытания, после чего были рекомендованы к серийному производству. Переделки мотора свелись в основном к установке редуктора,



Обслуживание силовой установки аэросаней КМ-5

который обеспечивал уменьшение частоты вращения винта до оптимальной величины, а также позволял несколько выше (на 133,5 мм - пустячок, а приятно) относительно оси вала мотора поместить ось винта и, соответственно, снизить центр тяжести. До лета 1941 г. завод построил 68 аэросаней КМ-4 с мотором М-1, рассчитанных на перевозку четырех пассажиров или носилочного больного в сопровождении врача.

В связи с появлением нового шестицилиндрового мотора ГАЗ-11 были разработаны аэросани КМ-5, отличавшиеся лучшей весовой культурой и более совершенными аэродинамикой и эстетикой внешних форм. Как обычно, из-за задержки поставки мотора ГАЗ-11 на опытный образец был установлен двигатель М-1. В период с 26 февраля по 19 марта 1939 г. аэросани были испытаны в пробеге протяженностью 1520 км по маршруту Горький - Шарья - Никольск - Великий Устюг - Котлас и обратно. В Котласе аэросани подверглись испытаниям комиссией, состоявшей из представителей УВВС РККА, Наркомсвязи и Наркомлеса. Аэросани были рекомендованы к серийному производству. На КМ-5 впервые в отечественной "аэросаностроительной" практике попытались применить винт изменяемого шага. В теории это позволяло значительно повысить к.п.д. на различных режимах движения. Однако создание надежного механизма изменения шага оказалось непосильной задачей для маленького коллектива "Красного металлиста", поэтому лопасти винта на КМ-5 в зависимости от состояния пути и предполагаемой скорости движения можно было предварительно установить в одно из нескольких фиксированных положений. Этот процесс оказался довольно трудоемким, и указанное не вполне удачное техническое решение не нашло распространения.

По организационным причинам до лета 1941 г. был изготовлен только один экземпляр серийных аэросаней КМ-5 с мотором ГАЗ-11, который использовался для испытания новых моделей подвесок и др. Опытный образец КМ-5 с мотором М-1 с началом Зимней войны был отправлен в действующую армию, и дальнейшая его судьба не известна. 7 июня 1941 г. аэросанный цех завода "Красный металлист" был ликвидирован, а Веселовский с ближайшими соратниками перебрался в Горьковский политехнический институт.



Аэросани РФ-8

Уже через считанные дни жизнь властно внесла свои коррективы. 29 июля зампред Совнаркома В.А. Малышев вызвал М.В. Веселовского и его ближайших помощников в Москву. Собравшимся на совещании объявили о необходимости в кратчайшие сроки разработать проекты боевых и транспортных аэросаней. К детальной разработке Малышевым были утверждены машины, названные впоследствии НКЛ-16, НКЛ-26, РФ-7 и РФ-8. Конструкция НКЛ-26 разрабатывалась совместными усилиями горьковчан и ОКБ завода № 41, возглавлявшегося Н.М. Андреевым. Опытный образец НКЛ-26 с макетным вооружением (вместо турели - фанерный кружок) на колесах (по причине отсутствия снега) был испытан в Подмоскowie в сентябре 1941 г. После чего горьковчане вернулись домой и сосредоточились на РФ-6 - так были названы боевые аэросани с автомобильным двигателем М-1. КБ Веселовского было восстановлено под названием "Особое конструкторское бюро Народного Комиссариата речного флота" (ОКБ НКРФ). Первоначально КБ размещалось на площадях судоремонтного завода "Имени 25 октября", а позднее переехало на территорию Горьковского института инженеров водного транспорта.

К 5 ноября 1941 г. завод "Имени 25 октября" изготовил опытный образец аэросаней. РФ-6 были конструктивно выполнены по четырехлыжной схеме, с двумя передними управляемыми лыжами. Корпус полукрытый двухместный, с последовательным расположением мест экипажа. Стрелок, он же командир, располагался спереди, водитель сзади. Моторама представляла собой пространственную ферму из металлических труб, очень прочную и легкую одновременно. Аэросани, с учетом изменений, внесенных в конструкцию по результатам испытаний, были приняты к серийной постройке в соответствии с постановлением ГКО № 1057 от 24 декабря 1941 г. Серийные аэросани, названные РФ-8, вместо моторной рамы получили деревянный пилон. В развитие постановления ГКО нарком среднего машиностроения своим приказом Л-197-ПСС обязал директора ГАЗа Лоскутова организовать серийное производство РФ-8 и сдать 300 аэросаней в январе 1942 г. Еще до выхода приказа НКСМ И.Ф. Сталин лично позвонил Лоскутову и, сообщив о решении ГКО, на выпуск серийных чертежей дал пять дней. В этот же день Лоскутов приказом по заводу № 196 поручил главно-

му конструктору ГАЗа Липгарту переработать чертежи аэросаней применительно к условиям завода. В действительности изменения вносить не пришлось, поскольку большинство деталей изготавливали "на универсальном оборудовании с применением ручной работы". Фактически был изготовлен только новый редуктор винтомоторной группы. 2-3 января 1942 г. серийные чертежи были утверждены М.В. Веселовским и согласованы с военпредами. Первые машины предполагалось отправить заказчику уже 5 января. Сборка аэросаней была организована на филиале ГАЗа "Автобусный завод" (ГЗА). Аэросаней по данным военных было изготовлено 309, а по данным завода - "более двух тысяч".

Эксплуатация выявила недостаточную прочность подмоторных деревянных пилонов, поэтому на многих машинах в полкустарных условиях они заменялись фермами, сваренными из труб или стальных профилей - фронтовые умельцы вернулись к первоначальному варианту.

За создание и освоение в производстве в кратчайшие сроки военных аэросаней группа конструкторов и производственников была награждена орденами и медалями. Указ публиковался в "Правде" 22 и 23 июня 1942 г. М.В. Веселовский был удостоен ордена Красной Звезды.

Аэросани РФ-8 стали последними отечественными серийными аэросанями с автоматом. В дальнейшем ОКБ НКРФ были разработаны и построены в одном экземпляре аэросани РФ-10 с мотором М-1 и РФ-10-ИИ с мотором ГАЗ-11, которые использовались для служебных поездок руководством Верхне-Волжского пароходства.

В дальнейшем в течение длительного времени аэросани с автоматом строились практически исключительно любителями. Подобные конструкции не всегда обладали высоким техническим совершенством. В числе лучших любительских аэросаней с автоматом можно назвать конструкцию В.П. Румянцева, разработанную бывшим фронтовым разведчиком - инвалидом войны из города Шарья. Аэросани проходили испытания весной 1961 г. Они имели мотор ГАЗ-ММ, дооборудованный самодельным редуктором с передаточным отношением 1,55. При изготовлении редуктора были использованы готовые зубчатые колеса третьей и пятой передачи КПП грузовика ЗИЛ-150. Винт деревянный самодельный, диаметром 2,2 м. Сухой вес ВМГ составлял 217 кг. Масса пустых аэросаней составляла 480 кг, а с запасом ГСМ, ЗИПом, водителем и двумя пассажирами - 798 кг. Аэросани разгонялись до 70 км/ч. Эстетика внешних форм, конструктивное совершенство и качество изготовления этих аэросаней могли бы сделать честь даже солидному КБ.

Весной 1964 г. закончились неудачей испытания амфибии ПА-18, сконструированной на предприятии п/я-3420. При разработке этой машины, обладавшей снаряженной массой 2500 кг, было применено несколько вполне рациональных по замыслу, но крайне неудовлетворительных по воплощению технических решений. На ПА-18 был установлен автомобильный мотор мощностью 180 л.с., что обеспечило амфибии не просто плохую, а "никакую" динамику - на снегу машина не могла самостоятельно тронуться с места. С целью снижения центра тяжести мотор был расположен в нижней части корпуса, а привод к винту осуществлялся через Z-образную колонку, при этом "жесткая валовая линия силовой передачи" являлась "источником постоянных поломок редукторов и рамы верхнего редуктора из-за различных их колебаний". В конструкции отсутствовала амортизирующая муфта, необходимая для предотвращения подобных поломок. И, кроме того: "На ПА-18 предусмотрено торможение машины реверсом воздушного винта. Тем не менее, система управления с механическим приводом предусматривает перевод винта в положение "реверс" путем длительной перемотки троса штурвалом. Такое управление не обеспечивает быстроты торможения и требует от водителя дополнительного внимания и напряжения, так как приходится снимать правую руку со штурвала, что в условиях эксплуатации машины по снежному бездорожью, на ледяной поверхности и при движении по битому льду совершенно недопустимо".

Правомерно ли завершать на минорной ноте рассказ об истории применения автомоторов на аэросанях, покажет время. **А**



В.П. Румянцев у аэросаней собственной конструкции



Амфибия ПА-18

Сравнительные преимущества различных систем клапанов в автомобильных двигателях.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ КЛАПАНОВ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Окончание. Начало в "Двигатель" №3-5 за 2005 г.

Инженер Б. Ловачь-Жученко

Бесклапанный двигатель Найта

Этот двигатель как раз представляет пример двигателя с двойным цилиндрическим золотником и приводом 2-го класса (качательным). Устройство его было подробно рассмотрено в № 20 "Двигателя", за 1910 г. "Бесклапанные двигатели для автомобилей" [От редакции: эта статья будет опубликована в последующих номерах журнала "Двигатель" в 2006 г.], здесь рассмотрим его кратко, лишь со стороны его кинетических свойств, какое место оно занимает в общем ряду всевозможных устройств органов распределения и их приводов.

Представленный в разрезе на фиг. 37 в указанном номере [см. "Двигатель" № 5, 2005 г.] двигатель Найта имеет 5" диаметр и 6" ход поршня, эксцентриситет эксцентриков равен полдюйма, длина приводной тяги для внутренней втулки 2 1/2"; для внешней - 4". Высота впускных и выпускных окон в золотниковых втулках 1/2" и длина 5 3/4". Впуск начинается при крайнем верхнем положении поршня, в этот момент внутренняя втулка находится в самом нижнем положении и соответствующий эксцентрик - на нижнем центре. Внешняя втулка со своим эксцентриком движется на 90° сзади и, следовательно, находится в среднем положении. Открытие золотников может быть найдено графическим путем.

Кривые открытий клапанов друг от друга мало отличаются, и поэтому здесь приходится повторить предыдущие выводы, а именно, что данная система в отношении скорости открывания и закрывания окон не представляет преимущества перед другими, включая подъемные сквозные клапана. Поэтому, преимущества Найтовского двигателя находятся совсем в другой области, и о них уже подробно говорилось в вышеупомянутой статье. Успех двигателей Найта вызвал появление на рынке других похожих конструкций, например, двигателя системы Riley. Движение получается точно также от эксцентрикового привода, но устройство его несколько другое; кроме того, для охлаждения золотниковых втулок между ними и поршнями имеются водяные рубашки.

Поршневые золотники

На фиг. 40 изображен двигатель с двумя поршневыми золотниками, из которых левый служит для впуска, а правый для выпуска. Как видно, на коленчатом валу насажена зубчатая шестерня А, от которой вращение передается с половинной скоростью двум зубчатым колесам В и С.

На их осях насажены кривошипы М и N, от которых движение посредством тяг Р и R передается угловым рычагам S и T, подымающим и опускающим поршневые золотники. Диаметр поршневых золотников 2".

Впуск продолжается на 210° пути шатуна или 105° пути кривошипа распределительного валика, а наибольшее открытие окна получается, когда кривошип распределительного валика не дойдет на 52,5° до нижней мертвой точки.

Путь поршневого золотника, который он пройдет от своего крайнего положения, при повороте своего кривошипа на этот угол определяется из уравнения

$$X = 2 \cdot (1 - \cos \alpha) \pm L(1 - \cos \beta). \quad (1)$$

Здесь α и β обозначают углы поворота кривошипа главного и кулачкового валов. Эту формулу с достаточной точностью можно преобразовать в

$$X = 2 \cdot (1 - \cos \alpha \pm 1/2 \lambda \cdot \sin^2 \alpha). \quad (2)$$

Для данного случая можно принять: $L = 60$ и $\lambda = 1/4$; при этих данных получается $X = 0,34$ ".

Если поршневой золотник не имеет набивочных колец, то площадь открытия окна будет $2 \cdot \pi \cdot 0,34 = 2,14$ квадрат. дюйма.

Если же поршень золотника снабжен для непроницаемости набивочными кольцами, тогда отверстие окна не может быть в виде сплошного кольца, а должно быть снабжено несколькими ребрами, как у круглых золотниковых коробок паровых машин, и в этом случае "чистая" площадь открытия окна получится меньше, ибо из полученной выше величины придется вычесть площадь ребер.

Высота выпускного окна по той же формуле получится несколько больше, именно около 0,4" для выпуска, продолжающегося на 225° пути шатуна, но площадь открытия окна при золотнике с набивочными кольцами получается все-таки меньше, чем при сквозных цилиндрических клапанах.

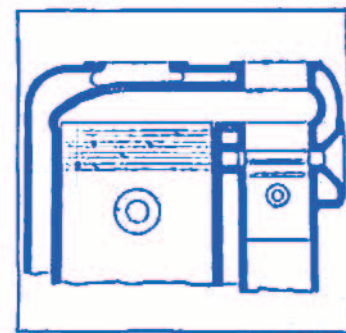
Преимущества установившегося течения газов

Установившийся поток газа обладает большими преимуществами: от изменения скорости во впускной трубе и пролетах, причиняющих сотрясения и потери от инерции газов, и благоприятствует установлению правильного истечения бензина из насадки в карбюраторе; впрочем, этому же помогает и установившейся ток воздуха в карбюраторе.

В отношении постоянства потока газа поршневые золотники стоят выше всех остальных систем органов газораспределения, ибо открытия окон легко могут быть сделаны больше, увеличивая ход золотника, кроме того, посредством надлежащего привода, можно устроить так, что окно будет открываться когда поршневой золотник при своем движении будет удаляться от распределительного валика; в этом случае последний член в формуле (2) изменит свой знак с "-" на "+" и величина X вместо 0,34" получится 0,445", т. е. увеличится на 31 %.

Однако с механической стороны применение поршневых золотников обладает и некоторыми недостатками: так, золотники вместе со своими приводами должны быть уравновешены, чтобы не вызывать сотрясений; далее, устройство подшипников для осей угловых рычагов, двигающих золотники, усложняет и удорожает двигатель.

Поршневые золотники могут быть в зависимости от конструкции двигателя, располагаться на цилиндре такими же разнообразными способами, как и клапаны, например, по обеим сторонам цилиндра, на его крышке и т.д. (см. фиг. 41).



Фиг. 41. Головка двигателя с поршневыми золотниками

Фиг. 40. Двигатель с поршневыми золотниками

BT XXI 2006

МИР ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



www.vt21.ru

Приглашаем к участию



МОСКВА-2006

VII Международный форум

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ HIGH TECHNOLOGY OF XXI ВЕКА

Москва, 24-27 апреля 2006

Выставочный комплекс ЗАО «Экспоцентр»
на Красной Пресне

- Международная выставка «BT XXI-2006»
- Международная конференция «Высокие технологии - стратегия XXI века»
- Конкурсная программа

При поддержке:

Правительства
России



Правительства
Москвы



Министерство
промышленности
и энергетики РФ

Организаторы:

Департамент науки
и промышленной политики
города Москвы

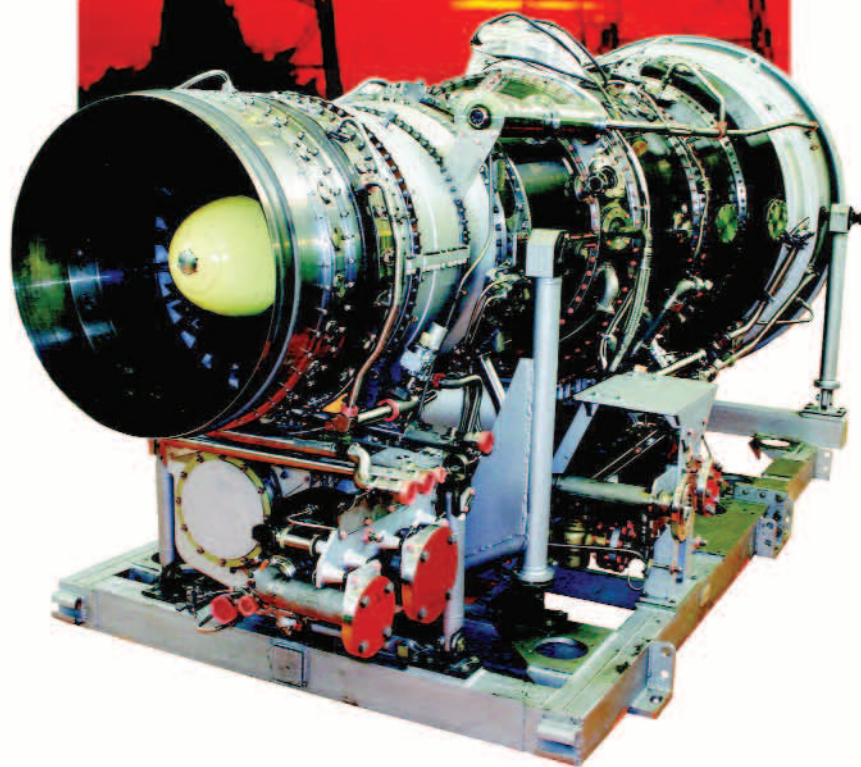
ЗАО
«ЭКСПОЦЕНТР»

СМО-3600-5
Тел.: (095) 330-05-01, 332-35-95;
Факс: (095) 330-05-11, 330-05-00;
E-mail: vt21@vt21.ru



Форум проводится под патронажем Торгово-промышленной палаты Российской Федерации





ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

E-mail: umpo@umpo.ru, [http:// www.umpo.ru](http://www.umpo.ru)

2006

С НОВЫМ
ГОДОМ!

Поздравляем вас с Новым годом и Рождеством!
Пусть наступающий 2006 год принесет вам счастье
и благополучие, новые успехи и перспективы в работе.



НПО САТУРН