

Двигатель

Научно-технический журнал № 3 (45) 2006



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
- Кухаренок 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 Иванович Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Михайлович Чекин

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Андрей Иванович Касьян,

Валентин Алексеевич Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Владимировна Рождественская

Художественные редакторы

Александр Николаевич Медведь

Владмир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Александровна Лысенкова

В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:

А. И. Бажанова, Д.А. Боева,

А.Н. Медведя, В.Н. Романова

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2

Тел.: (495) 362-3925

Факс: (495) 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

Reg. № 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. Новое в производстве лопаток турбин

Ю.С. Елисеев, О.Г. Оспенникова

4. К вопросу об оптимальном углеводородном топливе для авиационных ГТД

Б.М. Клинский, Ю.Б. Назаренко

6. GLOBATEX AG: Станки швейцарской фирмы VOUMARD для технического перевооружения и модернизации предприятий

А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов

10. Это странное слово - CALS

П.В. Андреев, И.В. Сафонов

16. Супертехнология - роторы на магнитном подвесе

Ю.В. Белоусов

20. Достойная оценка научной деятельности

22. Развитие технологии изготовления режущего инструмента за одну установку

И.Р. Мозгов

24. Выбор правильного технического решения при проектировании и эксплуатации двигателей

Л. Ио

26. К юбилею Учителя

Е.К. Холщевникова, Д.А. Боев

29. Директор предприятия

30. Что особенного?

В.Н. Романов

32. Сила отдачи

А.Н. Медведь

36. Турбулентность. Бифуркация. Отрыв

Ю.М. Кочетков

38. ...и еще одно попугайское крылышко

Дм. Соколовский

40. На пути в век пара и электричества

В.С. Шитарев

42. "Под грозной броней ты не ведаешь ран"

А. Николаев

46. Водяной газ в качестве силового газа

Н.Г. Кузнецов

48. Горючее - каким ему быть?

А. Идин

51. Опыт разработки и применения бесконтактного измерителя уровня топлива

Ю.Н. Голунский, В.И. Щедрин, В.А. Локтионов, В.А. Шаров, А.В. Акимов

52. Буду любить всегда

А. Маркуша

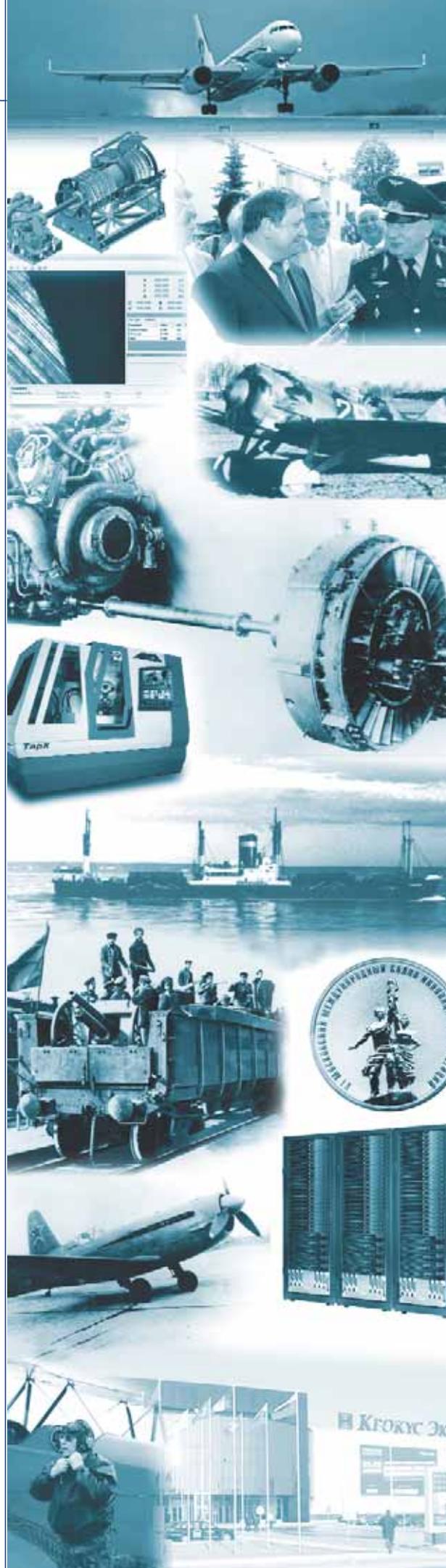
56. Развитие систем автоматизированного проектирования

Е.А. Дружинин, Д.Н. Елисеев

60. Основные принципы сохранения и накопления энергии

А.И. Касьян

64. Поздравляем!



НОВОЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛОПАТОК ТУРБИН

ФГУП "ММПП "Салют": **Юрий Сергеевич Елисеев**, генеральный директор, д.т.н.
Ольга Геннадиевна Оспенникова, главный металлург, к.т.н.

Успешная деятельность "Салюта" во многом predetermined профессиональным уровнем его кадров. Неоценим вклад 12 докторов технических наук, 36 профессоров, доцентов и старших научных сотрудников, 109 кандидатов технических наук в ускоренное развитие предприятия. Конструкторские бюро, научно-технологические и научно-производственные центры "Салюта" тесно сотрудничают с институтами РАН, отраслевыми и учебными институтами при решении задач, связанных с повышением надежности и ресурса двигателей, снижением производственных и эксплуатационных затрат, обеспечением экологических требований к производству. На "Салюте" созданы все условия для повышения квалификации рабочих, а также для получения высшего образования.

Благодаря всем этим факторам московское предприятие "Салют" - единственное в стране государственное предприятие авиационной отрасли, которое обладает статусом федерального научно-производственного центра.

Располагая всем необходимым оборудованием, обладая необходимым опытом и знаниями, специалисты завода проводят научно-исследовательские работы, которые направлены преимущественно на решение проблем, связанных с производством турбинных лопаток - одних из самых сложных элементов конструкции двигателя. Работы ведутся по многим направлениям, среди которых можно отметить:

- литье по выплавляемым моделям, литье лопаток с направленной и монокристалльной структурой, литье под высоким давлением;
- изготовление моделей отливок на установках быстрого прототипирования;
- разработку составов модельной массы;
- изготовление керамических стержней на основе материалов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза;
- газостатическую обработку лопаток и нанесение на них многокомпонентных защитных покрытий и др.

Во всех этих и других технологиях сделан упор на информационные технологии, без которых немислимы ни конструирование, ни отработка технологий, ни выполнение научных исследований.

Главная цель всех работ - выход на передовые рубежи мирового газотурбостроения. По некоторым направлениям достигнуты весомые результаты, о которых уже можно рассказать.

Изготовление керамических стержней с использованием материалов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

Основных направлений совершенствования параметров двигателя и технологических процессов достаточно много. Например, повышение температуры газов перед турбиной двигателя пятого поколения должна быть доведена до 1900...2000 К (по некоторым источникам, еще больше). Но материалов, из которых можно сделать турбинную лопатку, способную работать при таких температурах, нет. Перепробованы все элементы таблицы Менделеева, в том числе и редкоземельные. Выход возможен в применении принципиально новых материалов (например, керамики), но это пока еще отдаленная перспектива. Более реальной видится перспектива сохранения работоспособности турбинной лопатки в повышении эффективности охлаждения. Для этого пространственную структуру внутренней полости лопатки приходится делать все более сложной. Соответственно, все более сложными становятся керамические стержни, форма которых и определяет геометрию внутренней полости лопатки.

После изготовления лопатки материал стержня необходимо удалять. Применяемый в современной технологии расплав биф-

торида калия является очень агрессивным и крайне ядовитым веществом, который, кстати, еще и достаточно дорого утилизировать. Но и это вещество не всегда способно удалить остатки стержня, особенно в узких каналах. Приходится применять механические способы удаления этих остатков.

В сложившейся ситуации был организован поиск новых материалов для литейных стержней. Условиям задачи, как выяснилось, удовлетворяют материалы, получаемые на основе соединений кремния методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС-материалы). Среди них удалось найти группу материалов, удовлетворяющих прочностным условиям литейного производства, но растворяющихся при определенных условиях в растворах щелочей (нейтральных к конструкционным сталям и сплавам).

Во ФГУП "ММПП "Салют" были проведены исследования по общей теме "Разработка опытно-промышленной технологии изготовления керамических стержней из СВС-материалов, удаляемых в растворах щелочей".

По технологии СВС в ИСМАН были наработаны опытные партии керамических порошков с различным элементным составом

Свойства стержневой керамики

Характеристика	Корунд	"Пламтикаст"- β-SiAlON
Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$, МПа	14,0...18,0	11,5...19,0
Чистота поверхности стержней	V4 - V5	V5 - V6
Коэффициент теплового расширения, °C ⁻¹	8,0·10 ⁻⁶	0,2...0,5·10 ⁻⁶
Линейная усадка, %	0,2...0,5	0,2...0,5
Глубина взаимодействия с металлом, мм	0,1...0,2	0,03...0,05
Материал для удаления стержня из тела лопатки	Расплав бифторида калия (KHF ₂)	30-процентный водный раствор KOH



вом, относящихся к твердым растворам на основе нитрида кремния, нитрида алюминия и оксинитрида кремния - "сиалонам". В настоящее время сиалоновые соединения успешно применяются при создании передовой конструкционной керамики с высокими значениями прочности, термо- и коррозионной стойкости. Метод СВС основан на фильтрационном горении порошков кремния и алюминия в газообразном азоте по следующим схемам химических реакций:

- $(6-1,5z)\text{Si} + z\text{Al} + 0,5z\text{SiO}_2 + (4 - 0,5z)\text{N}_2 > \beta\text{-Si}_{6-2z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-2z}$;
- $\text{SiO}_2 + (m-1)\text{Al} + 0,5(m-1)\text{N}_2 > (\text{Si}; \text{Al})_m(\text{O}; \text{N})_{m+1}$;
- $(1,5 - 1,5x)\text{Si} + x\text{Al} + (0,5 + 0,5x)\text{SiO}_2 + (1 - 0,5x)\text{N}_2 > \alpha\text{-Si}_{2-x}\text{Al}_x\text{N}_{2-x}\text{O}_{1+x}$.

По технологическим особенностям процесса в состав исходной экзотермической смеси также вводился разбавитель. Реакционные смеси готовились в течение 4...8 ч в сиалоновых керамических шаровых мельницах. Образцы сжигались в атмосфере азота при давлении, равном 10 МПа. Толщина слоя реакционной смеси, расположенного на желобообразном поддоне, составляла примерно 9...12 см.

С учетом имеющегося на "ММПП "Салют" технологического оборудования была разработана технология спекания керамических изделий. Для этого изделия после формовки прокаливались 8...10 ч при температуре 1300...1400 °С. Этим обеспечивался необходимый для стержневой керамики уровень прочности. При более низких температурах обжига ($t < 1200$ °С) образовывалось слишком мало связующей алюмосиликатной фазы, что приводило к недостаточной прочности спеченного материала. При более высоких температурах обжига ($t > 1500$ °С) отмечалось интенсивное протекание реакции между исходными и окисленными компонентами. В результате этого взаимодействия образовывался летучий монооксид кремния SiO_r , что, в свою очередь, приводило к значительным потерям массы спекаемого изделия и образованию на его поверхности трудноудаляемого пригара.

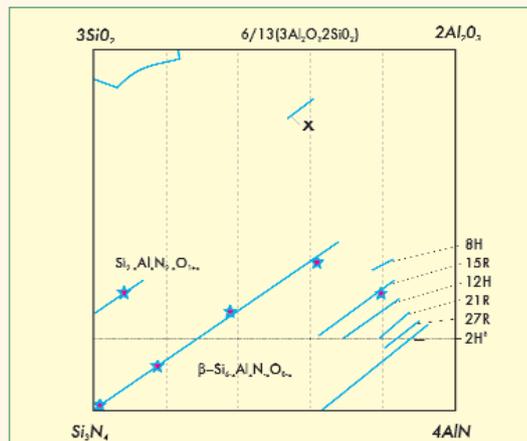
Для полученных по разработанному методу керамических материалов определены фазовый состав, растворимость в 30-процентном водном растворе едкого калия (КОН) при $t = 100...110$ °С, значения прочности при изгибе в нормальных условиях и величины изменений геометрических размеров в процессе обжига. Установлено, что хорошую растворимость в водном растворе щелочи имеют материалы, образующиеся при окислении сиалонов с элементарным соотношением $\text{Si}/\text{Al} > 4$.

Установлено, что в данных системах значения линейной усадки, близкие к стандартным требованиям для стержневой керамики, могут быть достигнуты только при введении простых оксидов в количестве не менее 70 масс. %. При этом высокую растворимость в 30-процентном водном растворе КОН сохраняли керамические материалы, полученные при использовании SiO_2 в качестве основной добавки. Проведено исследование возможности применения разных модификаций SiO_2 : кварцевого песка, молотого кварцевого стекла и высококислотного мелкодисперсного сырья для создания оптических систем. Из сравнительного анализа структуры и прочностных характеристик синтезированных материалов сделан вывод о целесообразности использования порошков стеклообразного SiO_2 .

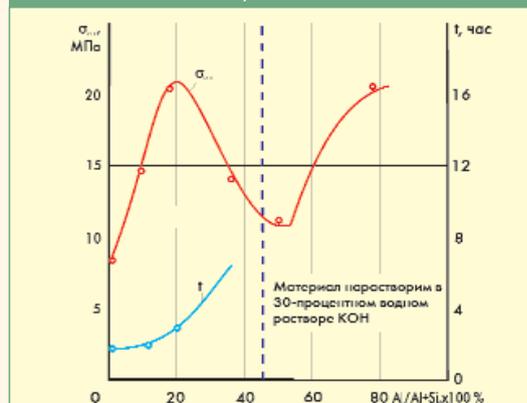
По технологии СВС в ИСМАН был разработан метод получения плавящего аморфного твердого раствора на основе SiO_2 (SiO_2 - не менее 80 масс. %, $\text{Cr}_2\text{O}_3 \sim 15$ масс. %, Al_2O_3 - не более 5 масс. %), получившего название "Пластикаст". Для модельных смесей на его основе ("Пластикаст" - ZrO_2 , - ZrSiO_4 , - Al_2O_3 , - TiO_2 , - сиалоновое соединение и др.) исследованы зависимости предела прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ и величины линейной усадки δ в процессе обжига от состава исходной композиции и дисперсности ее отдельных компонент. Наиболее эффективной добавкой для спекания "Пластикаста" является низкодозированный β -сиалон.

Композиции "Пластикаст" - $\beta\text{-Si}_5\text{Al}_1\text{O}_7\text{N}_7$ (2...10 масс. %) были использованы для наработки опытных партий керамических стержней различной конфигурации, предназначенных для формирования каналов охлаждения турбинных лопаток авиационных двигателей при равноосном литье жаропрочных никелевых сплавов. Тестовые испытания стержней, проведенные на "ММПП "Салют", свидетельствуют об их пригодности для осуществления этого процесса, причем практически по всем ключевым показателям (прочность, коэффициент теплового расширения (КТР), взаимодействие со сплавом, усадка, чистота поверхности каналов охлаждения) разработанная керамика превосходит используемый в настоящее время материал на основе корунда.

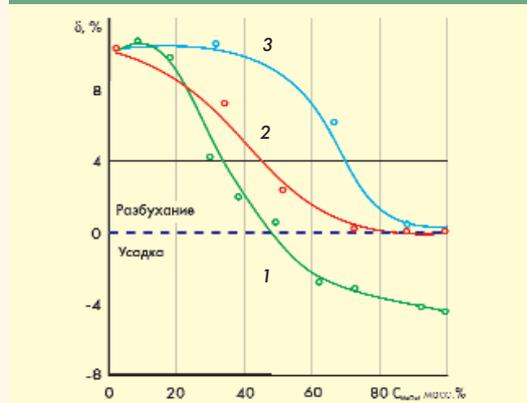
Совместно ИСМАНом и ММПП "Салют" были разработаны технологические инструкции по организации производства "Пластикаста", порошка сиалона (бета) СВС, по изготовлению керамических стержней из порошкового сырья, полученного методом СВС; удалению керамических стержней из лопаток посредством их обработки в растворе щелочи (ТИ 307-2003, ТИ 313-2003, ТИ 316 - 2003, ТИ 317 - 2003, соответственно).



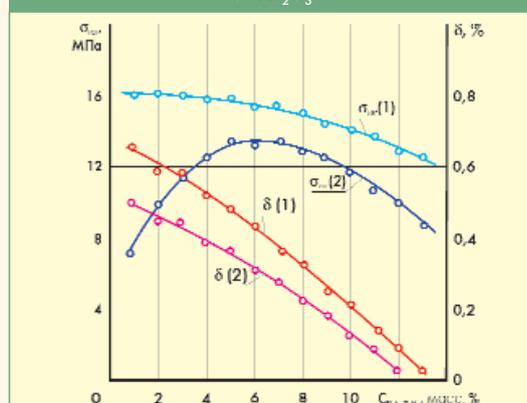
Элементарный состав синтезированных сиалоновых соединений



Зависимость предела прочности при изгибе и времени растворения в водном растворе КОН при $t = 100...110$ °С от соотношения элементов в порошке сиалона



Зависимость величины линейной усадки в процессе обжига ($t = 1350$ °С) от содержания оксидной добавки в исходной смеси при спекании: 1 - $\beta\text{-Si}_5\text{Al}_1\text{O}_7\text{N}_7 - \text{ZrO}_2$, 2 - $\beta\text{-Si}_5\text{Al}_1\text{O}_7\text{N}_7\text{SiO}_2$, 3 - Al_2O_3



Зависимость предела прочности при изгибе и величины линейной усадки в процессе обжига от содержания сиалона в смеси: "Пластикаст" ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 15, \text{Al}_2\text{O}_3 - 0$ масс. %) - $\beta\text{-Si}_5\text{Al}_1\text{O}_7\text{N}_7$ (1) "Пластикаст" ($\text{Cr}_2\text{O}_3 - 15, \text{Al}_2\text{O}_3 - 5$ масс. %) - $\beta\text{-Si}_5\text{Al}_1\text{O}_7\text{N}_7$ (2)

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ГТД



Борис Михайлович Клинский, к.т.н.
Юрий Борисович Назаренко, инженер

Около полувека тому назад был сделан вывод, что по совокупности физических, химических и экономических свойств, керосин прямой гонки является оптимальным топливом для авиационных реактивных двигателей. Для конкретных обстоятельств того времени этот вывод был, несомненно, верным.

Что это за обстоятельства? В начале шестидесятых годов наши нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) покупали нефть по цене 14 рублей за тонну и продавали топливо ТС-1 по 28 рублей за тонну. Аэрофлоту оно обходилось в 50 рублей за тонну. Т.е. доля стоимости услуг НПЗ и "Нефтесбыта" составляла 72 % от цены топлива. В таких условиях было выгодно ограничиться простейшей технологией переработки нефти, поскольку любое ее усложнение вело к заметному росту цены топлива. Практически аналогичный расклад имел место и на Западе. Осенью 2005 г. цена тонны нефти была \$380...440, а самолеты в Москве заправлялись топливом по цене около \$550. Таким образом, стоимость услуг НПЗ и дистрибьюторов снизилась до 20...30 % от цены тонны топлива, вследствие чего степень влияния стоимости переработки на цену топлива снизилась в несколько раз.

Одно это является достаточным основанием для нового исследования не только степени оптимальности той или иной технологии производства топлива, или источника сырья, но, возможно, и ряда других вопросов на "стыках" топлива и двигателя.

За это время были приняты Нормы эмиссии вредных веществ, и самолету Ту-204 ныне дозволено выбросить в атмосферу за один так называемый "стандартный цикл" взлета - посадки не более 6,2 кг углеводородов, 37 кг угарного газа и 35,1 кг окислов азота. Содержание сернистого газа Нормы эмиссии не регламентируют, доверяя это дело стандартам на топливо. Наши стандарты разрешают выбросить в атмосферу еще 70,5 кг, а западные даже - 83 кг этой благодати за стандартный цикл.

В двигателях все это разбавляется воздухом, и на срезе сопла мы получим в среднем за стандартный цикл: 0,074 от предельно допустимой концентрации (ПДК) углеводородов

(считая по наиболее токсичному из них - этилену), 2,2 ПДК угарного газа, 7,6 ПДК окислов азота, и, наконец, до 8,5 ПДК сернистого газа, если самолет заправлен нашим топливом и до 10 ПДК - если западным. Но, и без всяких экологических норм, уменьшение содержания окислов серы и азота весьма желательно с точки зрения повышения долговечности двигателей, поскольку при высоких температурах эти вещества вызывают коррозию контактирующих с ними узлов.

Из 32,9 минут "стандартного цикла" 26 приходится на так называемое руление. Двигатели при этом работают в режиме малого газа, в котором эмиссия продуктов неполного сгорания особенно велика. Средний к.п.д. силовой установки - всего 0,47 %, что обусловлено низким к.п.д. реактивной струи на скоростях руления. А потому есть лишь один способ радикально снизить расход топлива, а значит - и эмиссию продуктов неполного сгорания - отказаться от использования реактивной тяги на этом этапе.

Источником энергии на рулении может стать вспомогательная силовая установка (ВСУ). "Воздушная" мощность установленной на самолете Ту-204 ВСУ типа ТА-12-60 составляет 287 кВт. Нужна эта мощность лишь во время запуска основных двигателей. А в остальное время ее достаточно для перемещения Ту-204 по горизонтальной бетонной поверхности со скоростью до 48 км/ч - была бы передача на колеса. Оценки гидравлической передачи от ВСУ на колеса показали:

а) к.п.д. повышается до 10 %, а расход топлива на указанном этапе снижается с 476 до 22,3 кг;

б) массы трансмиссии и сэкономленного топлива близки;

в) при сегодняшнем соотношении цен на топливо и гидравлику для эксплуатанта самолета дело это - вполне выгодное. При дальности полета 1500 км экономия топлива составит 6,7 %. Чтобы сэкономить столько, совершенствуя двигатели, удельный расход топлива в крейсерском режиме надо снизить с 0,59 до 0,55 кг/кг тяги в час. В отличие от основных двигателей ВСУ при

рулении будет работать в режиме, близком к номинальному, поэтому двадцатикратное (!) уменьшение расхода топлива на этапе приведет к еще более существенному снижению эмиссии вредных веществ.

Учитывая все это, можно уверенно прогнозировать появление уже в ближайшем будущем новых самолетов с трансмиссией от ВСУ на колеса, а также дооборудование ею уже существующих. Следствием будет снижение эмиссии углеводородов и угарного газа на рулении до практически ничтожных величин. Но тогда экологам от эмиссии не останется других объектов для придинок к пассажирской авиации, кроме эмиссии окислов азота. В связи с этим возникает практически весьма интересный вопрос, как долго общественность и заинтересованные в производстве и использовании экологически чистых топлив сегменты бизнеса позволят экологам "не замечать", что превышение ПДК по сернистому газу заметно выше, чем по окислам азота?

Избавиться от выбросов сернистого газа можно, лишь удалив из топлива серу. Известны и широко применяются для очистки автомобильных топлив технологии, позволяющие удалить ее практически полностью, сделавшие возможным внедрение известного стандарта "Евро-4".

Основной способ очистки топлив от серы заключается в том, что через него "пробулькивают" водород в присутствии катализаторов при повышенных температурах и давлениях. При этом водород реагирует с серой, образуя сероводород, - газ, плохо растворимый в топливах, а потому легко от них отделяемый. Затем его разделяют на серу и водород. Чистая сера идет в продажу, что заметно снижает себестоимость процесса, а водород - назад, в установку. Точно так же и на тех же установках можно очищать от серы реактивные топлива. Разница лишь в том, что, обрабатывая их водородом, просто неразумно ограничиться лишь этим.

Дело в том, что если поставить рядом вторую такую же установку, но с другим (платиновым) катализатором и пропустить через нее очищенное от серы топливо, то с одним его объемом можно химически связать до 220 объемов водорода. Массовая теплотворная способность топлива после такой обработки повышается на 3,6 %, расход топлива реактивного двигателя - на столько же уменьшится. Если получать водород не из нефтяного сырья, а, например, восстанавливая воду углем, то потребность в нефти для выполнения равного количества рейсов снизится еще больше - на 5,2 %. Фактически произойдет частичное замещение нефти углем.

Но и это - еще не все. Температура сгорания водорода почти на 300 °С ниже, чем у углерода, поэтому насыщение топлива водородом приводит к снижению температуры на входе в турбину на 3...4 °С, что само по себе благоприятно сказывается на ресурсе двигателей и способствует снижению эмиссии вредных выбросов. Дело в том, что при насыщении топлива водородом содержащиеся в нем ароматические и нафталиновые углеводороды превращаются в парафиновые. Тем самым из топлива удаляются нежелательные компоненты с массовой теплотой сгорания почти на 10 % меньшей, чем у парафиновых углеводородов, которые дымят и при сгорании вызывают повышенное нагарообразование. Кроме того, для них характерна высокая интенсивность излучения пламени, что вредно отражается на сроке службы стенок камеры сгорания.

Объясняется это тем, что при 700 °С ароматические углеводороды, а нафталиновые - при более низких температурах, почти мгновенно распадаются на водород и углерод, которые далее горят раздельно. Частицы чистого углерода в пламени - это не только копоть. Если водород горит при температуре на 140...150 °С ниже средней температуры в зоне горения, то углерод - при температуре на 120...130 °С выше средней. Отсюда - повышенная светимость, отсюда и перегретые микрозоны с благоприятными условиями для окисления свободного азота, который в обычных условиях практически не окисляется при температуре ниже 1400 °С.

Теоретически парафиновые углеводороды могут гореть вообще без выделения свободного углерода как промежуточного продукта реакции. Практически - содержание его во много раз меньше, чем при сжигании ароматических углеводородов. Помимо указанных причин наличие в пламени частиц свободного углерода нежелательно еще и потому, что при его реакции с двуокисью углерода образуется угарный газ.

При обработке водородом топлива из него удаляется и другие нежелательные компоненты, в первую очередь - кислород, азот и ванадий. Кислород - просто балласт, уменьшающий весовую теплотворную способность топлива. Азот - это смолы и дополнительное количество его окислов в выхлопе. Следует отметить, что топлива, не содержащие азота и ароматики, более стабильны при повышенных температурах. На крейсерских режимах их можно нагревать до испарения в теплообменниках за турбинами низкого давления без риска коксования. Помимо улучшения смесеобразования это позволяет вернуть часть тепла, уходящего из внутреннего контура в камеру сгорания, а значит - снизить расход топлива еще на 1,5...2 %. Содержание ванадия в топливе обычно исчисляется тысячными долями процента, но и этого оказывается достаточно для заметного разрушения жаропрочных сплавов вследствие так называемой высокотемпературной ванадиевой коррозии. При обработке керосинов водородом и этот нежелательный компонент переходит в легко отделяемые летучие соединения.

Но если при всем этом применение обработанных водородом топлив до сих пор не стало обязательным, значит - это кому-то зачем-то нужно? Кому и зачем? Ответ на эти вопросы дают две истории.

"Люди сведущие" рассказывают, что проблемы с надежностью двигателей ПС-90 возросли многократно после того, как оборудованные ими самолеты начали полеты за границу, где их заправляли топливами западного производства. Казалось бы, велика ли разница: до 0,3 % серы и 30 % ароматики у них, против 0,25 % серы и 22 % ароматики у нас. Но в данном случае важны не максимальные, а средние значения, которые у нас, по видимому, существенно благополучнее, чем "у них", что следует из второй истории.

География полетов нескольких "Боингов" сложилась так, что долгое время они летали, в основном, на топливе Омского НПЗ, производимом из нефти, в которой мало серы и ароматики. Их двигатели эксплуатировались "по техническому состоянию". Итог - рекордные даже по их меркам ресурсы. Ранее авторы уже писали, что западным производителям двигателей такие рекорды "что нож вострый", поскольку снижают спрос на новые моторы, запчасти и услуги ремонтных заводов. Переход же всего мира к топливам, не содержащим серу и ароматику, равносителен катастрофе для западного двигателестроения.

Но это - их проблемы. Ресурс многих двигателей российского производства оставляет желать лучшего, а потому российский национальный интерес в настоящий момент заключается в том, чтобы всячески поощрять все, что способствует его увеличению.

Таким образом, приходится констатировать, что интересы отечественного и западного двигателестроения в вопросе о широком внедрении обработанных водородом топлив диаметрально противоположны, а значит - никакого "конструктивного сотрудничества" в этом вопросе нет и быть не может.

Это отнюдь не означает что сотрудничество с Западом вообще невозможно. Помимо двигателестроительных фирм на Западе есть и те, которые занимаются авиаперевозками, переработкой нефти, производят оборудование для обработки продуктов ее переработки водородом, добывают уголь, и т.п. С ними можно и нужно сотрудничать, как, впрочем, и с их российскими коллегами. А что касается сотрудничества в данном вопросе с фирмами "Пратт энд Уитни", "Снекма" или "Роллс-Ройс", то что поделаешь, если его Величество инженерный здравый смысл, говорит: "Увы - не судьба!"

GLOBATEX AG:

СТАНКИ ШВЕЙЦАРСКОЙ ФИРМЫ VOUMARD ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Алексей Львович Смирнов, к.ф.-м.н.
Владимир Сергеевич Полуянов, к.т.н.

Как было отмечено в наших статьях (журнал "Двигатель" №1 и №2, 2006 г.) о станках фирм Rüdgers, Zimmer&Kreim (Германия), Seibu Electric&Machinery Co. (Япония) и Unisign (Голландия), компания Globatex AG, которая работает на рынке СНГ более 15 лет (прежнее название фирмы - Charmilles&Mikron Diffusion), делает упор на поставку новейших технологий на основе использования высокопроизводительных прецизионных станков зарубежных фирм.

Компания предлагает высокотехнологичные станки и оборудование европейских фирм и фирмы Японии:

- Rüdgers (Германия) - прецизионные высокоскоростные фрезерные многоцелевые станки с CNC-управлением (до пяти одновременно управляемых осей) для выполнения операций фрезерования, сверления, координатного и контурного шлифования и др.;

- Unisign (Голландия) - высокопроизводительные трехпятиосевые вертикально-фрезерные станки и фрезерные станки портального типа с CNC управлением для обработки деталей средних и больших размеров (например, станки со столом длиной до 18 000 мм);

- Zimmer&Kreim (Германия) - высокопроизводительные прецизионные электроэрозионные копирующе-прошивочные станки с CNC-управлением;

- Seibu Electric&Machinery Co., Ltd (Япония) - прецизионные эрозионные проволочно-вырезные станки с CNC-управлением;

- Bumatoc (Швейцария) - токарно-фрезерные многоосевые обрабатывающие центры для массового производства точных деталей точной механики, приборов, медицинской техники и др.;

- Voumard (Швейцария) - высокопроизводительные шлифовальные станки с ручной и автоматической загрузкой, шлифовальные обрабатывающие центры для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских торцевых и др. поверхностей деталей, как правило, с одной их установки (одновременно до 8 координат);

- Dixi (Швейцария) - высокоточные горизонтальные многоцелевые станки с CNC-управлением для выполнения координатно-расточных, координатно-шлифовальных операций, фрезерования, сверления и др. операций;

- Rollomatic (Швейцария) - высокоточные шлифовальные и заточные станки с CNC-управлением для производства методом вышлифовки режущих инструментов, приводимых во вращение, в т.ч. сверл, концевых фрез, бор-фрез и т.п.

Компания Globatex AG предлагает станки различных моделей (более 100 моделей) с возможностью объединения некоторых из них в гибкие производственные системы с использованием предлагаемых компанией средств автоматизации процессов смены инструментов и деталей, их транспортировки и хранения. Помимо станков указанных фирм компания Globatex AG также предлагает новое оборудование и некоторые системы программного обеспечения, которые призваны существенно повысить технический уровень производства различных предприятий:

- высокопроизводительное оборудование фирмы Ismeca Semiconductor (Швейцария) для электронной промышленности,

предназначенное для автоматического тестирования, маркировки и упаковки готовых полупроводниковых приборов с последующим использованием их в сборочном производстве;

- автоматические линии фирмы Ismeca Automation (Швейцария) для сборки электротехнических изделий, бытовых приборов, медицинской техники и др.;

- установки фирмы Solidscape (США) для скоростного и точного изготовления моделей и опытных образцов деталей сложной формы (установки скоростного прототипирования);

- системы программного обеспечения контроля передачи файлов и управления их печатью, разработанные фирмой Will 2C (Франция).

Ниже приведены основные данные станков швейцарской фирмы VOUMARD.

Фирма Voumard Machines Co SA основана в 1939 г. Первоначально фирма специализировалась на производстве круглошлифовальных станков для часовой промышленности. В настоящее время фирма производит высокотехнологичные шлифовальные центры для различных отраслей промышленности для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских торцевых и др. поверхностей точных деталей, как правило, с одной их установки.

За прошедшие почти 70 лет на фирме произведено около 9000 станков. Фирма представлена в 67 странах мира и является одним из мировых лидеров в области высокоточных шлифовальных станков.

В 2005 г. фирма вошла в состав немецкой компании Peter Wolters AG, основанной 200 лет назад, изготовителя и поставщика станков для шлифовки, доводки и полировки плоских поверхностей деталей из стали, керамики, стекла, пластика и полупроводниковых пластин для изготовления интегральных схем, а также установок для снятия заусенцев.

Как отмечено выше, фирма Voumard выпускает высокопроизводительные шлифовальные станки с ручной и автоматической загрузкой, шлифовальные обрабатывающие центры для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских торцевых и др. поверхностей деталей, как правило, с одной их установки (одновременно до 8 координат).

В производственную программу фирмы Voumard входят:

- внутришлифовальные станки;

- многоцелевые шлифовальные станки (для внутреннего, наружного шлифования, шлифования торцевых поверхностей, плоских поверхностей пазов, выступов и т.д.);

- специальные профишлифовальные станки для внутренней шлифовки, например, овальных цилиндрических поверхностей корпусов насосов, наружного шлифования кулачков, например, толкателей клапанов двигателей внутреннего сгорания и т.д.).

Для обеспечения оптимальных показателей и качества станков фирма Voumard осуществляет все проектные работы по созданию оборудования и производство станков на своих заводах, в том числе изготовление шлифовальных шпинделей, зажимных устройств, систем автоматической загрузки/разгрузки деталей и т.д., используя более чем полувековой опыт по со-

Таблица 1

Модель	Тип	Макс. диаметр и длина обрабатываемой детали, мм	Макс. масса заготовки, кг	Основные особенности станка
100 CNC T	Продукционный шлифовальный станок для мелко- и крупносерийного производства	60 x 40	30	Ручная или автоматическая загрузка. Оснащен револьверной головкой, управляемой от ЧПУ, с двумя шлифовальными шпинделями
110 CNC	Продукционный или инструментальный шлифовальный станок для мелко- и крупносерийного производства	160 x 80	50	Ручная или автоматическая загрузка. Оснащен одним шлифовальным шпинделем, несколькими параллельными шпинделями или револьверной головкой, управляемой от ЧПУ, с шлифовальными шпинделями
130 (новая модель)	Новое поколение модульных шлифовальных станков	-	-	-
140 CNC	Универсальный инструментальный шлифовальный станок для деталей среднего и большого размера	350 x 1300	250	Шлифование коротких деталей в патроне или длинных валов с неподвижным люнетом
150 CNC	Универсальный шлифовальный станок для деталей среднего и большого размера мелко- или крупносерийного производства	350 x 1300	250	Ручная или автоматическая загрузка. Оснащен одним шлифовальным шпинделем, несколькими параллельными шпинделями или револьверной головкой, управляемой от ЧПУ, с 4 шлифовальными шпинделями
110 CNC CG 150 CNC CG	Продукционный профилешлифовальный станок (например, для шлифовки внутренних и наружных фасонных поверхностей деталей)	160 x 80 350 x 1300	50 250	Запатентованная высокопроизводительная система
120 CNC	Продукционный круглошлифовальный станок для одновременного шлифования внутренних и наружных поверхностей	160 x 80	50	Ручная или автоматическая загрузка
300 CNC	Шлифовальный станок для деталей больших размеров и продукционный центр	830 x 1200	500	Возможности УЧПУ станка и многочисленные опции позволяют решать самые сложные задачи

зданию шлифовального оборудования. Фирма активно разрабатывает ПО для их использования в системах программного управления, подготовки управляющих программ и т.п.

Вся производственная программа фирмы предполагает широкий ряд шлифовальных станков для решения конкретных задач заказчика в условиях крупносерийного или единичного производства деталей диаметром от 1 до 600 мм.

Все станки, предлагаемые фирмой, могут быть представлены в модульном виде, что делает их интересными для широкого применения в различных отраслях промышленности. Каждый новый станок, разработанный фирмой, является воплощением последних технических достижений. Все нововведения и модернизация оборудования, в свою очередь, непосредственно влияют на производственную программу фирмы и ряд выпускаемых ею станков.

Основные технические данные станков, предлагаемых в настоящее время фирмой Voumard, приведены в табл. 1.

Станки оснащены электрошпинделями типа VMX собственной разработки фирмы (табл. 2).

Электрошпиндель VMX 06 разработан для шлифования торцовых поверхностей с использованием круга диаметром 250 мм. Более мощные электрошпиндели могут быть поставлены по отдельному заказу.

Стандартная конструкция электрошпинделей предполагает обработку с поливом СОЖ с использованием форсунок, устанавливаемых вблизи шпинделя. По от-

дельному заказу могут быть поставлены шпиндели с каналами подачи СОЖ через его центральную часть.



Рис. 1. Универсальный круглошлифовальный станок мод. 150 CNC

Для крепления и обеспечения точного положения заготовки на шлифовальных станках фирмы разработаны и поставляются патроны с ручным зажимом, гидро- и пневмозажимные патроны, неподвижные центры, люнеты. Предлагаются также специальные патроны, конструкция которых определяется формой и размерами обрабатываемых деталей. Так, например, для крепления зубчатых колес, подлежащих шлифовке (внутренних и наружных круглых поверхностей, торцов и др.), предлагаются специальные патроны с элементами планетарной передачи - сателлитами, обеспечивающими их надежное и точное крепление.

Для обработки деталей с двух сторон поставляются специальные поворотные на 180° патроны.

Таблица 2

Тип	Частота вращения, мин ⁻¹	Мощность, кВт	Наружный диаметр, мм
VMX 06	3000...6000	6...7	150
VMX 7.5	5000...7000	6...7	150
VMX 15	9000...15 000	7...8,1	150
VMX 30	20 000...30 000	7...8,1	150
VMX 40	33 000...40 000	6,5...7,5	150
VMX 65	42 000...60 000	3,6...4,2	120
VMX 90	60 000...90 000	2,6...3	90
VMX 120	90 000...120 000	1,75...2	90

Станки оснащены двух-, трех- или четырехпозиционными револьверными головками, управляемыми от УЧПУ, соответственно с двумя, тремя или четырьмя шпинделями, или отдельными шпинделями (одним или двумя шпинделями, устанавливаемыми на подвижном суппорте таким образом, чтобы их оси были параллельны друг другу).

Для правки кругов в станках предусмотрены устройства с алмазным карандашом или с алмазным роликом, управляемые от УЧПУ станка.

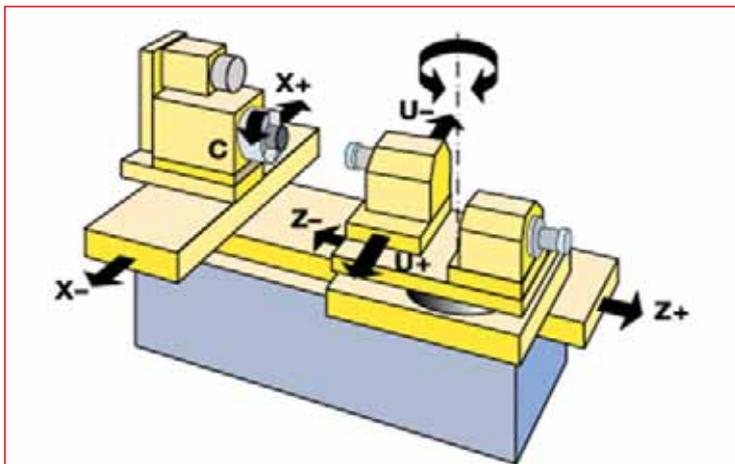


Рис. 2. Компонка профишлифовальных станков мод. 110 CNC CG и 150 CNC CG

фирмой при создании указанных в табл. 1 станков, на рис. 2 показана компоновка профишлифовальных станков мод. 110 CNC CG и 150 CNC CG и схема расположения их осей, управляемых от УЧПУ (патент фирмы).

На рис. 3 показан станок мод. 110 CNC CG, оснащенный двухпозиционной револьверной головкой с двумя шлифовальными электрошпинделями.

Основными областями применения станков фирмы VOUMARD является производство точных деталей ма-



Рис. 3. Станок мод. 110 CNC CG

Для обеспечения высокопроизводительной работы станков в автоматическом режиме они комплектуются загрузочно-разгрузочными устройствами различного типа, измерительными станциями для контроля обработанных деталей, системой подачи и фильтрации СОЖ (типовыми агрегатами с магнитными и ленточно-бумажными фильтрами, со сборником шлама и регулятором температуры СОЖ), сборниками абразивно-металлической пыли с центрифугами.

Для иллюстрации основных конструктивных решений, принятых



Рис. 4. Кулачки, обработанные на станке мод. 110 CNC CG



Рис. 5. Детали авиационных двигателей



Рис. 6. Детали автомобилей и их двигателей

Таблица 3

Характеристика	110 CNC CG	150 CNC CG
Максимальный наружный размер заготовки при ручной загрузке (Ø x L), мм	150 x 80	200 x 100
Максимальный наружный размер заготовки при автоматической загрузке (Ø x L), мм	120 x 80	120 x 80
Максимальный размер патрона (Ø x L), мм	230 x 200	300 x 250
Максимальные перемещения, мм:		
- по оси X	220	230
- по оси Z	300	500
- по оси U (ось U - ось перемещений двухпозиционной револьверной головки)	20	20
Разрешение по осям X, Z и U, мкм	0,2	0,2
Высота центров над столом, мм	155	200
Максимальная частота вращения вокруг оси C с интерполяцией в координатах U/C, мин ⁻¹	6...180	6...180
То же, без интерполяции в координатах U/C, мин ⁻¹	1000	500

шин и приборов в автомобильной, аэрокосмической, станкостроительной, подшипниковой и в других отраслях промышленности.

Станки фирмы VOUMARD эффективно используются при изготовлении деталей автомобильных двигателей, станков (шпинделей, их торцевых поверхностей и пазов на концах шпинделей для передачи вращения шпинделя инструментальным оправкам), швейных машин, редукторов, гидро- и пневмоагрегатов, топливной аппаратуры, деталей авиационной и космической техники, штампов и пресс-форм и т.п.

В табл. 3 приведены основные технические данные станков мод. 110 CNC CG и 150 CNC CG.

Представительство фирмы Globatex AG в России:
129223, Москва, пр. Мира, д. 119, стр. 69.
Тел.: (+7-495) 739-0375, 739-0376,
Факс: (+7-495) 232-3625
www.globatex.ru

Globatex AG



А К Т О

15-18 АВГУСТА



3-я российская выставка виа космические технологии и борудование 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@tbit.ru, www.aktokazan.ru

30 АВГУСТА 2006 ГОДА

IV КОНГРЕСС ТЕХНОЛОГОВ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

МВЦ "КРОКУС ЭКСПО", Павильон № 2, конференц-зал "С"

В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО САЛОНА "АВТОСАЛОН 2006"

КОНТАКТЫ ОАО "АСМ-ХОЛДИНГ"
ул. Кузнецкий мост, 21/5, Москва, К 31, Россия, ГСП-6, 107996,
Тел./Факс +7(495) 621-6260, 621-0200, 621-0471, 626-0924, 621-7546.
www.asm-holding.ru e-mail: inf@asm-holding.ru

31 АВГУСТА 2006 ГОДА

VIII КОНФЕРЕНЦИЯ «ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ РОССИЙСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ»

МВЦ "КРОКУС ЭКСПО"



ОРГАНИЗАТОРЫ
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

АСМ-ХОЛДИНГ
МИНПРОМЭНЕРГО РФ



НАПАК



ОАР
ТПП РФ

КРОКУС ЭКСПО

международный выставочный центр
МВЦ "КРОКУС ЭКСПО"
ГНЦ РФ "НАМИ"

ТЕМАТИКА КОНГРЕССА:

АВТОСБОРКА И ОКРАСКА
ПРОГРЕССИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
СИСТЕМОТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ И СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВА
СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ
ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



РУССКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ТРАКТОРНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Автобизнес
информационный издательский комплекс



СПОНСОР



КОМПАНИЯ
«СОВРЕМЕННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ» ФРАНЦИЯ

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ:

ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РАЗРАБОТКА ДВИГАТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО УРОВНЯ
АВТОКОМПОНЕНТЫ ЕВРОПЕЙСКОГО КАЧЕСТВА
ПРОИЗВОДСТВО ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЭТО СТРАННОЕ СЛОВО - CALS

ММП им. В.В. Чернышева: **Сергей Викторович Андреев**, заместитель директора производства по планированию
Илья Валерьевич Сафонов, начальник информационно-вычислительного центра

С^толь неблагозвучная для русского уха аббревиатура вошла в нашу жизнь в середине 90-х годов XX века и прочно осела в профессиональном обиходе. Но что удивительно: вполне профессиональный технический термин CALS использовался скорее как иероглиф для обозначения той отрасли информационной индустрии, на которой конкретный докладчик или автор статьи желал сконцентрировать внимание аудитории. Достаточно бегло пролистать материалы конференций тех лет, чтобы увидеть как после ряда вводных фраз о CALS-технологиях докладчик переходил к изложению проблем внедрения САПР в конструкторском бюро или разворачивания ERP-системы на машиностроительном предприятии. Масла в огонь подливал тот факт, что сама аббревиатура претерпевала трансформацию в своем раскрытии. Изначально понятие CALS трактовалось как Computer Aided Logistic Support, т.е. компьютерная поддержка поставок или автоматизированная система логистической поддержки, затем - Continuous Acquisition and Life Cycle Support, т.е. непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия или продукта, а венчался весь этот ряд остро модным, почти рекламным слоганом - Commerce at Light Speed - бизнес со скоростью света. При этом CALS иногда называют технологиями, иногда стандартом, иногда подходом, а иногда концепцией. Мне даже довелось слышать мнение, что CALS - это стратегия развития национальной промышленности.

Забегая вперед, скажу, что я бы определил CALS как концепцию совместного использования данных. В нашей стране сейчас понятие CALS постепенно вытесняется понятием ИГИ-технологий (на языке оригинала, скорее - "АИГИ-технологий"), а информационная индустрия уже являет миру достаточно широкий спектр новых подходов к совместному использованию данных. Таких подходов требуют и активно их адсорбируют, пожалуй, все сферы общественного производства. Но первыми, почувствовавшими "на собственной шкуре" важность проблемы, были инженеры-логистики 70-80-х годов прошлого столетия. И результатом их поисков решения проблемы явился набор приемов, методов и стандартов совместного использования данных, объединенных в понятие CALS. Это понятие, вернее то, что под ним скрывается, скорее всего, будет играть серьезную роль в развитии наукоемких отраслей промышленности в XXI веке.

Истоки

Люди не понимают друг друга. Эта прописная истина многие века довлела над всем развитием цивилизации, обрекая философов и писателей на поиск абсолютной правды, а народы - на бесконечные войны. В XX веке человечество вроде нащупало социальные принципы гуманистического построения общества, т.е. общества, в котором абсолютной ценностью признается человеческая жизнь. Однако люди по-прежнему плохо понимают друг друга, и то, что раньше приводило к глобальным войнам, теперь приводит к экономическим потерям.

На смену политическому противостоянию государств, империй и кланов пришла тесная экономическая интеграция, в свете которой степень непонимания проявилась еще более отчетливо. Люди, говорящие на разных языках, исповедующие разную религию и имеющие разную культуру, оказываются перед необходимостью сотрудничества в сложных транснациональных наукоемких проектах. Попытки выстроить единую систему управления такими проектами с самого начала сталкиваются с необходимостью согласования огромного числа терминов и понятий. И это только первая, хо-

та зачастую непреодолимая, трудность. Далее необходимо на едином общепонятном языке описать все объекты управления и законы их поведения. Учитывая, что не только в каждой стране, но и в каждой фирме есть свои традиции и подходы к работе с основными ресурсами - людьми, финансами, материальными запасами, объектами интеллектуальной собственности и т.д., - задача становится практически неразрешимой.

Представьте себе простую ситуацию. Компания **А** купила компанию **Б**, оперирующую в том же сегменте рынка и имеющую хорошо разветвленную структуру региональных представительств и филиалов. И та, и другая имели устоявшуюся систему управления, автоматизированную собственными специалистами. Менеджеры хорошо знали работу друг друга, и руководство не предполагало, что при объединении возникнут проблемы потери управляемости.

В составе АСУ и той и другой компании были модули работы с кадрами, давно отлаженные и эффективно используемые.

Учетная карточка сотрудника фирмы **А**, занесенная в центральную базу данных компании содержала следующую информацию:

ФИО
Должность
Паспортные данные
Адрес и телефон
Список родственников
Список мест работы и учебы
Данные о служебных командировках
Дата рождения

Рис. 1

Компания **Б** более молодая, и ее система управления формировалась в то время, когда в России уже прочно утвердились такие понятия как медицинское и пенсионное страхование, индивидуальный номер налогоплательщика и т.д. Кроме того, сотрудники компании **Б** настолько часто ездили в свои представительства и филиалы, что учет командировок был реализован в рамках отдельного модуля АСУ, связанного, безусловно, с модулем управления кадрами. Запись о сотруднике компании **Б** имела вид:

ФИО
Должность
ИНН
Номер пенсионной страховки
Номер медицинской страховки
Паспортные данные
Список контактных телефонов
Список мест работы и учебы
Фотография

Рис. 2

При этом в компании **А** объект "сотрудник" идентифицировался по ФИО и паспортным данным, а в компании **Б** - по ИНН.

И та, и другая система отлаженно функционировали, и менеджеры кадровых служб давно к ним привыкли. Перед руководством объединенной фирмы встал вопрос объединения систем управления кадрами, и решение этой задачи вылилось в существенные за-

траты. Сначала пришлось пройти через отчаянные споры менеджеров о том, как следует управлять объектом "сотрудник" и какие атрибуты при этом важны. Эта процедура затянулась надолго, так как пришлось привлечь региональных менеджеров и, кстати, оплачивать их командировки. После согласования концептуальных вопросов настал черед программистов писать и согласовывать ТЗ, что также затянулось надолго. Сам процесс программирования не отнял много времени, так как ТЗ было четко структурировано и удалось привлечь дополнительных разработчиков на реализацию разовых работ по трудовым контрактам. Далее данные из старых систем были перекачаны в новую, но с частичной их потерей, так как на этапе концептуального согласования были допущены некоторые терминологические неточности, и оказалось, что разные люди по-разному понимают понятие "адрес". Это вылилось в прямые затраты, связанные со сверкой новой БД и ручных картотек, и в косвенные, возникшие по причине общей неразберихи в работе кадровой системы. Новая система, по настоянию программистов, была разработана на новых информационных технологиях и потребовала замены части парка персональных компьютеров. Эти, в общем-то еще вполне исправные компьютеры, были вдруг признаны морально устаревшими. Потом еще в течение полугода систему с затухающей периодичностью потрясли программные сбои, что также приводило к неразберихе и косвенным затратам. Для устранения одного сбоя пришлось снять улетающего в командировку специалиста практически с трапа самолета, а оплаченный билет сдавать за полцены. Через полгода люди вздохнули с облегчением, а через год преодоленные трудности стали забываться.

Всего этого можно было избежать, если бы в компании **А** и в компании **Б** представление об объекте "сотрудник" оказалось одинаковым. Представим себе, что руководители большинства компаний отрасли, предвидя грядущее укрупнение капитала и соответствующий передел рынка, собрались на отраслевое совещание и, после длительных споров, утвердили следующее стандартное описание объекта "сотрудник":

Внутренний цифровой идентификатор (табельный номер) ФИО
 Должность
 Дата рождения
 Дополнительный атрибут № 1
 Дополнительный атрибут № 2
 Дополнительный атрибут № 3
 Дополнительный список № 1
 Дополнительный список № 2
 Дополнительный список № 3

Рис. 3

В этом случае руководителям объединяющихся компаний пришлось лишь обменяться информацией, кто и в каких целях использовал заранее зарезервированные дополнительные атрибуты. Вся процедура приведения системы управления к "единому знаменателю" началась и закончилась бы на этапе концептуального согласования - тех самых отчаянных споров менеджеров, которые в приведенном примере являлись лишь началом долгого и дорогостоящего процесса. Теперь представим, что компания **Б** не присоединилась к отраслевому решению. Это сразу понижает рыночную цену компании. Менеджеры компании **А**, оценивающие выгодность сделки, прогнозируют затраты на приведение информационной системы компании **Б** к отраслевому стандарту и предложат учесть их в сумме сделки. Конечно, мы не знаем, к чему приведут переговоры между руководителями двух компаний и состоится ли сделка вообще, но затраты на объединение становятся прогнозируемыми.

А теперь давайте представим, что серия таких совещаний и конференций была проведена сначала на отраслевом, затем на национальном, а потом и на международном уровне. В результате были стандартизованы представления не только об объекте "сотрудник", но и обо всех основных ресурсах управления. А самое

главное, было стандартизовано представление о конечном продукте компании, поставляемом на рынок.

Так возникал CALS. На достигнутом уровне понимания мы будем говорить еще пока не о CALS-технологиях, а о CALS-стандартах представления данных.

Что стандартизирует CALS?

Во-первых, язык описания данных об объекте, подобный тому, что приведен в наших примерах. Конечно, язык Express (а он называется так) гораздо более сложен, но суть его достаточно проста - для каждого объекта надо перечислить его свойства. Для людей, немного знакомых с программированием, скажем, что Express немного напоминает описания типов данных в процедурных языках, например, в Паскале. Для людей же более сведущих отметим, что Express является объектно-ориентированным декларативным языком описания классов, т.е. позволяющим описать любой класс и его методы, но не позволяющим оперировать с экземплярами класса.

Во-вторых, на языке Express описаны некоторые объекты и тем самым стандартизовано представление о них.

В-третьих, стандартизованы уже чисто технические способы хранения данных, описанных на языке Express и методы доступа к ним.

Все эти стандарты оформлены документом ISO 10303, называемым так же STEP. Поэтому к информационной системе, отвечающей этому стандарту, мы можем применять понятия STEP-база и STEP-данные. Однако STEP - это еще не весь CALS. И для того, чтобы окончательно прояснить смысл понятия CALS, мы должны поглубже заглянуть в природу объектов, подлежащих описанию на языке Express.

Весь мир состоит из объектов

Традиционный подход к построению баз данных - реляционный, а для упрощения понимания скажем - табличный. Когда компьютеров не было, информация об объектах хранилась в картотке. На каждый объект заводилась карточка, в которой отражались все свойства объекта. Все карточки по однородным объектам, например сотрудникам, могли быть помещены в ящик или сведены в таблицу. Совокупность ящиков, помещенных в шкаф, или таблиц, подшитых в папки, и образовывали Базу данных корпорации. С появлением компьютеров логика построения баз данных осталась той же, лишь бумага, ящики и папки были заменены магнитными носителями. Последние занимают меньше места, и с них быстрее можно считать необходимые данные.

В традиционном подходе описание кадровой базы данных компании **А** выглядело бы таким образом:



Рис. 4

Конечно, у такого подхода есть и плюсы, иначе человечество не пользовалось бы им на протяжении десятилетий. Но минусы последнее время проявляются все отчетливее.

Самый очевидный минус - трудность понимания. Я думаю, что все вы поняли, как был описан объект "сотрудник компании А" на рис. 1. Но вряд ли кто-либо без специальной подготовки поймет, что изображено на рис. 4. А изображено то же самое. Причем этот минус отнюдь не второстепенен. Информационные технологии давно перестали быть уделом избранных, а все больше и больше проникают в повседневную жизнь. Информационные компании, предлагающие внедрение автоматизированной системы управления, начинают свои переговоры с клиентом с того, что внедрением системы должно заниматься высшее руководство предприятия лично. А вся прослойка менеджеров среднего звена должна достаточно хорошо разбираться в особенностях АСУ. При такой постановке вопрос наглядности и

понятности представления данных в базе приобретает первоочередное значение.

Еще одно преимущество объектно-ориентированного подхода - возможность достаточно просто наследовать свойства объекта его потомком. Утверждение звучит сложно, и мы попытаемся прояснить его с помощью примера.

Через полтора года после объединения компаний **А** и **Б**, когда все страсти вокруг кадровой политики улеглись, на фирме сложилась следующая ситуация.

Несколько лет назад в компании был создан протокольный отдел. Поначалу он был небольшим и занимался накрытием столов, когда к руководству приезжали важные гости или проводились какие-либо презентации.

Руководитель отдела был человеком инициативным и начал потихонечку накапливать информацию о регулярных посетителях, чтобы не оконфузиться и не подать частому гостю кофе с молоком, когда тот предпочитает черный. Будучи человеком внимательным и общительным, начальник отдела не упускал из вида любую дополнительную информацию о своих клиентах и тщательно ее записывал. Через некоторое время к нему уже ходили менеджеры корпорации, чтобы посоветоваться о том, как вести себя с тем или иным человеком на переговорах. В отдел был нанят дополнительный штат аналитиков. Связи компании росли, а функции отдела расширялись. Протокольным отделом были накоплены, по сути, досье уже на всех важных персон, оказывающих влияние на рынки, которые интересовали компанию. Руководство отдела обратилось в информационную службу с просьбой о разработке автоматизированных решений для хранения и обработки информации. Все специалисты хорошо знали свое дело, и достаточно быстро было подготовлено ТЗ на комплексную автоматизацию Протокольного отдела. Когда администраторы информационной службы ознакомились с ТЗ, они и огорчились и обрадовались одновременно. Обрадовались толковому, предельно ясному и логичному документу, а огорчились вот чему. Требования, изложенные в ТЗ, на 80 % покрывались функциями, уже реализованными в кадровой системе. Действительно, речь и там, и там шла об одном и том же объекте - человеческой личности. Но вот те дополнительные 20 % специфических функций протокольного отдела требовали фундаментальной перестройки базы данных.

Подобная ситуация не возникла, если бы на том гипотетическом отраслевом совещании были приняты следующие, чуть более дальновидные решения.

1. Описывается класс объектов **Человек**. Каждый объект этого класса имеет следующие обязательные свойства:

- имя;
- дата рождения;
- пол;
- возраст;
- список родственников.

2. Класс объектов **Человек** имеет подклассы **Сотрудник** и **Чужой**. В этом случае класс **Человек** называется родительским классом, а **Чужой** и **Сотрудник** - классами-потомками. Каждый потомок наследует все свойства своего родителя и, кроме того, имеет собственные свойства. В частности, класс **Сотрудник** обладает свойствами:

- образование;
- должность;
- налогооблагаемая база;
- ИНН.

3. От любого класса можно построить класс-потомок, от которого в свою очередь может быть унаследован класс и т.д. Этот процесс называется наследованием, т.к. все свойства родителя обязательно проявляются в потомке.

4. Используя стандартные классы **Человек**, **Сотрудник** и **Чужой**, каждая фирма может создавать любые структуры данных для своей информационной системы, но только методом наследования.

5. Отраслевое совещание собирается раз в год, и на нем наиболее удачные вновь созданные классы так же признаются стандартными.

Эти решения гипотетического совещания демонстрируют самую суть объектно-ориентированного метода описания действительности. Во-первых, создан механизм классификации, а это - основа любого научного подхода к познанию мира. Во-вторых, реализована процедура наследования, а, следовательно, накопления знаний. Давайте посмотрим, как ими смогут воспользоваться программисты нашей компании.

Вот каким образом стала выглядеть структура данных информационной системы, обслуживающей Службу кадров и Протокольный отдел:

КЛАСС Человек

- Имя
- Дата рождения
- Пол
- Возраст
- Список родственников

КЛАСС Сотрудник СУПЕРКЛАСС Человек

- Образование
- Должность
- Налогооблагаемая база
- ИНН

КЛАСС Персона_из_Досье СУПЕРКЛАСС Человек

- Гастрономические вкусы
- Опасные связи

Рис. 5

Программисты компании создали один дополнительный класс **Персона_из_Досье** и дописали программный код, позволяющий пользователю создавать, редактировать и просматривать объекты класса с экрана компьютера. Вся остальная система осталась без изменений.

Через некоторое время фирма открыла представительство в Германии, и в корпоративной Базе данных появилась запись:

КЛАСС Сотрудник_из_Германии СУПЕРКЛАСС Сотрудник

- Счет в банке
- № Кредитной карточки
- № Социальной страховки

Рис. 6

Поскольку такая запись о сотруднике из Германии была продиктована немецким законодательством, то на очередном отраслевом совещании класс **Сотрудник_из_Германии** был признан стандартным. Фирмы, имеющие представительства в Германии, внесли соответствующие изменения в свои базы данных, а программное обеспечение работы с объектами класса приобрели у компании **А**.

Выбранный нами для примеров псевдоязык описания классов объектов уже очень напоминает Express. Он дает возможность не "изобретать велосипед", а максимально эффективно использовать ранее созданные описания классов и методы работы с ними.

На самом деле, можно, конечно, реализовать метод наследования и при табличном описании объектов. Но поверьте мне на слово - после нескольких процедур наследования и соответствующих изменений в таблицах Базы данных в ее структуре сможет разобраться только очень квалифицированный специалист. И ни о какой стандартизации такой структуры речь уже идти не может.

Для специалистов отметим, что на самом деле специальная программа - компилятор с языка Express - переводит текст на Express в табличную структуру сервера баз данных предприятия (ORACLE, SYBASE и т.д.). Но эта структура является внутренним представлением информации в компьютере, и о ней необязательно знать даже системным администраторам. Видимо, с дальнейшим развитием компьютерных технологий этот промежуточный шаг уйдет в прошлое.

Итак, мы теперь знаем, что объектно-ориентированный язык описания данных позволяет наглядно демонстрировать структуру данных, максимально полно наследовать удачно созданные кем-то описания классов, стандартизовать такие описания и, следовательно, делать информационные системы компаний, присоединившихся к соглашению о стандартизации, взаимно прозрачными (конечно, для стандартных объектов).

Интуитивно понятно, что в эру Интернета класс объектов, созданный в Калифорнии, может быть использован в Москве. На практике, учитывая многообразие компьютеров и операционных систем, это требует определенных технических методов.

Вообще-то в объектно-ориентированном подходе есть два фундаментальных понятия: классы и методы. О последних мы сейчас и поговорим.

Человек придумывает метод

Если весь мир состоит из объектов, то вся деятельность человека по упорядочению мира сводится к определению общности в поведении объектов, разбиению их на соответствующие классы и выработке единых методов обработки объектов данного класса.

Подметив общность в поведении злаков, человек выработал методы их возделывания и сбора урожая. Анализ общности в поведении животных позволил человеку заняться сначала охотой, а затем - животноводством. Промышленная революция XIX века выработала эффективные методы обработки сырья и построения сложных механизмов. Информационное общество конца XX - начала XXI века ищет единые методы обработки информации.

Наблюдательный человек мог заметить, что у описанного нами класса **Человек** есть свойство **Возраст**, которое вроде бы не нужно. Ведь есть **Дата рождения**, а возраст всегда можно вычислить при необходимости. Представим себе, что каждая компания будет сама писать программу, вычисляющую возраст сотрудника или персоны из досье тогда, когда это необходимо. Различные программисты реализуют этот алгоритм по-разному. Кто-то просто ошибется, кто-то, вычисляя возраст в днях, забудет о существовании високосных

лет. А то, что разные методы реализации свойства **Возраст** будут выдавать результат в разных единицах измерения, просто не вызывает сомнения. Кому-то удобнее считать возраст в годах, кому-то - в месяцах, кому-то - в днях. Стройная система взаимной прозрачности информационных систем рухнет.

Обратите внимание, мы произнесли слово метод. Оказывается, у классов есть не только свойства, но и методы. Метод - это последовательность действий, которую можно произвести с объектом данного класса. Метод можно запрограммировать при описании класса и пользоваться им всякий раз, когда нам это заблагорассудится. Методы наследуются точно так же, как и свойства, и точно так же позволяют использовать ранее написанный программный код. В нашем случае метод **Возраст** всего лишь вычисляет такое свойство человека, как количество дней от его рождения. Этот метод запрограммирован один раз и тщательно оттестирован, поэтому никому не надо заботиться о том, чтобы вычислить возраст интересующей его персоны. Если вам потребуется создать метод **Осталось_до_пенсии** для класса **Сотрудник_из_Германии**, то воспользовавшись методом **Возраст**, вы сведете алгоритм нового метода к минимуму.

Можно строить более сложные методы объектов классов. Например, метод, создающий новый объект. Тогда программистам компании не надо заботиться о программировании для пользователя сервиса создания записи о новом сотруднике. Стандартный метод надо только вызвать всякий раз, когда возникла необходимость принять на работу еще одного человека.

В структуре стандарта STEP определены 170 стандартных методов доступа к STEP-данным. Они образуют так называемый интерфейс доступа к данным SDAI и реализуют простейшие функции, не наделенные бизнес-логикой. Пользуясь этими методами, можно завести новый объект, считать запись из базы, записать информацию в базу и т.д. Здесь же мы лишь заметим, что SDAI и есть то самое техническое средство, позволяющее программисту из Москвы воспользоваться классом, описанным на Express программистом из Калифорнии. **□**

(Продолжение в следующем номере).



AEROSPACE TESTING RUSSIA

20-22 СЕНТЯБРЯ | SEPTEMBER 2006

**СК «ОЛИМПИЙСКИЙ»,
МОСКВА, РОССИЯ
OLIMPIYSKIY SPORT COMPLEX,
MOSCOW, RUSSIA**

**АВИАЦИОННЫЕ
ИСПЫТАНИЯ**

**3-я Международная выставка
испытательного оборудования,
систем и технологий
авиационно-космической
промышленности**

ОРГАНИЗАТОР:

ITE Тел.: +7 (495) 935 7350 (доб. 4155)
Факс: +7 (495) 935 7351
E-mail: aero@ite-expo.ru

При поддержке:

Информационные спонсоры:

www.aerospace-expo.ru



ЯВЛЯЕТСЯ ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫМ БИЛЕТОМ

В мае 2006 г. руководством Пермского моторостроительного комплекса и ОАО "Территориальная генерирующая компания № 9" (Пермский филиал) подписан договор на изготовление и поставку газотурбинной электростанции единичной мощностью 16 МВт.

Поставка газотурбинной электростанции ГТЭС-16ПА будет осуществлена во втором квартале 2007 г. в рамках реконструкции пермской ТЭЦ-13 для осуществления эффективного энергоснабжения и снижения себестоимости производимой электрической и тепловой энергии.

Газотурбинная электростанция ГТЭС-16ПА предназначена для обеспечения электроэнергией промышленных и бытовых потребителей. Основа электростанции - газотурбинная установка ГТУ-16ПА, созданная на базе двигателя ПС-90ЭУ-16А. ГТЭС может использоваться в качестве основного или резервного источника питания, автономно или параллельно с другими источниками электроэнергии.

С 19 по 23 июня 2006 г. предприятия Пермского моторостроительного комплекса традиционно принимают участие в работе XI международной выставки "НЕФТЕГАЗ-2006".

Среди многочисленных экспонатов выставки вниманию гостей и участников будет впервые представлена одна из последних разработок пермских моторостроителей - газотурбинный двигатель ПС-90ГП-25, предназначенный для эксплуатации в составе газотурбинной установки ГТУ-25П.

Новое изделие, серийное производство которого уже освоено "Пермским моторным заводом", вообрало в себя все положительные наработки, проверенные на его

В июне 2006 г. парк газотурбинных установок ГТУ-16П, созданных на базе авиационного двигателя ПС-90А, отработал один миллион часов.

Газотурбинная установка ГТУ-16П мощностью 16 МВт разработана специалистами предприятия Пермского моторостроительного комплекса (ОАО "Авиадвигатель") на базе авиационного двигателя ПС-90А, который устанавливается на лучших отечественных магистральных самолетах: Ил-96-300, Ту-204, Ту-214. ГТУ-16П серийно выпускается с 1999 г. (ОАО "Пермский моторный завод") и эксплуатируется в составе газоперекачивающих агрегатов нового поколения и при реконструкции существующих в качестве нагнетателей газа. На 1 июня

В Перми ведется выпуск конструкторской документации на изготовление двух энергоблоков на базе газотурбинных установок ГТЭ-10ПК для теплоэлектростанции ГТУ-ТЭЦ ОАО "Внуковский авиаремонтный завод" (ВАРЗ-400).

Газотурбинная установка ГТЭ-10ПК номинальной мощностью 10 МВт предназначена для привода электрогенератора с частотой вращения выходного вала редуктора 3000 мин⁻¹. В составе газотурбинных элект-

ПС-90ЭУ-16А разработан на базе газогенератора авиационного двигателя ПС-90А2. Основным отличием новой установки от существующей ГТУ-16ПЭР (двигатель ПС-90ГП-2) является внедрение новой силовой турбины с частотой вращения 3000 мин⁻¹. Уменьшение частоты вращения турбины позволяет использовать ее для привода генератора без согласующего редуктора. Это способствует повышению надежности газотурбинной установки и снижению эксплуатационных расходов.

Разработка привода для перспективной энергетической установки мощностью 16 МВт является результатом многолетней совместной работы пермских моторостроителей и американской компании "Pratt&Whitney". По словам генерального директора Пермского моторостроительного комплекса, генерального конструктора ОАО "Авиадвигатель" Александра Иноземцева, ключевым аспектом сотрудничества пермяков с "Pratt&Whitney" является не только фи-

прототипах ПС-90ГП-1 и ПС-90ГП-2. Двигатель ПС-90ГП-25 выполнен по схеме одноконтурного двухкаскадного двигателя. С применением новейших методик и технологий изготовлена новая силовая турбина. Коэффициент полезного действия установки составляет 40 % в условиях ISO, что является лучшим показателем среди аналогов в этом классе газовых турбин.

В настоящее время одна газотурбинная установка ГТУ-25П эксплуатируется в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-25Р-ПС "Урал" на компрессорной станции "Игринская" ООО "Пермтрансгаз" газопровода "Ямбург-Тула", другая -

2006 г. "Пермским моторным заводом" выпущено и поставлено заказчикам более 120 газотурбинных установок данного типа.

Пермские ГТУ-16П успешно эксплуатируются в составе газоперекачивающих агрегатов нового поколения на компрессорных станциях "Пермтрансгаза", "Самаратрансгаза", "Мострансгаза", "Сургутнефтегаза", "Уралтрансгаза", "Ямбурггаздобычи", "Кубаньгазпрома", "Надымгазпрома" и других.

При создании ГТУ-16П для обеспечения надежности и снижения затрат на техобслуживание закладывались следующие основные принципы: оснащение электронной системой автоматического управления, контроля и диагностики; внутренняя теплоизоляция

ростанций, теплоэлектростанций, а также парогазовых установок ГТЭ-10ПК используется для производства электроэнергии для промышленных и бытовых потребителей, а при использовании котла утилизатора - для совместного производства электроэнергии, тепла и горячей воды.

Первый энергоблок для внуковской ГТУ-ТЭЦ будет выполнен в качестве испытательного стенда для выпускаемых газотурбинных установок, другой будет оснащен котлом-утили-

наnsирование НИОКР и серийного производства, но и, в первую очередь, совместное проектирование на основе современных технологий и передовых методов производства. "Именно такой путь сотрудничества максимально отвечает интересам российской стороны: обеспечивает новейшей техники в интересах заказчика, обеспечивает привлечение прямых инвестиций и способствует оптимальному режиму доходов от эксплуатации серийной продукции," - уверен А. Иноземцев.

В апреле 2006 г. первый полноразмерный двигатель ПС-90ЭУ-16А был представлен на IX международном салоне "Двигатели-2006" и вызвал большой интерес со стороны представителей энергетических компаний. По оценкам экспертов, потребность мирового рынка в газотурбинной электростанции ГТЭС-16ПА, которая разработана с учетом всех современных экономических и экологических требований, составит около 200 единиц. 

после 3942 ч работы на объекте заказчик проходит цикл специальных испытаний на стенде ОАО "Авиадвигатель" с целью отработки мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности.

По словам генерального директора Пермского моторостроительного комплекса Александра Иноземцева, освоение серийного выпуска новейшей высокоэффективной газотурбинной установки открывает перед пермскими моторостроителями широкие перспективы для разработки на ее базе газотурбинных энергоустановок прямого и сложного цикла, аналогов которых в России пока нет. 

деталей, узлов, масляных полостей; покрытие деталей газозвоздушного тракта коррозионностойкими покрытиями; высокая технологичность и экономичность за счет развитой модульности; соответствие отечественным и международным нормам по экологии.

ГТУ-16П выгодно отличаются от аналогов на отечественном рынке газотурбинного оборудования высокими эксплуатационными характеристиками. По словам начальника компрессорной станции "Торжокская" ООО "Лентрансгаз" Юрия Шибалова, газоперекачивающие агрегаты на базе пермских газовых турбин обладают более высоким коэффициентом полезного действия и большей производительностью. 

заторм для выработки тепла и пара. Согласно договору, первую установку пермяки должны поставить заказчику уже в конце 2006 г., вторую - к середине 2007 г.

По оценке специалистов, основными преимуществами ГТЭ-10ПК перед существующими отечественными и зарубежными аналогами, являются эксплуатационная надежность, большой назначенный ресурс изделия (100 000 ч) и длительные межремонтные интервалы (25 000 ч). 

ПЕРМСКИЙ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Россия, г. Пермь, 614990, Комсомольский проспект, 93



www.avid.ru

www.reductor-pm.com

www.pmz.ru

ДОСТОЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВАШЕГО БИЗНЕСА

РАЗРАБОТКА, СЕРИЙНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ АВИАЦИОННОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ



ПЕРМСКИЙ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Пермский моторостроительный комплекс - группа предприятий аэрокосмической отрасли, объединенных в единую технологическую цепочку по разработке, производству и техническому обслуживанию авиационных и промышленных двигателей, вертолетных редукторов и трансмиссий. Крупнейшими предприятиями комплекса являются ОАО «Авиадвигатель», ОАО «Пермский моторный завод» и ОАО «Редуктор-ПМ».

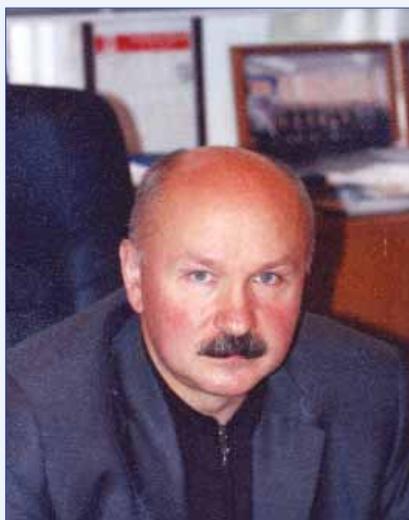
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ:

Разработка, серийный выпуск и техническое обслуживание:

- ГТУ мощностью от 2,5 до 25 МВт;
- ГТЭС мощностью от 2,5 до 25 МВт;
- редукторов для ГТЭС мощностью от 2,5 до 6 МВт;
- трансмиссий и муфт для приводов компрессоров, насосов и электрогенераторов.

Участие в разработках стационарных энергетических ГТУ мощностью от 45 до 250 МВт.

СУПЕРТЕХНОЛОГИЯ - РОТОРЫ НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ



Юрий Васильевич Белоусов, генеральный директор ООО "Газхолодтехника"

В этом году исполняется 25 лет с момента опубликования положительных результатов применения в СССР системы магнитного подвеса (СМП) в исполнительных органах управления ориентацией космических аппаратов. Успешное завершение работ в космической сфере создало основательные предпосылки для промышленного применения СМП, и в конце 80-х годов

прошлого столетия были разработаны первые образцы центробежных компрессоров, турбодетандеров, электромагнитных преобразователей и других устройств с магнитными подшипниками.

Уникальные особенности магнитных подшипников (возможность работы при высокой частоте вращения, экономичность, отсутствие потребности в смазке, значительный ресурс и практическое отсутствие необходимости в техническом обслуживании во время эксплуатации) привлекли внимание потребителей прежде всего в тех отраслях, где роторные машины работают непрерывно или длительными циклами по несколько тысяч часов в условиях, затрудняющих их обслуживание и ремонт. Впервые СМП в нашей стране были применены в компрессорах-нагнетателях, предназначенных для транспортировки природного газа, так как многие газоперекачивающие станции на длинных магистральных газопроводах располагаются в местах, удаленных от коммуникаций и населенных пунктов.

Работы, начатые в этом направлении в Советском Союзе в конце 80-х годов, завершились в начале 1991 г. пуском в опытную эксплуатацию первого безмасляного нагнетателя с магнитными подшипниками и газодинамическими уплотнениями на базе агрегата ГПА-Ц-16 производства Сумского машиностроительного НПО им. Фрунзе на компрессорной станции магистрального газопровода в Тольятти. Успешные испытания этого агрегата позволили начать переоборудование сызранской компрессорной станции, состоящей из шести агрегатов типа ГПА-Ц-16 мощностью 16 МВт и частотой вращения до 5600 об/мин. В 1992-1994 годах на КС-23А Сызрани были пущены в эксплуатацию четыре подобных агрегата. К настоящему времени общая наработка пяти указанных агрегатов суммарно превышает 300 тысяч часов.

СМП рассматриваемых агрегатов первоначально были оснащены аналоговой аппаратурой управления СУМП-5, включающей блоки регуляторов, контроля, обработки сигналов датчиков и телеметрии. Анализ опыта промышленной эксплуатации созданных СМП позволил выявить недостатки разработанных систем и сформулировать основные принципы построения СМП для перспективных роторных машин:

- система должна допускать коррекцию "нуля" и коэффициентов чувствительности датчиков положения ротора без разборки агрегата;

- аппаратура управления должна проектироваться по принципу "открытой архитектуры", которая предполагает модернизацию и адаптацию используемой аппаратуры при минимальных затратах средств;

- усилители мощности системы должны быть полностью гальванически развязаны от управляющей части аппаратуры и допускать применение источников силового питания с широким диапазоном напряжений;

- аппаратура должна строиться с максимальным использованием цифровых методов обработки сигналов.

Применение цифровых методов обработки сигнала позволяет использовать быстродействующий промышленный контроллер в качестве основы для универсального блока, осуществляющего операции формирования закона регулирования, защиты и телеметрии. Это дает возможность полностью унифицировать блоки аппаратуры управления СМП, применяемых для различных типов роторных машин, например, для всего ряда нагнетателей природного газа мощностью от 2,5 до 25 МВт, причем изменение алгоритма регулирования или параметров системы может производиться в широком диапазоне и с высокой точностью без каких-либо монтажных операций в самих агрегатах.

В соответствии с предложенными принципами построения СМП в ООО "Газхолодтехника" в 2002 году была разработана и изготовлена первая в России унифицированная аппаратура управления магнитными подшипниками (АМП), предназначенная для роторных машин с массой ротора от десятков килограммов до полутора тонн. Внешний вид АМП приведен на рис.1. Система управления сконструирована в стандартном шкафу фирмы RITTAL серии VR с размерами 600x600x1400 мм. Все входящие в состав стойки конструктивные (крейты, панели, блоки, соединительные стойки, уголки и т.д.) разработаны с учетом



Рис. 1. Стойка АМП

стандартов европейских стран и обеспечивают взаимозаменяемость с импортными аналогами.

В качестве регуляторов системы подвеса применены контроллеры, построенные на базе усовершенствованного микроконтроллера фирмы SIEMENS. Преобразователь сигналов датчиков построен на современной микроэлектронной базе и позволяет обрабатывать сигналы датчиков положения различных типов.

Кроме указанных двух типов блоков в состав управляющей части системы входит блок управления питанием, осуществляющий связь контроллеров с силовой частью системы и формирование входных/выходных сигналов управления и защиты. Все перечисленные модули оформлены в виде евроконструктивов 6ЕВ и глубиной 160 мм. Усилители мощности системы построены на современных IGBT-транзисторах с развязкой цепей управления с помощью датчиков тока и трансформаторных формирователей сигналов управления транзисторами и оформлены в стандартных модулях 6ЕВ и глубиной 220 мм.

Принцип "открытой архитектуры" в определенной степени реализуется также путем стандартного расположения входных/выходных разъемов блоков с фиксированным назначением контактов разъемов. Это позволяет осуществлять наращивание вычислительных мощностей системы путем соединения боков между собой ленточными кабелями.

В состав аппаратуры входит двухстрочный жидкокристаллический индикатор, позволяющий отслеживать текущие значения перемещений ротора и токов электромагнитов, а также индикацию основных режимов работы системы.

При предъявлении повышенных требований к жесткости СМП или при необходимости существенного усложнения вычислительных функций регулирующей части число контроллеров может быть без труда увеличено до пяти и более. Однако для простых СМП, не предъявляющих высоких требований к вычислительным мощностям системы, все функции управления пятью каналами СМП могут осуществляться одним контроллером, например, в аппаратуре управления, используемой для турбонасоса разработки ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова.

Связь с АСУ агрегата осуществляется по трем линиям. Трехпроводная линия предназначена для включения и отключения системы подвеса. Вторая линия, состоящая из четырех пар проводов, предназначена для сигнализации о нештатных режимах системы (две пары) и возможной подачи оперативных команд на изменение параметров СМП (две пары). Третья линия в базовом варианте представляет собой стандартный интерфейс RS-485, предназначенный для передачи на главный щит управления сигналов положения (вибрации) ротора, токов электромагнитов и осевой силы. При необходимости эта линия может использоваться для интерфейса RS-485 или ИРПС.

Для аппаратуры АМП была разработана приемная программа телеметрии, позволяющая визуально оценивать вибрации ротора, токи каналов и значения осевой силы в режиме реального времени, а также проводить архивацию наблюдаемых значений и режимов с различными опциями записи, просмотра и сигнализации. При проведении заводских испытаний АМП в программе контроллеров был реализован алгоритм управления, выполняющий функции, аналогичные функциям аналоговых регуляторов СУМП-5.

В период с 10 апреля по 21 июня 2003 г. аппаратура АМП была испытана на двух агрегатах КС-23А (г. Сызрань ООО "Самаратрансгаз").

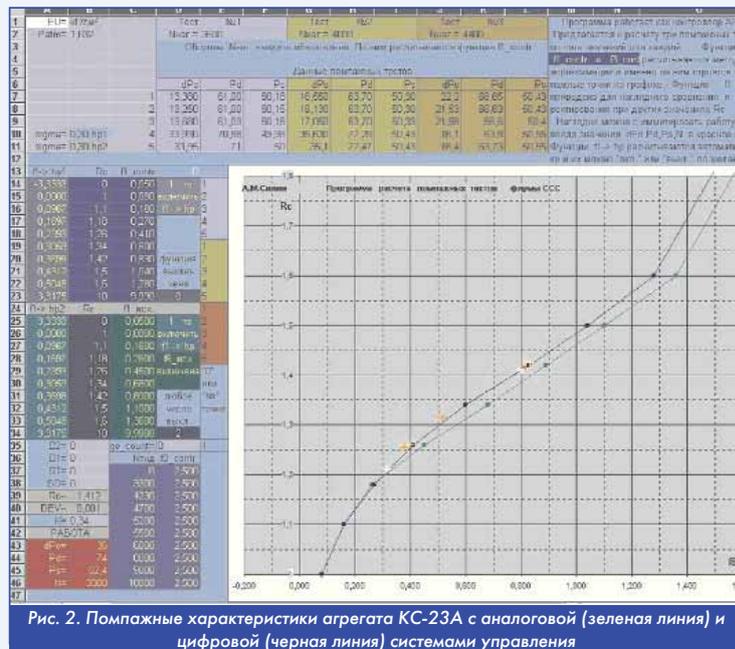


Рис. 2. Помпажные характеристики агрегата КС-23А с аналоговой (зеленая линия) и цифровой (черная линия) системами управления

Возможность оптимизации настройки каналов цифровой системы программным путем позволила улучшить помпажные характеристики агрегата №1 по сравнению со штатной характеристикой для аналоговой системы даже без увеличения напряжения силового питания системы или каких-либо конструктивных изменений в агрегате. На рис. 2 приведена исходная помпажная характеристика для агрегата №1 с аналоговой системой управления (зеленая кривая) и помпажная характеристика с цифровой системой управления (черная кривая). За критерий помпажного режима в обоих случаях принималась амплитуда вибрации ротора в 250 мкм (при радиальном зазоре в страховочном подшипнике 350 мкм). При этом определение амплитуды вибрации на аппаратуре АМП проводилось по данным цифровой телеметрии, что позволило избежать аварийных отключений агрегата, характерных для проведения этого теста с аналоговой аппаратурой управления.

Проведение испытаний цифровой аппаратуры управления АМП засвидетельствовало абсолютную стабильность характеристик настройки АМП во времени при реально возможных в эксплуатации изменениях температуры и влажности в отсеке автоматки. Кроме того, было установлено, что на критических скоростях вращения при разгоне агрегата уровень вибрации практически не увеличивается. Система АМП продемонстрировала нечувствительность к переходу на резервные источники питания и отсутствие реакции на работу в отсеке автоматки радиостанций типа "Транспорт" и "АЛАН-42", характерной для аппаратуры СУМП-5.

По результатам исследований, проведенных в ООО "Газлодтехника", впервые в России разработана и введена в эксплуатацию серийная АМП нового поколения, которая позволяет унифицировать применение магнитного подвеса в роторах различного типа с высокой степенью надежности и эксплуатационной пригодности, а также при пониженных стоимостных показателях. С 2004 г. наработка трех нагнетающих агрегатов Сызранского и Тольятинского управлений магистральных газопроводов составила более 30 тысяч часов.

ПОПРАВКА

В статье В.И. Голубева "КПД транспортных средств", опубликованной в журнале "Двигатель" № 2 - 2006, остались неразъясненными коэффициенты k_1 и k_2 в формуле (2):

$$\eta_o = N_{rp}/H_v \cdot G = N_{rp} \cdot \eta_e \cdot \eta_{\pi} / N_d = m_{rp} \cdot k_1 \cdot \eta_e \cdot \eta_{\pi} / \{m_{rp} + m_d \cdot k_1 + k_2 \cdot V^3\} = k_n \cdot \eta_e \cdot \eta_{\pi}$$

Указанные коэффициенты соответственно равны:

$$k_1 = v^2/2t + k \cdot v, \\ k_2 = c_w \cdot S \cdot \rho / 2.$$

Редакция приносит извинения автору.

Группа компаний Arbyte объявила о выходе компактного сервера на базе новейшей двухъядерной платформы Intel® Xeon®, ранее известной под кодовым наименованием Bensley.

Группа компаний ARBYTE, отечественный производитель аппаратно-программных комплексов для корпоративных клиентов, представила 13 июня 2006 г. на российском рынке серверное решение Arbyte Alkazar на базе новейших двухъядерных процессоров Intel® Xeon® в компактном исполнении для построения высокопроизводительных кластерных решений.

Компания Arbyte, один из ведущих отечественных производителей серверов, обращает особое внимание на построение систем для высокопроизводительных вычислений в САПР. Требования заказчиков к таким системам очень высоки, поэтому новый сервер Arbyte Alkazar станет отличным решением для предприятия, обеспечивающим существенное снижение затрат на приобретение и эксплуатацию.

Сервер Arbyte Alkazar может быть оснащен двумя 64-разрядными двухъядерными процессорами Intel® Xeon®, памятью FB-DIMM DDR2 объемом до 32 Гб, двумя гигабитными сетевыми адаптерами с поддержкой технологии Intel® I/O Acceleration Technology. Это обеспечит высочайшую производительность системы при минимальной потребляемой мощности и позволит значительно нарастить вычислительную мощь без увеличения расходов на инженерное обеспечение серверных комнат (электропитание, кондиционирование, занимаемая площадь).

В серверах Arbyte Alkazar можно использовать как уже объявленные процессоры Intel® Xeon® серии 5000 (ранее обладали кодовым наименованием Dempsey), так и перспективные процессоры семейства Intel® Xeon® серии 5100 на основе новой микроархитектуры Intel® Core™, в настоящий момент имеющие кодовое наименование Woodcrest. Как показывают результаты предварительного тестирования, системы, основанные на процессоре Woodcrest, обеспечивают производительность, вдвое превышающую данный показатель для серверов предыдущего поколения, и трехкратную экономию энергопотребления, что позволяет консолидировать больше приложений на меньшем числе систем с меньшим энергопотреблением. Использование технологии Intel® I/O Acceleration Technology позволяет эффективно использовать среду Gigabit Ethernet для передачи данных в высокопроизводительных вычислительных кластерах. Благодаря технологии FB-DIMM памяти DDR2 Arbyte имеет возможность создавать вычислительные ресурсы, удовлетворяющие растущим требованиям к объемам вычислений и детализации моделей (данных). Среди других преимуществ серверов Arbyte Alkazar - повышенная безопасность, надежное энергоснабжение, оптимизация под конкретные задачи заказчиков.

Технологии новой архитектуры предоставляют новые возможности при создании консолидированных вычислительных центров масштаба предприятия. Крупнейшее предприятие авиационной промышленности ФГУП "ММП" "Салют" рассматривает возможность применения серверов Arbyte Alkazar для дальнейшего развития своей

вычислительной среды с высоким параллелизмом. Предполагается, что применение новейшей платформы Intel® Xeon® в многоузловых вычис-

тельных кластерах, используемых для инженерных расчетов, позволит не только резко увеличить их вычислительную мощь, но и сэкономить на инженерных коммуникациях серверных помещений. Окончательные решения о внедрении будут приняты по результатам тестирования системы на этой платформе.



26 июня 2006 г. фирма Silicon Graphics объявила о создании новой линии кластерных решений, базирующихся на двухъядерных процессорах Intel® Xeon® серии 5100, представила новый блейд-сервер среднего уровня SGI® Altix® 450 на двухъядерных процессорах Intel® Itanium® 2 и сообщила об удвоении производительности своих ранее заявленных серверов серии SGI® Altix® 4700.

SGI® Altix® XE - новое семейство серверов на основе ОС Linux® и фабрично интегрированных кластеров, работающих на двухъядерных процессорах Intel Xeon серии 5100, недавно представленных Intel. В отличие от конкурирующих систем кластеры SGI Altix XE конфигурируются на заказ, давая возможность оптимизировать передовые приложения.

Серверы SGI Altix XE работают на базе двух двухъядерных процессоров Intel Xeon серии 5150, что дает до четырех процессорных ядер, а также до 32 Гб памяти на сервер. Поймав идеальный баланс между стоимостью и 64-битной производительностью, новые системы SGI Altix XE являются единственными кластерами на основе процессоров Intel Xeon, поставляемыми с новой программой технической поддержки SGI.

SGI также планирует предложить клиентам адаптированные под конкретные приложения пакеты, ориентированные на наиболее популярные отраслевые вертикальные приложения. Первым примером является адаптированный пакет для синтеза изображений - рендеринга, предназначенный для создания спецэффектов и разработки видеоигр и включающий ПО PipelineFX® Qubel™ Render Manager и интерфейс хоста, а также опции ввода/вывода.

SGI объявила, что она расширяет линию серверов среднего уровня, предлагая SGI® Altix® 450 - новый блейд-сервер, основанный на двухъядерных процессорах нового поколения Intel® Itanium® 2. Новый сервер Altix 450 обеспечивает в 2,2 раза большую производительность по сравнению с серверами Altix® 350® при меньшей стоимости систем. Серверы Altix 450 могут быть сконфигурированы так, чтобы обеспечить максимальную плотность размещения, максимум средств ввода/вывода или памяти, или комбинацию этих параметров для удовлетворения требований, предъявляемых любым рабочим процессом.

SGI также оснастила свой революционный блейд-сервер SGI® Altix® 4700 новыми двухъядерными процессорами Intel® Itanium® 2. Новые Linux®-системы обеспечат минимум вдвое большую производительность по сравнению с современными заслуженными серверами Altix® без увеличения их стоимости для пользователей, при этом потребляя меньше энергии, предоставляя большую плотность размещения и большую гибкость при работе с требовательными, насыщенными данными приложениями. Это в настоящее время снижает стоимость владения систем SGI и снижает проблему финансирования системных наращиваний и расширений в будущем.

По мере того, как SGI продолжает осуществлять разработки новых систем для удовлетворения потребностей клиентов на всех уровнях, продолжает развиваться и история ее рекордов в области масштабирования Linux. На мощной широко известной блейдовой платформе SGI® Altix® 4700 и бета-версии Novell SUSE® Enterprise Linux Ver. 10 фирма SGI продемонстрировала работу единого системного образа (SSI) на рекордном количестве процессоров - 1024. До этого крупнейший в мире рабочий единый системный образ Linux SSI работал на 512 процессорах.



ARBYTE

**Экономия
рабочего
времени
до 49%***

**ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО
НИЗКИЙ УРОВЕНЬ
ШУМА (менее 35dBA)**



Исключительная производительность для высокопроизводительных вычислительных CAD систем

Графические станции ARBYTE® CADStation оптимизированы под приложения САПР ведущих производителей ПО: **UGS, Autodesk, Dassault Systemes, PTC, АСКОН.**



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

*В сравнении с неспециализированными ПК аналогичной конфигурации. По методике, опубликованной в журнале "САПР и графика" №11 2004, №3 2005.

ARBYTE®

Москва ARBYTE
(095)- 725-8008
www.arbyte.ru



Альметьевск	Белфорт (8553) 31-97-71
Благовещенск	Си Групп (4162) 37-22-22
Владимир	Электрон-сервис (0822) 33 60 01
Волгоград	VOGS'9 (8442) 37-75-78
Воронеж	Криста-Офис (0732) 71-84-75
Екатеринбург	Делкам-Компьютер (343) 214-46-77
Калуга	Пл 8 Плюс (0642) 56-48-88
Казань	Стандарт (0432) 92-10-55
Киров	ВИТ (8332) 64-04-10
Кострома	Стал (4942) 54-15-55
Курск	КОС (0712) 53-15-06
Липецк	Регард-Тур Электроникс (0742) 22-05-55

Минск	Белфорт (017) 224-20-54
Набережные Челны	Белфорт (8552) 39-65-25
Нижний Новгород	Онлайн (8312) 18-46-46
Новосибирск	Арбайт Компьютерз Сибирь (3832) 12-57-79
Оренбург	Белфорт Коллектив (3532) 70-30-64
Орск	Контакт Плюс (3537) 25-05-98
Санкт-Петербург	Сигма Плюс (812) 235-17-75
Смоленск	Коллектив (0812) 85-50-39
Улан-Удэ	ИАЦ г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25
Уфа	Белфорт (3472) 25-37-77
Чебоксары	Копир-Сервис (8352) 74-11-00



ДОСТОЙНАЯ ОЦЕНКА НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Наш постоянный автор, доктор технических наук и профессор МАИ и МАТИ Анатолий Николаевич Петухов удостоен Золотой медали имени академика С.Т. Кишкина за комплекс работ по исследованиям конструкционных материалов и деталей ГТД в области многоциклового усталости. Работы выполнены Анатолием Николаевичем лично или при его непосредственном участии в руководимом им секторе "Усталость конструкционных материалов и деталей ГТД" отделения "Динамика и прочность двигателей" ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова.

Медаль учреждена ВИАМ в честь 100-летия со дня рождения виднейшего ученого в области материаловедения академика Сергея Тимофеевича Кишкина, разработчика авиационной брони для самолетов Ил-2 и танков, основателя гетерогенной теории жаропрочных сплавов, которая на многие годы определила развитие отечественной авиации и двигателестроения.

А.Н. Петухов - известный ученый в области конструкционной прочности и сопротивления усталости металлических материалов в эксплуатационных условиях. Он - крупнейший специалист по контактному взаимодействию малоподвижных соединений металлических деталей (фреттинг-усталость), технологической наследственности металлических материалов и конструкций в авиационном двигателестроении. Он руководит в ЦИАМ межотраслевым научно-техническим семинаром "Проблемы конструкционной прочности ГТД и ЭУ" и осуществляет научное редактирование сборника, где публикуются наиболее интересные материалы семинара. В его школе воспитано 8 кандидатов и 3 доктора технических наук.

Многие материалы из представленного на соискание этой медали комплекса исследований вошли в Руководства для конструкторов, ОСТы, Методические указания, приложения к Нормам прочности, учебные пособия. По рассмотренным вопросам было выпущено 45 книг и статей в отечественных и иностранных издательствах и около 200 технических и научно-технических отчетов.

Редакция журнала "Двигатель" сердечно поздравляет Анатолия Николаевича, желает ему больших успехов во всей его деятельности, крепкого здоровья и дальнейшего признания коллег и учеников.



ИНФОРМАЦИЯ

Издательский Дом "Авиамир" специализируется на выпуске изданий по авиационно-космической тематике с 1996 года. Он сотрудничает со многими ведущими предприятиями отрасли. Авторским коллективом были изданы справочники-календари по истории ОКБ им. П.О.Сухого, ММП "Салют", Гос. МКБ "Вымпел" и т.д.; книги: "50 лет Гос. МКБ Вымпел", "Военпреды ОКБ МиГ", "Энциклопедия авиационного двигателестроения", "История АК "Рубин", "От дирижаблей до ракет" - по истории ДНПП и "Воспоминания ветеранов ДНПП", "Ильюшинцы: люди и самолеты", и т.д., а также различная полиграфичес-

кая и сувенирная продукция для предприятий авиапрома и МО РФ. ИД принимает участие в подготовке к юбилеям ЛИИ им. Громова, ГосМКБ "Радуга", "Звезда-Стрела", ТМКБ "Союз", Гос. МКБ "Вымпел", ОКБ им. П.О.Сухого, ЦИАМ, ГосНИИАС, "Калужский двигатель" и других.

Ежегодно с 1998 года Издательский Дом "Авиамир" выпускает настольные перекидные справочники-календари по истории авиации, ракетной техники и космонавтики, которые кроме исторического материала отражают и современные события и юбилейные даты из жизни авиационной отрасли. Календарь -

это не только счетчик дней, но и исключительно точный справочник по датам, личностям и событиям, которым пользуются и после того, как закончится год. Его листают не только на Земле: календарь дважды побывал в космосе на МКС. Это единственное подобное издание, удостоенное такой чести.

В календаре 2007 г. появилось больше дат, связанных с ракетно-космической техникой. Так, ИД "Авиамир" отмечает 50-летие космической эры, 150-летие со дня рождения К.Э. Циолковского - отца теоретической космонавтики и 100-летие со дня рождения С.П. Королева - основоположника космонавтики практической.

ИД "Авиамир" приглашает организации, заинтересованные в отражении своей истории, предоставить информационный материал для помещения в календарь на 2008 год, а также разместить в нем свои рекламные страницы. Срок подачи информационно-иллюстративных материалов и заявок на рекламу - до 1.05.2007 г.

103287, Россия, г.Москва,
Петровско-Разумовский пр-д,
24 корп. 1
Тел./факс: (495) 258-25-01,
611-03-43
E-mail: dom@aviamir-xxi.ru
ww.dom-aviamir.ru





ЗАО «Росмарк-Сталь»

Компания «Росмарк-Сталь», основанная в 1997 г., является одним из крупнейших поставщиков металлообрабатывающего оборудования ведущих станкостроительных компаний мира российским предприятиям:

- Специальные и универсальные ленточнопильные станки FMB, DANOBAT; ленточные пилы RONTGEN и др.;
- Многоосевые заточные станки для изготовления и заточки сложного комбинированного режущего инструмента ANCA, NORMAC;
- Горизонтальные и вертикальные токарные станки, токарные обрабатывающие центры DANOBAT, LEALDE, PIETRO CARNAGHI, SAFOP;
- Продольно-фрезерные центры, фрезерные и расточные станки PAMA, PIETRO CARNAGHI, SORALUCE;
- Шлифовальные станки DANOBAT, ESTARTA, OVERBECK;
- Протяжные станки HOFFMANN-LAPOINTE;
- Высокоскоростные обрабатывающие центры BRETON;
- Установки гидроабразивной резки WATER JET SWEDEN;
- Специальные патроны и паллетные системы ROTOMORS;
- Быстрорежущая сталь, порошковая быстрорежущая сталь ERASTEEL, прутки из твердого сплава HARTMETALL.

Адрес: 193230, Санкт-Петербург, ул. Челиева, д. 13, Бизнес-центр «Мак-Тауэр»

Тел.: +7 (812) 336-27-13, +7 (812) 336-27-27.

Факс: +7 (812) 336-27-25, +7 (812) 336-27-14.

E-mail: info@rosmark.ru

<http://www.rosmark.ru>



РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ЗА ОДНУ УСТАНОВКУ

Илья Романович Мозгов, начальник отдела ЗАО "Росмарк-Сталь"

Столкнувшись с необходимостью быстро изготовить небольшие партии режущего инструмента, многие предприятия, работающие в области металлообработки, уже освоили технологию изготовления инструмента из заготовки за одну установку. Идея создания многоосевого шлифовального станка, управляемого ЧПУ, впервые появилась и была реализована фирмой ANCA еще в восьмидесятих годах. Появившиеся станки быстро завоевали признание в компаниях, имеющих собственное инструментальное производство или инструментальные участки. Также и инструментальные заводы стали активно приобретать многоосевые шлифовальные станки с ЧПУ для изготовления инструмента за одну установку. Например, завод Titex, принадлежащий Sandvik, купил 30 станков ANCA.

Еще пару десятилетий назад инструмент изготавливался преимущественно за несколько установок пооперационно на разных станках. За счет чего же новая технология изготовления инструмента так быстро вошла в жизнь и даже теснит традиционную? Преимущества смогли оценить и многие российские предприятия, имеющие многоосевые заточные станки ANCA, управляемые ЧПУ.

Преимущества очевидны: возможность быстро изготовить специальный инструмент, легкая и быстрая перенастройка, высокая точность, независимость от человеческого фактора в условиях дефицита опытных станочников.



На станках ANCA можно изготавливать или перетачивать широкий спектр инструмента из твердого сплава или быстрорежущей стали: фрезы, сверла, борфрезы, зенкеры, развертки, метчики, зенковки, калибры, пуансоны, ступенчатый и комбинированный инструмент, а также инструмент для деревообработки (включая профильные ножи) и инструмент медицинского назначения.

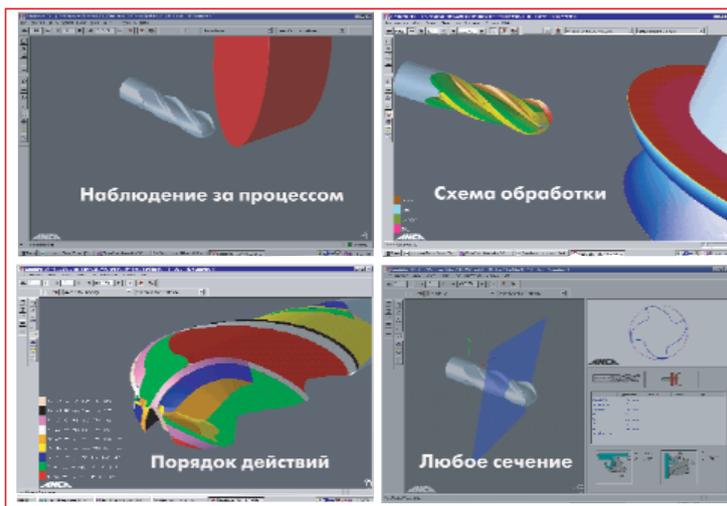
Станки сочетают высокую производительность с возможностью быстрой перенастройки и широкой универсальностью.

Оборудование, поставленное фирмой ANCA GmbH (Германия) российским предприятиям, работает в три смены, семь дней в неделю. Станки быстро окупаются и дают реальный экономический эффект, а также благодаря удобному и многофункциональному программному обеспечению быстро осваиваются персоналом заказчика и значительно повышают технологические возможности инструментального производства.

Передовое программное обеспечение упрощает подготовку управляющих программ.

Для решения задач по проектированию инструмента компания ANCA первой в мире разработала и запатентовала пакет программного обеспечения 3D-Simulator. Программирование происходит в диалоговом режиме.

На станках ANCA можно изготавливать или перетачивать широкий спектр инструмента из твердого сплава или быстрорежущей стали: фрезы, сверла, борфрезы, зенкеры, развертки, метчики, зенковки, калибры, пуансоны, ступенчатый и комбинированный инструмент, а также инструмент для деревообработки (включая профильные ножи) и инструмент медицинского назначения.



Оператор вносит параметры инструмента, при этом идет контекстная подсказка для каждого параметра, т.е. на части экрана отображается наглядный чертеж с выделением текущего параметра, что гарантирует простоту и доступность программирования.

3D-Simulator устанавливается на отдельно стоящий компьютер и позволяет:

- осуществлять проектирование инструмента, задавая определенные параметры;
- производить измерение любых параметров спроектированного изделия;
- рассматривать любые сечения;
- видеть порядок шлифования различных поверхностей изделия;
- наблюдать за процессом шлифования в трехмерном пространстве с любой точки;
- гибко варьировать параметры, добиваясь нужной геометрии.

При проектировке инструмента оператор в режиме диалога всегда может обратиться в международные справочники геометрии инструмента (DIN, ISO), заложенные в программном обеспечении ANCA. Задавая режимы обработки на станке, оператор может использовать параметры по умолчанию или определить их самостоятельно, также может посмотреть рекомендации.

Подготовленная с помощью 3D-Simulator программа передается на станок для обработки заготовки.

Эти и другие преимущества обеспечили оборудованию ANCA успех во всем мире. Продано более 2500 многоосевых станков с ЧПУ.

Каковы же дальнейшие перспективы развития данной технологии изготовления инструмента?

Интегрированная система оптического измерения в рабочей зоне станка.

После вышлифовки или переточки необходимо произвести контрольный обмер инструмента и в случае необхо-





димости произвести корректировку. До недавнего времени это делалось на отдельно стоящей измерительной машине. Это значит, что надо было разжать патрон, вынуть изделие, отнести и установить его на измерительную машину, обмерить и выявить, какие параметры имеют отклонения от чертежа, затем установить изделие в патрон станка, оцифровать его, потом внести корректировки в программу и затем запустить рабочий цикл, после чего все операции повторить сначала.

При этом возможно появление новой погрешности, связанной с переустановкой заготовки в патроне станка.

ANCA запатентовала интегрированный оптический контроль готового инструмента в рабочей зоне станка.

Теперь для контроля профиля и измерения параметров изготовленного или переточенного инструмента используется разработанная компанией ANCA система оптического измерения на основе специальной видеокамеры ANCA iView, интегрированной в систему ЧПУ станка. Эта камера увеличивает изображение в 100 или 300 раз. При отклонении от идеального профиля или несоответствии ЧПУ автоматически корректирует на необходимую величину подачу при шлифовании.

Система производит измерение и наложение:

- профиля инструмента;
- формы инструмента;
- наружного диаметра;
- угла;
- радиуса;
- расстояния от точки до прямой.

Измерение инструмента и коррекция, произведенная в патроне станка, обеспечивает большую точность по сравнению с отдельно стоящей измерительной машиной (не возникает дополнительных погрешностей, связанных с установкой в разные патроны), существенно ускоряет процесс (нет необходимости выполнять лишние операции по переустановке изделия, по оцифровке вторично зажатого инструмента и по передаче данных с отдельной измерительной машины и корректуре программы). Процесс измерения является более удобным для измерения профильных инструментов (на мониторе станка фактический профиль, получаемый от видеокамеры, удобно совмещается с идеальным (программным) профилем по заданному количеству точек).

Оператор всегда может распечатать отчет о результатах измерения системой ANCA iView, который может быть приложен к паспорту инструмента.

Удобство интегрированной в станок измерительной системы на основе оптической камеры уже смогли оценить и некоторые российские предприятия.

ANCA - изготовление метчиков за одну установку.

До сих пор изготовление метчиков было невозможно за одну установку из-за принципиальных особенностей процесса шлифования резьбы.

Фирма ANCA создала новый станок модели Tap-X, который позволяет изготавливать и перетачивать не только различные режущий инструмент (фрезы, развертки, борфрезы, сверла, а также комбинированный, профильный и ступенчатый инструмент), но и всю гамму метчиков высокого класса качества. Причем метчики имеют самую разную геометрию, направление резания, форму и наклон канавки, в том числе раскатные и с шахматным зубом, а также резьбовые фрезы, калибры и комбинированный инструмент.

Многоосевые станки для изготовления метчиков уже приобрели такие известные европейские инструментальные компании, как Emuge, Dormer, Guhring и др.

Цикл изготовления стандартного метчика М6 за одну установку на станке ANCA Tap-X составляет около 3 мин. 8 с. Перенастройка с М6 на М12 занимает не более 15 мин.

Цикл изготовления, полученный на Emuge, для метчиков М12 составляет 2 мин. 14 с или 3 мин. 30 с в зависимости от выбранного способа правки круга.

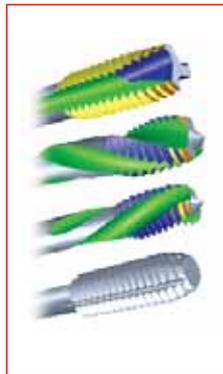
Например, на Guhring используют режимы, при которых М12 изготавливают в среднем 3 мин. 35 с.



Список лидерских достижений ANCA может быть продолжен, и теперь мы можем сказать, что:

- фирмой ANCA впервые создан многоосевой станок с ЧПУ для вышлифовки инструмента;
- впервые ANCA использовала полимербетон в качестве материала станины;
- впервые ANCA использовала прямые приводы всех осей и шпинделя на подобных станках;
- впервые использовала шуп Renishaw для оцифровки заготовки на заточном станке;
- впервые разработала трехмерный симулятор для проектировки и обкатки программы (продвигает уже 28 версию);
- впервые установила интегрированную в станок оптическую систему измерения инструмента в рабочей зоне станка "ANCA iView".
- впервые создан многоосевой шлифовальный станок для изготовления и переточки резьбового инструмента.

Изготовление резьбового инструмента - это начало нового витка развития технологии изготовления инструмента. Теперь возможно изготавливать традиционный режущий и резьбовой инструмент из закаленной заготовки за одну установку. При этом при изготовлении даже небольшими партиями и штучно Вы получаете недоступную ранее гибкость и эффективность, имея всего один станок - ANCA модель Tap-X.



ВЫБОР ПРАВИЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Лев Ио

Ион Одров, начальник проектного отдела московского СП сидел, обхватив голову руками и разглядывая технические требования, пришедшие из западноевропейской фирмы на модернизацию одной из их главных газовых турбин GT13E, предназначенной для производства электроэнергии (далее ГТУ):

1. Увеличить термический к.п.д. цикла на 1 %.
2. Обеспечить рост мощности ГТУ на 10 МВт.
3. Увеличить ресурс узлов и деталей на 33 %.
4. Снизить стоимость ГТУ и ее компонентов.
5. Материалы для изготовления деталей турбины должны быть дешевле, чем нынешние (см. также п. 4).
6. Уменьшить содержание вредных примесей в отработанном газе.

Ну, пункт 6 еще туда-сюда: выхлоп ГТУ во многом конструкцией камеры сгорания определяется. Но ведь требования 1-5 просто жутко противоречивы! GT13E - неплохая турбина, и чтобы поднять ее мощность, например, нужно температуру в камере наращивать, а как же тогда увеличить ресурс деталей, если материал, из которого они сделаны, не меняется. Можно, конечно, охладить лопатки искусственно, но, во-первых, всему есть пределы, а, во-вторых, стоимость лопатки с более "хитрыми" охладительными каналами будет заведомо больше, чем с простой конструкцией охлаждения.

Ион позвонил своему французскому контрагенту - главному инженеру Антуану Просфору:

- Антуан, привет. Я тут технические требования на модернизацию вашей GT13E получил, тобой, в том числе утвержденные. Ты сам читал, что подписал?

- Здравствуй, Ион, конечно, читал... Да не обращай ты внимания, так всегда делается: пишется, что все надо улучшить, иначе Верховный Менеджерский комитет не утвердит задание. Многие из них сами смеялись, утверждая эти требования. Не переживай, выкрутимся..., главное - заказ твоя фирма получила.

И правда, по истечению трех лет наше СП, спроектировав модернизированную турбину, с большим трудом выполнило технические требования 1-2 и 5-6. При защите проекта про пункты 3 и 4 никто и не вспоминал...

А Иону многочисленные пустые усилия, потраченные нашими и французскими инженерами в угоду Менеджерским Приказам, покоя не давали.

Мало того. Когда модернизированная турбина была на выходе, поступило новое Указание: для турбин, отправляемых в Саудовскую Аравию, все-таки увеличить ресурс деталей на 33 %, а то, вишь-ты, запчасти дорого арабам обходятся. А чтобы готовую ГТУ не переделывать, следует снизить температуру газа в камере сгорания, вот долговечность лопаток и повысится.

- Так ведь мощность ГТУ упадет, и электроэнергия меньше вырабатываться будет, - попробовал возразить Ион, - так что шейхи не прибыль получат, а потери в итоге понести могут...

- Да что ты, Ион, кто и что этим восточным людям объяснять будет - хотя меньше за дорогие запчасти платить, и все тут...

"Не такие уж они и дураки, эти ваши арабы", - подумал Одров и впал в размыслительный процесс...

Ведь что хочет любая фирма, заказывающая проектирование, скажем, мощного мотора грузового автомобиля какой-нибудь конторе типа одровской? Желательно, чтобы:

- мощность мотора была бы повыше - больше какого-нибудь груза машина сможет взять на борт;
- к.п.д. двигателя был бы побольше - меньше бензина двигатель потреблять будет;

- детали были бы спроектированы подолговечнее - меньше простоев на ремонт и затраты на запчасти упадут;

- материалы для изготовления были бы выбраны подешевле, да и конструкция самого движка попроще - опять же сборка дешевле, значит, и стоимость двигателя меньше;

- выхлоп должен быть возможно более чистым, не столько из-за заботы об обывателях, сколько чтобы штрафы экослужбам поменьше платить...

Вот, собственно, и все. И как эти цели, конфликтующие между собой даже на первый взгляд, примирить? Иону придумалось довольно простое решение. - "А давайте", - предложил мысленно он, - "станем на позицию будущего владельца будущей же машины и посчитаем его доход от эксплуатации агрегата - мощность двигателя легко перевести в количество перевезенного груза, а этот груз - в стоимость полученной владельцем фуры денег. Это будет его единственный доход. А все остальное - бензин, зарплата водителя, стоимость самого двигателя, его ремонтов, запчастей и штрафов - это его затраты. Вот и цель "экспедиции" проясняется: добиться, чтобы прибыль (разница между доходом и расходом) владельца была максимальна, а потом пусть наши маркетинговые службы этого капиталиста и убеждают в преимуществах наших изделий - выкладками, а не дешевыми пустыми рекламками типа "Лексус - новое впечатление о полноприводном автомобиле" или "ВАЗ - ключ к дорогам России" (по поводу последней рекламки существовало хорошее дополнение: "Какие дороги - таков и ключ").

Однако легко сказать - посчитай прибыль. А для этого надо знать, например, цену бензина, а она по шарикку сильно меняется, да и зарплату шоферов неплохо правильно учесть, а она заметно отличается во Франции и Чили, скажем. Да, а еще есть такие вещи, как банковские проценты за закупку оборудования, экономисты горы диссертаций защитили по подобной тематике.

"А что если считать не абсолютную прибыль, а относительную, - пришло в одроголову. - Ведь тогда многие неизвестные и трудно поддающиеся оценке факторы просто исчезнут при вычитании, и в сухом остатке мы получим только выражения, содержащие параметры, на которые инженер-проектировщик влиять может!"

Обратившись к энергетическим ГТУ, Одров написал почти очевидную формулу прибыли от эксплуатации машины:

$$G(t) = RAM \cdot (C \cdot P - C_{fuel} \cdot P_f) \cdot t - C_0 - \sum_{i=1}^M N_i(t) \cdot c_i - A(t), \quad (1)$$

где: t - календарное время; RAM - коэффициент технического использования ГТУ (отношение времени работы ГТУ ко всему прошедшему времени); C - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии; P - полезная мощность ГТУ; C_{fuel} - стоимость топлива, необходимого для производства 1 кВт·ч тепловой энергии; P_f - тепловая мощность, производимая сжигаемым топливом

$$P_f = P / \eta_v \quad (2)$$

η_v - термический к.п.д. установки; C_0 - цена ГТУ; c_i - стоимость компонентов ГТУ, имеющих ресурс t_i ; $N_i(t)$ - количество замен за время t компонентов ГТУ, имеющих ресурс t_i ;

$$N_i(t) = [t/t_i], \quad i = 1, 2, \dots, M. \quad (3)$$

Наконец, $A(t)$ - те самые эксплуатационные расходы (зарплата персонала, стоимость сменных материалов, проч.).

Разность двух выражений типа (1) вследствие любого изменения конструкции или параметров жизненного цикла (ЖЦ) ГТУ - Ион вычислял уже при условии:

$$A(t) \equiv \text{const.} \quad (4)$$

Это привело к выражению:

$$F(t) - \Delta G(t) - t[C \cdot \Delta(P \cdot \text{RAM}) - C_{\text{fuel}} \cdot \Delta(P \cdot \text{RAM} / \eta_1)] - \Delta C_0 - \Delta \sum_{i=1}^M N_i(t) c_i. \quad (5)$$

Функцию $F(t) = \Delta G(t)$ Ион назвал целевой функцией (ЦФ). В качестве цели принимался максимум ЦФ (5) при заданном времени t .

Далее Одров произвел преобразования формулы (5), основанные на следующих предположениях:

$$A). N_i(t) = (t/t_0). \quad (6)$$

Физически использование (6) вместо (3) означает, что вместо дискретных затрат на покупку запчастей, производимых Собственником ГТУ в период остановки ГТУ на плановый осмотр, он (Собственник) постепенно резервирует средства на это мероприятие. Но ведь и в жизни, планируя, скажем, большую покупку, мы постепенно откладываем на нее денюжки.

$$B). \Delta(\text{RAM}) = \Delta[(t - N_0(t) \cdot T_0)/t],$$

где T_0 - длительность запланированного останова ГТУ на осмотр или замену деталей, $N_0(t)$ - количество таких остановов за время t . Аналогично (6), полагается

$$N_0(t) = (t/t_0), \quad (7)$$

где t_0 - интервал между осмотрами. Обозначив

$$C \cdot \text{RAM} = C_{00}, C_f = \text{RAM} \cdot C_{\text{fuel}}, C_{f0} = C_{00} \cdot C_f / \eta_1, C_{ff} = C_{f0} / \text{RAM}, \quad (8)$$

Ион привел формулу (5) для ЦФ к следующему виду:

$$F(t) - t[C_{f0} \cdot \Delta P - C_f \cdot P \cdot \Delta(1/\eta_1)] - C_{ff} \cdot P \cdot T_0 \cdot \Delta(1/t_0) - \Delta \sum_{i=1}^M (c_i / t_i)] - \Delta C_0. \quad (9)$$

Для часто встречающегося случая, когда стоимости заменяемых частей разнятся мало, т.е., если

$$\Delta c_i \equiv 0, i = 1, 2, \dots, M, \quad (10)$$

реализуется следующий вид ЦФ

$$F(t) = A \cdot t - B, \quad (11)$$

где

$$A = C_{f0} \cdot \Delta P - C_f \cdot P \cdot \Delta(1/\eta_1) - C_{ff} \cdot P \cdot T_0 \cdot \Delta(1/t_0) - \sum_{i=1}^M c_i \cdot \Delta(1/t_i), \\ B = \Delta C_0.$$

Обычно ресурсы компонент ГТУ кратны интервалу между запланированными для осмотра остановами. Так, для западных турбин $M = 2$, причем $t_1 = 2 \cdot t_0$, $t_2 = 3 \cdot t_0$, где t_1 - ресурс охлаждаемых, а t_2 - ресурс неохлаждаемых компонентов ГТУ.

Подставляя последние выражения в формулу для A , получим:

$$A = C_{f0} \cdot \Delta P - C_f \cdot P \cdot \Delta(1/\eta_1) - (C_{ff} \cdot P \cdot T_0 + c_0) \Delta(1/t_0), \quad (12)$$

где $c_0 = c_1/2 + c_2/3$.

Теперь Ион взялся за "задачу шейхов" и выписал на листок бумаги необходимые данные ГТУ GT13E: $P = 240$ МВт, $\eta_1 = 0,53$, $t_{01} = 18\,000$ ч - заданный западной фирмой ресурс охлаждаемых деталей, $t_{02} = 24\,000$ ч - их увеличенный на 33 % ресурс (то, что хотели иметь арабы), $T_0 = 720$ ч (время останова турбины на замену деталей), \$3000 - цена охлаждаемой лопатки; \$1000 - цена неохлаждаемой лопатки, ΔP (мощность, теряемая ГТУ из-за снижения температуры горячего газа в камере сгорания) = 3,7 МВт.

Подстановка этих данных в (12) показала такое значение A из (11) для варианта турбины с более долговечными лопатками:

$$A = C_{f0} \cdot \Delta P - (C_{ff} \cdot P \cdot T_0 + c_0) \Delta(1/t_0) \equiv - \$21 \text{ ч}^{-1}.$$

Этот результат означал, что, экономя на частой покупке запчастей, наши восточные соседи будут терять 21 доллар за каждый час эксплуатации турбины, недополучая электроэнергию...

После обсуждения на семинаре в западной компании выкладки Иона были презентованы владельцам турбин в Саудовской Аравии, и те моментально отказались от своего предложения. "Денюжки-то все считать умеют", - подумалось тогда Одрову.

Другой случай произошел в германском Манхайме. Там работал турбинист от Бога Эмиль Ванер. Его мнение во всех областях проектирования и производства турбин считалось окончательным, настолько высок был его заслуженный авторитет среди коллег. И вот, во время командировки Одрова, Эмиль предложил ему не запаивать дырочку от выхода стержня неохлаждаемой четвертой лопатки одной из ГТУ, проектировавшейся СП.

- Ион, стоимость пайки одной дырки составляет 300 дойчмарок, а всего лопаток 63, так что потребуется около 12 тыс. долл. на эту операцию...

- Но ведь через незапаянные дырки будет сочиться воздух, уходя из камеры сгорания, - попробовал возразить Одров.

- Да чепуха, сколько через эти щелочки вытечет? - улыбнулся Эмиль.

В обеденный перерыв Ион засел за выкладки. Его коллеги из групп "Охлаждение" и "Аэродинамика" уже подготовили свое видение потерь мощности ГТУ вследствие просачивания воздуха через оставленные дырки. Эти потери, как и предсказывал Ванер, были небольшие, всего-то 0,16 МВт (газодинамические потери из-за подсоса воздуха через лопатку в проточную часть составили 0,04 МВт, а потери вследствие дополнительного расхода воздуха через вторичную систему ротора равнялись 0,12 МВт).

Однако одровская ЦФ выбросила такую цифру суммарной сравнительной прибыли владельца ГТУ с запаянными лопатками за время ЖЦ последних (54 тыс. ч):

$$F(t_0) = t_0 \cdot A - B \equiv \$93\,000.$$

Таким образом, из этих выкладок следовало, что, хотя начальные затраты заказчика, купившего ГТУ с незапаянными отверстиями в четвертой лопатке, будут на 12 тыс. долларов меньше, но прибыль заказчика, обладающего ГТУ с запаянными отверстиями в лопатках через 54 тыс. ч эксплуатации турбины будет значительно больше (на 93 тыс. долларов).

Эмиль, плохо понимавший и нормальный английский, и весьма неважный немецкий Одрова, "схватил" идею всего за три минуты. Пожалуй, это был единственный случай в практике Иона, когда Эмиль удалось переубедить, причем так легко...

И еще много раз поработал подход Иона, когда требовалось провести инженерную экспресс-оценку выгоды того или иного технического решения, давая результаты часто неожиданные.

Кстати, "одрометод" годится для оценки правильности выбора инженерной опции не только для ГТУ энергетического предназначения, но и вообще для газотурбинной техники, да и для движков другой природы тоже... 



К ЮБИЛЕЮ УЧИТЕЛЯ

**Елена Константиновна Холщевникова
Дмитрий Александрович Боев**

Доктор технических наук, профессор Константин Васильевич Холщевников был одним из создателей современной теории лопаточных машин и газотурбинных двигателей. Не будет преувеличением сказать, что все, кто что-то сделал для создания и развития отечественного газотурбинного авиадвигателестроения, в той или иной мере являются его учениками. И эта статья - малый вклад в ту дань уважения, которую все мы, работавшие в этой области, задолжали своему Учителю.

...Константин Васильевич родился 17 июня 1906 г. в г. Москве и был самым младшим ребенком в семье. Его отец, приказчик в торговом доме братьев Зиминных, умер, когда Костику было два года, оставив вдову с шестью малолетними детьми - старшей сестре в то время было всего-то 10 лет. Вся большая семья жила во вдовьем доме на пенсию, которую получала мать семейства от хозяев умершего мужа, и на доходы от шитья солдатского белья. Хозяева очень уважали покойного Василия Константиновича за честность, потому этой пенсии и заработка хватало не только на более-менее сносную жизнь, но и на то, чтобы каждый год (до первой мировой войны) вывозить детей на лето в деревню в Суханове.

Старшие сестры научили читать самого младшего брата очень рано. Поэтому ему удалось однажды даже удивить свою мать: гуляя по городу, они подошли к памятнику Гоголю, на котором изображены персонажи из "Мертвых душ", и мальчик стал показывать на эти горельефы и правильно называть героев произведения. В 1914 г. Костя поступил в начальную школу, потом одновременно с учебой в средней школе еще и возделывал для семьи большой огород (а уже шла война, все подорожало, но надо было как-то жить), а в свободное время самостоятельно по учебникам усвоил полный курс средней школы.

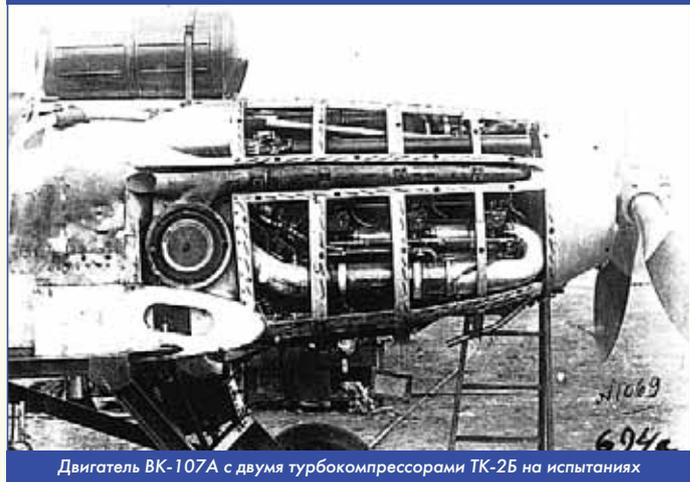
Была безработица, и по путевке биржи труда Константин поступил на работу во второй дом Реввоенсовета, где очень недолго был разнорабочим, а потом стал быстро продвигаться по службе, занимая различные должности. В 1925 г. он был зачислен на военную службу и направлен инструктором на работу в политуправление (ПУР) РККА. В 1926 г. ему случилось по лотерее Осоавиахима выиграть билет для полета над Москвой. После этого полета Константин "заболел" авиацией. Однако прошло еще два с лишним года, прежде чем он сдал экзамены, дважды прошел весьма жесткий медицинский отбор (в Москве и Ленинграде) и был зачислен курсантом в военную-теоретическую школу летчиков. Из ПУРа РККА его отпустили по его упорному ходатайству. В 1930 г. в школе летчиков он был принят в члены ВКП(б).

Будучи курсантом этой школы, Холщевников завершил общее среднее образование и изучил теорию и технику полета, теорию двигателей и самолеты, находившиеся в тот момент на вооружении ВВС Красной Армии. Для завершения учебы Константин попал в первую школу летчиков, расположенную в поселке Кача близ Севастополя. Вначале учеба проходила успешно, и он в числе первых был выпущен для самостоятельных полетов. Авантюризм и стремление к риску надолго остались чертой характера Константина. Он был очень спортивным и отчаянным: друзья молодости вспоминали, как он мчался на лыжах, привязанный веревкой к едущему мотоциклу.

Выяснилось, однако, что научная работа в авиации гораздо более притягательна для молодого человека, чем практические ее приложения: он добровольно ушел из рядов РККА с тем, чтобы пойти учиться в авиационный институт. Правда, особенности происхождения (отец-то был приказчиком, а не рабочим или крестьянином) чуть не сыграли с Костей шутку: сразу его в институт не взяли. Потому в 1930 г. он поступил на авиационный завод № 24 учеником токаря, где за один год работы получил высший разряд токаря. И уже в 1931 г. молодой человек одновременно с работой



Турбокомпрессор ТК-2 на моторе М-105 опытного бомбардировщика СБ



Двигатель ВК-107А с двумя турбокомпрессорами ТК-25 на испытаниях

стал учиться на вечернем отделении моторного факультета МАИ. В 1932 г. перешел на дневное отделение. Учился он очень хорошо. Перерешав все задачи по сопротивлению материалов из задачника, он стал сам придумывать задачи. Преподаватель предлагал ему написать совместно задачник, но Костя отказался, чтобы это не помешало остальной учебе.

После окончания Московского авиационного института в 1936 г. Холщевников пришел в ЦИАМ (здесь Константин Васильевич проработает всю свою жизнь до смерти в 1976 г.). Он начал свою работу в отделе бензиновых двигателей, где занимался компрессорами для надува авиационных двигателей. В институте сразу проявилась его способность к самостоятельной творческой конструкторской деятельности. Так, уже в 1938 г. им была предложена оригинальная схема турбокомпрессора с зубчатой передачей между турбиной и компрессором. Введение этой передачи позволило повысить частоту вращения компрессора по сравнению с турбиной (последнюю ограничивала прочность лопаток) и существенно уменьшить размеры компрессора. Эта схема была реализована. Константин Васильевич лично разрабатывал конструкцию и руководил изготовлением и летными испытаниями этого турбокомпрессора, получившего наименование ТК-2. В 1940 г. агрегат прошел стендовые испытания, а в начале 1941 г. он испытывался на самолете СБ с двигателями М-105.

Одновременно с созданием и доводкой агрегата ТК-2 Холщевников занимался научными исследованиями широкого плана, связанными с усовершенствованием центробежных компрессоров. По результатам этой деятельности в 1938 г. в соавторстве с В.И. Дмитриевским он выпустил монографию "Нагнетатели и надув авиационных двигателей". В этой работе был собран и обобщен опыт расчета и проектирования высоконапорных центробежных авиационных компрессоров и турбин, приведены методы расчета высотных характеристик двигателей с разными системами надува. Книга была переведена на немецкий язык (в то время это был основной международный язык инженеров) и получила высокий отзыв мировых специалистов.

Перед самой Великой Отечественной войны Константина Васильевича poslali в Германию по линии торгпредства. Начало войны он встретил там. В Германии советские граждане оказались на положении арестованных. Как вспоминал об этом сам Константин Васильевич: "Нас в первые дни войны подвергли как бы домашнему аресту: собрав всех в гостинице, не разрешали ни с кем встречаться, кроме работников нашего посольства. Эти работники, сами сильно встревоженные, заверили нас в том, что постараются как можно скорее переправить нас на Родину. Время шло, наша немецкая охрана все больше и больше превращала нас в рядовых военнопленных. Товарищи из посольства договорились о переправке нас на Родину каким-то круглым путем". СССР и Германия произвели взаимный обмен граждан, которые были на территории противоборствующих сторон. Холщевников вернулся домой через Турцию и активно включился в работу ЦИАМ.

В 1941-1942 гг. в связи с ростом скоростей полета появилась необходимость использования реактивной тяги. Для решения этой задачи предполагалось применить разного рода реакторы и реактивные патрубки, использующие энергию выхлопных газов поршневого двигателя. Константин Васильевич разработал новый тип поршневого авиационного двигателя, часть мощности которого использовалась для привода обычного винта, а остальная часть передавалась на осевой высоконапорный компрессор. Из этого компрессора воздух поступал в камеру сгорания и в реактивное сопло. Реактивная тяга

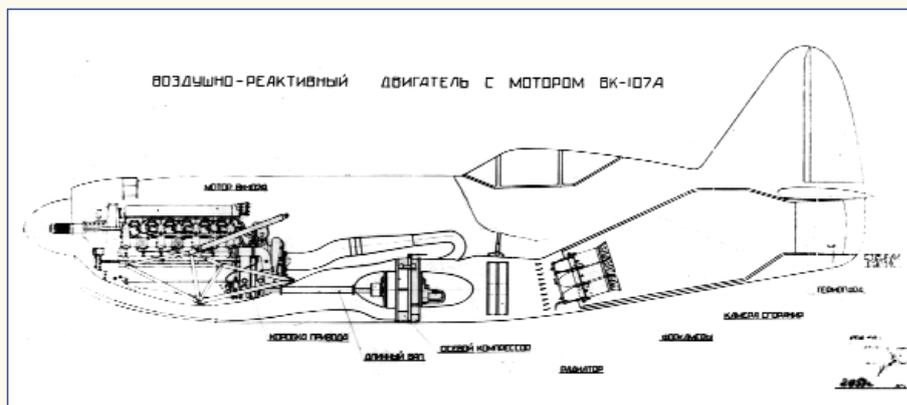
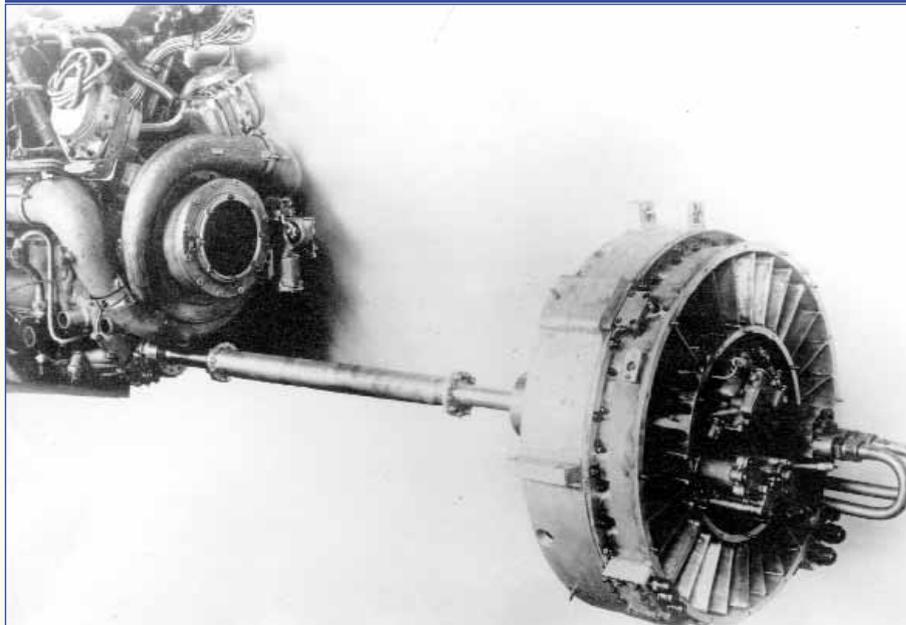


Схема размещения силовой установки Э3020 на самолете И-250



Комбинированная силовая установка Э3020, совмещающая поршневой и реактивный двигатели



Истребитель И-250 (МиГ-13) на испытаниях в НИИ авиации ВМФ

струи горячих газов, вытекающих из сопла, существенно увеличивала общую тягу двигателя.

Комбинированная силовая установка Э3020, совмещающая поршневой и реактивный двигатели, была использована на истребителе И-250, разработанном в ОКБ А.И. Микояна. Она позволила достичь скорости 825 км/ч, что более чем на 200 км/ч превышало скорость того же самолета с обычным двигателем. Установка Э3020 на самолет конструкции П.О. Сухого Су-5 (он же И-107) позволила ему достичь скорости 810 км/ч. Ныне модель И-250 экспонируется в музее Н.Е. Жуковского, что на улице Радио в Москве.

Иностранцы называли Э3020 "ускорителем Холщевникова". Через несколько лет после войны на каком-то совещании Константину Васильевичу сказали, что такой силовой установкой были оборудованы самолеты полка, которые успешно летали. Этим он был немало обрадован, поскольку думал, что в серийное производство Э3020 так и не пошла: интересы ЦИАМ и ОКБ переместились после войны в направлении создания "настоящих" реактивных двигателей. За разработку ТК-2 и Э3020 К.В. Холщевников был награжден крупными денежными премиями и двумя орденами - "Знак почета" и "Трудовое Красное знамя". По результатам исследований в 1944 г. он защитил кандидатскую диссертацию.

Холщевников никогда не отделял работу от остальной жизни. Работой он и жил: вставал в 5-6 часов утра, до завтрака занимался расчетами, правкой и чтением специальной литературы, шел в ЦИАМ, а вечером, после ужина, опять работал часов до 11-12. Во время войны, когда шли испытания конструкций, он часто бывал на ночных испытаниях, а утром, как обычно, шел на работу. И это не было ему в тягость. Просто он так существовал, занимаясь любимым делом. Хотя полноценно отдыхал он только в отпуске, и то, если куда-нибудь уезжал: в Ленинград, в пушкинские места, в Крым, на Кавказ, в Прибалтику. Знаменитый его учебник по лопаточным машинам в основном был написан в летние дачные отпуска. В редкие свободные часы он читал хорошие книги, иногда ходил в кино или в театр. Любил ходить в лес за грибами.

При всей увлеченности работой у Константина Васильевича всегда были хорошие теплые отношения с семьей. Он все время материально помогал своей матери и сестрам, очень любил жену, с которой познакомился еще в МАИ. Они жили очень дружно, всегда делились друг с другом радостями и горестями, все вместе решали и не имели секретов один от другого. Он очень любил дочь, внука, был

приятелем всем животным, которые жили в его доме. Впрочем, из-за своей занятости он не мог уделять дочери и внуку много внимания. Дочь в основном воспитывала мать, а сам он был примером и объектом семейной любви и гордости.

ЦИАМ в первые послевоенные годы никак не мог перестроиться на работы по новым типам двигателей - газотурбинным, хотя группы Микиртичана, Люльки, Холщевникова, Уварова и некоторые другие давно уже работали в этом направлении. Для разрешения этой задачи пришлось выпустить специальное постановление правительства о прекращении работ по конструированию и постройке в институте опытных образцов поршневых авиационных двигателей. Перед ЦИАМ были поставлены задачи, связанные с определением дальнейших путей развития двигателей в помощь опытно-конструкторским бюро.

Константин Васильевич активно включился в работы по новому направлению. В одной из ранних статей Вячеслав Иосифович Дмитриевский писал: "В период поршневых двигателей главной была роль конструктора. Здесь Константин Васильевич показал себя как талантливый конструктор. В период перехода к реактивным двигателям основное значение приобрела газодинамика, на базе которой создавались компрессоры и турбины с высоким к.п.д. В этой области Константин Васильевич проявил себя как ученый". В 1947 г. появляются его работы по ТРД. Среди них - исследование влияния качества изготовления и монтажа лопаток компрессора на коэффициент полезного действия ТРД, методика определения данных реактивных двигателей в полете по результатам наземных стендовых испытаний и др.

В 1949 г. выходит его книга "Выбор параметров и расчет осевого компрессора", где он впервые определил возможность расчета элементарной ступени при заданных исходных параметрах. На основании полученных зависимостей было исследовано влияние степени реактивности, закона профилирования лопаток и осевой скорости на к.п.д. элементарной ступени. Автор рассмотрел разные типы лопаток и отметил их основные свойства, преимущества и недостатки, показав, как можно использовать предложенные им обобщенные графики и уравнения для выбора параметров многоступенчатого осевого компрессора. Эта книга в течение многих лет была основным пособием при обучении специалистов в технических вузах нашей страны, как авиационных, так и не авиационных.

(Продолжение в следующем номере)



К.В. Холщевников (крайний слева во втором ряду) с аспирантами ЦИАМ - Г.А. Комиссаровым, Н.Г. Дубравским, К.А. Базановой, М.Н. Этингофом и другими

ДИРЕКТОР ПРЕДПРИЯТИЯ

28 июля 2006 г. генеральному директору Московского машиностроительного производственного предприятия "Салют" Юрию Сергеевичу Елисееву исполняется пятьдесят пять лет.



Больше тридцати лет жизнь Юрия Сергеевича связана с московским заводом "Салют", предприятием, выпускающим авиационные моторы для России с 1912 года. Как поступил Ю.С. Елисеев на "Салют" в 1975 г. после прохождения действительной службы в армии, так и работает на нем по сию пору. На этом пути от рабочего до генерального директора не была пропущена практически ни одна ступенька, все производство он знает, все попробовал своими руками. И уже девятый год Юрий Сергеевич - генеральный директор ФГУП "ММПП "Салют", одного из крупнейших машиностроительных предприятий России.

В наше время сплошной нервотрепки год работы на производстве можно считать за два, а уж год управления производством - наверняка за три года работы в обычное время. Правда, за всю историю нашей авиации "обычного времени" и на пару лет не наберется: все сплошной аврал. Прекрасно зная производство и понимая человеческую психологию, владея талантом инженера, ученого и руководителя, опытом производственной и руководящей работы, Юрий Сергеевич смог обеспечить устойчивую стабильную работу многотысячного коллектива в период экономической нестабильности. На время его директорства выпали и неуплаты по госзаказам, и дефолт, и спад спроса на основную продукцию. А Московское машиностроительное производственное предприятие "Салют" все это время работало, развивалось, обзаводилось филиалами, новыми отделами, уникальным конструкторским бюро, превратилось в Федеральный научно-производственный центр. Руководимое доктором технических наук Ю.С. Елисеевым, собравшим мощную команду специалистов - управленцев, ФГУП "ММПП "Салют" является ведущим авиационным предприятием, активно разрабатывающим и внедряющим новейшие технологические процессы, передовые достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области авиадвигателестроения.

Создание и успешное функционирование конструкторского бюро перспективных разработок, сотрудники которого мастерски владеют самыми современными методами проектирования, позволили успешно совершенствовать серию лучших в мире авиационных двигателей. В этом также заслуга Юрия Сергеевича, который решился на создание новой конструкторской орга-

низации в те времена, когда традиционно признанные коллективы на глазах теряли свои позиции. Сегодня на "Салюте" заканчиваются испытания двигателя АЛ-31ФМ1, предназначенного для самолетов марки "Су", и вовсю идет работа над новой модификацией - АЛ-31ФМ3. Предприятие освоило производство двигателя АИ-222-25 для учебно-боевого самолета Як-130. А для Ту-334 и Бе-200 предприятие готово выпускать новые модификации двигателей Д-436 совместно с другими российскими и украинскими заводами.

Указанных успехов удалось достичь только благодаря беззаветному труду коллектива предприятия и его генерального директора. В этот период энергично внедрялись самые совершенные в мире технологии, воспитывались молодые и грамотные инженеры, конструкторы, техники и рабочие. Уровень зарплаты у производственников "Салюта" - один из самых высоких по Москве. Это не удивительно: принцип "каждому - по труду", который мы считали завоеванием социализма, на самом деле свойствен любому нормальному производству. И этот принцип сполна реализован на "Салюте" под руководством Юрия Сергеевича.

Руководству ФГУП "ММПП "Салют" удалось на практике объединить усилия многих академических и отраслевых научно-исследовательских учреждений и поставить их потенциал на службу производству, в результате чего машиностроительное предприятие превратилось в Федеральный научно-производственный центр.

На "Салюте" не только работают. Здесь уделяют большое внимание социальной сфере. На "Салюте", управляемом Ю.С. Елисеевым, сохранены и развиваются социально-бытовые элементы предприятия: ежегодно работают оздоровительные лагеря в Подмосковье и Крыму, постоянно действуют санаторий-профилакторий и медико-санитарная часть, оснащенные современным медицинским оборудованием, заводской спортивный комплекс. А Дом культуры "Салюта" - один из немногих в Москве работающих (да еще как активно!) - тоже признак нормального производства.



На предприятии все знают, что генеральный директор завода человек дела и слова: интересы предприятия определяют все его поступки. И работники отвечают на заботу таким же отношением: "Салют" работает эффективно. Предприятие с уверенностью смотрит в будущее.

Да, производство - дело коллективное. Но воплощение этого коллективного дела зависит от личностей, которые определяют и проводят в жизнь решения стратегического уровня.

С днем рождения, Юрий Сергеевич!

В этом году, 20 июня, Анатолию Марковичу Маркуше исполнилось бы 85 лет.

Пилот, воевавший на Карельском фронте, летчик-испытатель, писатель, книги которого заняли место на полках рядом с изданиями Экзюпери, Ричарда Баха и других замечательных летчиков-писателей, мудрый наставник и удивительный человек, Анатолий Маркуша писал о том, что любил. А любил он более всего славное воздушное братство и небо. "Нет", "Вам - взлет", "33 ступеньки в небо" и многие другие его книги вели и ведут людей в авиацию.

О жизни авиаторов повествует и новая книга Анатолия Марковича "По дороге к небу", выходящая к юбилею благодаря стараниям группы энтузиастов в издательстве "ДКД" г. Жуковский.

Читая книги Маркуши, невольно представляешь автора. Предлагаемый рассказ - попытка дополнить этот образ впечатлениями человека, имевшего честь лично знать и иллюстрировать книги Анатолия Марковича.



ЧТО ОСОБЕННОГО?

Владимир Николаевич Романов

Для начала я прикинулся - ничего не знаю. Но деда на мякине не провести. Трубка ехидно хмыкнула и голосом Анатолия Марковича продолжала:

- У меня сегодня летный день. Заходи... Будет разбор полетов.

Голос звучал буднично. Что особенного - слетал человек на самолете.

А если учесть, что пилотировал он удивительный самолет, знаменитый По-2?

"...это У-2, тот самый, что потом был переименован в честь своего конструктора Николая Поликарпова в "По-2". Его называли и кукурузником и рус-фанерой и бог знает как еще. Малюсенькая машина, по началу призванная быть учебным самолетом, а еще точнее - самолетом первоначального обучения. И тогда трудно было вообразить, что жизнь сделает этот самолет еще и сельскохозяйственным, и рыбозабросчиком, и санитарным, и связным, а когда придет военное лихолетье превратит У-2, кроме всего прочего, в ночной бомбардировщик!" - так писал об этом долгожителе в своей сотой книге "Я - летчик" Анатолий Маркович Маркуша - испытатель, летавший на 54 типах самолетов.

А если еще добавить - человеку без 11 дней 81 год?!

Любое хорошее дело - живо энтузиастами, людьми слегка "сдвинутыми". В данном случае это про тех подвижников, которые не только сохранили, но и умудряются поддерживать этот уникальный самолет в летном состоянии (последние лет 50). Огромное им спасибо, низкий поклон еще и за то, что преподнесли "старому пилотяге" на день рождения такой подарок - полет!

Часа через три раздался второй звонок. Теперь уже немножко смущенный голос произнес:

- Слушай, может перенесем на денек - другой?... Руки, ноги болят...

- Да, понимаю. Бустеров-то на По-2, наверное, нет..., - хихикнул я, выдавая свою осведомленность.

И вот я прибыл на "разбор полетов". Сели за стол, все как положено, и Анатолий Маркуша начал "доклад":

"Аэродром. С погодой повезло. Вот и аэроплан-ветеран. Тронул перкаль..."

- Как жизнь? И кто ж тебя так расписал?

Биплан стоял весь красный, покрашенный грубоватыми мазками. Киношники наспех делали из него еще и киноактера.

- Не развалишься, старина?... Да, сам такой..., лучше на аэродроме, чем в доме... Но... борозды не испортим... Видишь, как ребята стараются... Полетаем.

Техники деловито готовили машину. Подошел летчик. Шел до боли знакомый предполетный ритуал..."

Рассказывая, Анатолий Маркович на глазах молодец, превращаясь в Толю, который с паспортом отца (своего еще не было) все-таки прорвался в аэроклуб. Своими руками прощупал все расчалки, бобышки и калабашки У-2. Выучил мудреные термины: гаргрот, стрингеры, нервюры... Сделал первый шаг к небу.

И сейчас этот неумейный новорожденный аж светился. Бывает же такое!

Разместили ветерана в почетной кабине инструктора. Сам инструктор впереди, на месте, как раньше называли, учлета. Техник - к винту-пропеллеру.

"Зазвучала музыка команд, вслушайтесь:

- К запуску! Зажигание выключено!

- Есть выключено!

- К заливке провернуть!

- Есть провернуть! Внимание!

- Есть внимание!

Техник подвернул лопасть в нужное для компрессии положение и отскочил в сторону.

- Контакт!

- Есть контакт!

Но мотор не оживал, не запускался.

- Выключено...

Повторили раз, другой. Техник, проворачивавший движок за лопасти винта, порядком взмок, а заслуженный М-11, пятицилиндровый с воздушным охлаждением, явно не собирался работать.

- Провернуть для продувки...

Провернули...

- А, хотите, запустится? - вступаю, выдержав паузу, инструкторское место обзывает.

- Да уж, хотелось бы...

Запуск повторяем, и... затарахтел родной. Легко, с первого раза. Опробовали, нормально. Что было? Об этом позже, на разборе. Сейчас полет.

Вырулили. Рука вверх - запрос старта.

Вам - взлет!

Разбег, отрыв, выдерживание, набор... Завораживающее чувство полета... Вступает летчик первой кабины, сдерживает набор. Резковато потянул? Да нет, норма. Высоту набираем по чуть-чуть... Полет по кругу. Первый показывает - на посадку. И все? Жаль. Расчет, заход, планируем... Новая команда - проход и набор. Добро!

Инструктор проверил, оценил, больше не вмешивается...

Ну что, старый товарищ По-2, идем вверх. Ручку на себя...

Вот почему Первый сдерживал - бережет, опасается надорвать наш старенький "пламенный мотор". Теперь вираж. Так, подержать... Плавно, в ритме вальса... Хорошо!

Как описать полет? Если совсем кратко - 40 минут полной свободы!"

...Мы за столом притихли, уважая состояние рассказчика. Нам тоже стало тепло и радостно с легкой грустинкой. Завидно все-таки...

- Ну, а что там было с движком?

- Все просто. В инструкторской кабине есть выключатель пускового магнето - на аварийный случай и для учебных задач. Его-то и не включили. Что ж, потренировались - теперь в памяти на всю жизнь.

Техник, отходя от самолета, уважительно проворчал: "Во, дед! Матчасть знает..."

- Да, перерыв в полетах был большой (на этом типе самолетов - 52 или 53 года)... Ну и что? Летчик есть летчик... И ощутить все еще раз - это Подарок, - завершил Анатолий Маркович. - Спасибо!



ИНФОРМАЦИЯ

С 24 по 27 апреля состоялся VII Международный форум и выставка "Высокие технологии XXI века". Как и в прежние годы, Форум и Выставка организованы правительством Москвы, Российской Академии Наук, Минпромэнерго и Минобороны России. За шесть лет Форум прошел большой путь и серьезно преобразился. Если в 2000 г. он начинался с небольшой экспозиции оборонных предприятий, то сегодня стал масштабным международным мероприятием.

Свои разработки показали более 400 предприятий из 45 регионов России, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Германии, Узбекистана, Украины и Японии. Площадь экспозиции выросла до 6000 м². Уже только это указывает на укрепление авторитета Форума.

Участники выставки представили лучшие образцы высокотехнологичной продукции, в том числе и для городского хозяйства: устройства электропитания; источники энергии (классические, нетрадиционные и альтернативные); строительные материалы и технологии; медицинскую технику; лекарственные препараты; средства жизнеобеспечения, очистки воды и воздуха; методы переработки промышленных отходов.

Особенность нынешнего Форума - более широкое, чем раньше, участие представителей малого и среднего инновационного бизнеса. Молодые ученые и инженеры показали оригинальные технические решения, принципиально новые приборы и устройства. В последние годы количество таких экспонентов выросло в три раза. В то же время третий год подряд в выставке участвуют и крупные интегрированные структуры. Одна из таких структур - Московское предприятие ММПЦ "Салют" показало как образцы своей продукции, так и современные технологии производства газотурбинных двига-



телей, используемых как в авиации, так и в производстве электроэнергии.

В рамках Форума прошла международная конференция, на которой обсуждались высокотехнологичные проекты в области медицины и биотехнологии, топливно-энергетического комплекса, микро- и нанотехнологии, современные космические системы, кадровые аспекты развития российского высокотехнологичного комплекса. Специальное заседание

было посвящено перспективам развития инновационного сотрудничества стран СНГ. Рассматривались также проблемы межрегионального взаимодействия и инновационной стратегии регионов России.

Лучшие разработки, показанные в экспозиции, были отмечены наградами: золотой, серебряной и бронзовой статуэтками Георгия Победоносца, грамотами и призами Правительств России и Москвы, Торгово-промышленной палаты России и Московской ассоциации предпринимателей. Среди награжденных - ГНПП "Сплав", НПЦ им Хруничева, ММПЦ "Салют", НПП "Технология", ВИАМ, Завод им. Дегтярева, другие предприятия.

Нынешний Форум стал важным шагом на пути совершенствования механизмов продвижения на рынок инновационной продукции и технологий. Россия вновь продемонстрировала высокий интеллектуальный потенциал своих ученых и инженеров.



СИЛА ОТДАЧИ

Александр Николаевич Медведь

Артиллерийское орудие и поршневого двигателя во многом сродни друг другу: оба устройства представляют собой тепловые машины, заставляющие некое тело (назовем его поршнем или снарядом) двигаться внутри трубы (назовем ее цилиндром или стволом), в которой заключен расширяющийся горячий газ. Но этого родства мало: большинство автоматических орудий реально имеют в своем составе газовый двигатель, энергия которого используется для экстрагирования гильзы, движения элементов подачи очередного снаряда, запираения ствола затвором и т.п. Словом, пушка и двигатель внутреннего сгорания – близкие родственники. В некоторых случаях (накануне и в годы Второй мировой войны) они даже становились единым агрегатом, который так и назывался – мотор-пушка. Такими "симбиотами" оснащались многие типы истребителей, построенных в СССР, Франции и Германии.

Наиболее широкое распространение в советской авиации получила в те годы 20-миллиметровая пушка ШВАК, созданная в ОКБ-15 Наркомата вооружения. Тысячи самолетов врага были уничтожены этим грозным оружием. Но мало кто знает, что на взгляд отечественных авиационных специалистов-вооруженцев это орудие к началу войны устарело и нуждалось в срочной замене. Более того, по крайней мере три образца более мощной авиапушки калибра 23 мм весной 1941 г. проходили испытания, а одна из них была даже запущена в серийное производство. К сожалению, судьба последней оказалась несчастливой: несмотря на неплохие тактико-технические данные и поддержку со стороны высокопоставленных руководителей, производство орудия было прекращено во второй половине мая 1941 г.

С точки зрения вооруженца самолет представляет собой летающую платформу, предназначенную для доставки оружия в нужную точку пространства. Да и сама пушка – всего лишь неизбежная дань необходимости транспортировки снаряда к цели. Имеют значение лишь вероятность и точность доставки, да еще поражающее действие самого снаряда. Но точность доставки – органическое свойство пушки, а вероятность доставки обусловлена многочисленными и разнообразными качествами самолета, в том числе его массой. Общее требование авиастроения – все оборудование должно быть максимально легким при требуемой высокой надежности. Это требование распространяется и на стрелково-пушечное вооружение, поэтому при сравнении нескольких образцов создатели самолета традиционно обращали внимание на массу авиационной пушки как в отдельности, так и с боекомплектом, на калибр, скорострельность, начальную скорость и могущество снаряда.

Впрочем, летом 1940 г. реальной возможности выбора типа пушки у отечественных авиаконструкторов не было (табл. 1) [1]. Все

типы "пушечных" самолетов оснащались уже упоминавшейся пушкой ШВАК, представлявшей собой "перестроенный" 12,7-миллиметровый пулемет, откуда, собственно, и взялось наименование образца: "Шпитальный-Владимиров авиационный крупнокалиберный". Патрон к этой пушке был получен следующим нехитрым способом: дульце гильзы при неизменной длине переобжали на калибр 20 мм, а снаряд пришлось выполнить толстым и "тугоголовым" с тем, чтобы не выйти за длину штатного пулеметного 12,7-миллиметрового патрона. Органические недостатки "ШВАКовского" снаряда стали ясны еще по результатам довоенных локальных конфликтов:

- недостаточное разрушающее действие при стрельбе по цельнометаллическим самолетам противника из-за малой массы снаряда (93...105 г) и малого количества взрывчатого вещества в нем;

- быстрое уменьшение скорости снаряда на траектории из-за неудовлетворительной аэродинамической формы (при этом увеличивалось время полета снаряда к цели, что приводило к промахам в условиях динамичного воздушного боя).

Да и сама пушка оказалась тяжелой – ее масса превышала 40 кг. Впрочем, по сравнению с зарубежными современниками ШВАК во внешне характеристикам смотрелась вполне "на уровне" и безусловно превосходила их по скорострельности (табл. 2). [2] Кроме того, достоинством ШВАК в тот период можно считать звеньевое (ленточное) питание, что позволяло иметь на самолете относительно большой боекомплект.

Оценив итоги боевого применения отечественного стрелково-пушечного авиационного вооружения в Испании, на Халхин-Голе и в период советско-финской войны, руководство ВВС КА сделало в целом правильный вывод о целесообразности разработки более мощной пушки калибра 23 мм, а в перспективе – орудия калибра 37 мм. В то время созданием авиационных пушек и пулеметов занимались, главным образом, три организации: широкопрофильное и весьма мощное тульское ЦКБ-14 и

Таблица 1

Варианты вооружения серийных истребителей ВВС КА в начале Великой Отечественной войны					
Тип самолета	Тип оружия	Запас патронов на ствол	Темп стрельбы, выстр./мин	Время непрерывной стрельбы, с	Масса секундного залпа, кг
И-16	2хШКАС синхр.	500	1466	20,5	1,046
	2хШКАС крыл.	750	1800	25	
И-16	2хШКАС синхр.	500	1466	20,5	3,024
	2хШВАК крыл.	80 (95)	800	6,0 (7,2)	
И-16	2хШКАС синхр.	500	1466	20,5	1,174
	1хБС синхр.	230	880	15,7	
И-153	4хШКАС синхр.	600	1466	24,6	0,94
	2хШКАС синхр.	750	1500	30	
МиГ-3	1хБС синхр.	300	900	20	1,2
	2хШКАС синхр.	750	1500	30	
МиГ-3	1хБС синхр.	300	900	20	2,8
	2хБК крыл.	150	1000	9	
	2хШКАС синхр.	650	1350	26,85	
ЛаГГ-3	1хБС синхр.	200	900	13,5	1,952
	1хБК втулка	130	1000	7,8	
	2хШКАС синхр.	650	1350	26,85	
ЛаГГ-3	1хБС синхр.	200	900	13,5	2,429
	1хШВАК мотор	150	800	11,25	
	2хШКАС синхр.	750	1350	22,5	
Як-1	2хШКАС синхр.	750	1350	22,5	1,709
	1хШВАК мотор	120	800	13,3	

Основные технические данные 20-миллиметровых авиапушек

Страна	Тип пушки	Начальная скорость снаряда, м/с	Скорострельность, выстр./мин	Длина пушки, мм	Масса пушки, кг	Масса снаряда, кг	Запас патронов в магазине
Германия	Эрликон AF	600	450	1331	25	0,128	15
	Эрликон AL	750	370	1823	32	0,128	30
	Эрликон FF	600	520	1331	23	0,128	60
	Эрликон FFL	750	450	1826	30	0,128	60
	Эрликон FFS	900	400	2066	39	0,128	100
Италия	Изота-Фраскини	600	480	1340	24	0,122	-
Франция	Испано-Сюиза тип 9	830	420	1500	48	0,124	30
	Испано-Сюиза тип 404	880	700	...	44	0,128	60
СССР	ШВАК крыльевая	815	800	1679	40	0,105	лента
	ШВАК моторная	830	800	2122	44,5	0,105	лента
	ШВАК турельная	815	800	1726	42	0,105	лента

два московских конструкторских бюро - ОКБ-15 во главе с Б.Г. Шпитальным и ОКБ-16, возглавлявшееся Я.Г. Таубиным. Последние два ОКБ были специализированными и занимались в указанный период преимущественно авиационной проблематикой. Конструктор Б.Г. Шпитальный мог гордиться двумя принятыми на вооружение образцами оружия: пулеметом ШКАС (Шпитальный-Комарицкий авиационный скорострельный) винтовочного калибра и уже упоминавшейся пушкой.



Истребитель И-16 с пушками ШВАК

Ни одна из разработок Я.Г. Таубина до 1940 г. на вооружение принята не была. Однако Яков Григорьевич был весьма настойчивым, изобретательным и твердо верящим в свою звезду руководителем коллектива, который состоял из способных, молодых и творчески настроенных сотрудников, накопивших с 1934 г. (момента создания ОКБ) немалый опыт. Именно этот коллектив еще в 1938 г. создал первый в нашей стране автоматический гранатомет под модифицированную винтовочную гранату Дьяконова калибра 40,8 мм. И хотя в серию он не попал (ставку сделали на 50-миллиметровый ротный миномет, в годы войны зарекомендовавший себя малоэффективным боевым средством), но спустя 30 лет идея нашла воплощение в автоматическом гранатомете "Пламя".

С 1938 г. ОКБ-16 стало заниматься разработкой 23-миллиметровой авиапушки. Используя опыт создания гранатомета, пушку стали строить по схеме с длинным ходом ствола и с магазинным питанием. Магазин пушки представлял собой довольно сложное устройство, в состав которого входили девять реек, каждая из них снаряжалась девятью патронами. Рейки поочередно подавались к паттелю пушки, а после выстреливания всех патронов выбрасывались "за борт". При длинном ходе ствола скорострельность пушки получилась равной 300 выстр./мин. Заказчик - управление вооружения ГУ ВВС КА - немедленно высказал свое неудовлетворение, поэтому схему пушки пришлось изменить: был применен короткий ход ствола и введен рычажный ускоритель затворного узла для сохранения хода затвора на прежнюю длину. В этом виде пушка получила наименование МП-6 (она же ПТБ-23 - пушка Таубина-Бабурина, М.Н. Бабуриным был ведущим по этому орудию в ОКБ-16). Ее скорострельность была доведена до 600 выстр./мин.

Важной "изюминкой" пушки можно считать применение в ее конструкции гидравлического тормоза отката. Дело в том, что обычно в то время при создании малокалиберных пушек конструкторы использовали пружины для гашения отката ствола. Как известно, сила сопротивления пружины возрастает по мере ее сжатия, поэтому поглощаемая ею энергия пропорциональна квадрату величины деформации (длины отката). Сила сопротивления гидравлического тормоза примерно постоянна на всем протяжении отката ствола, поэтому поглощаемая тормозом энергия пропорциональна длине отката.

Параллельно с ОКБ-16 за создание 23-миллиметровой пушки взялись конструкторы из ЦКБ-14 А.А. Волков и С.А. Ярцев (их пушка впоследствии стала известна как ВЯ или ТКБ-201), а также Салищев и Галкин (СГ-23 или ТКБ-198) из этой же организации. В конце лета 1940 г. пушка Таубина-Бабурина расценивалась как фаворитка в развернувшемся соревновании. Мало того, что она была наиболее доведенной из трех указанных образцов (но это не значит, что у нее не было дефектов и недостатков), она была легче конкурентов приблизительно на 12...23 кг (см. табл. 3). Снаряд массой 197 г (вдвое тяжелее снаряда ШВАК) пушка МП-6 отправляла к цели с начальной скоростью 900 м/с (на 100 м/с больше, чем у снаряда ШВАК). Осколочно-зажигательный снаряд снаряжался зажигательной смесью ДУ-5 (6,5 г), а также тротил-гексогеновой смесью ТГ-60 (9,3 г). Броневой снаряд массой 195 г на расстоянии 500 м пробивал 36...44 мм, а на расстоянии 1000 м - 28...34 мм брони, установленной по нормали к траектории. [3] Столь мощным оружием руководители ВВС КА планировали оснастить самолеты нового поколения. В первую очередь речь шла о бронированном штурмовике, способном эффективно бороться с танками противника, а также об одномоторном истребителе.



20-миллиметровая пушка ШВАК



23-миллиметровая пушка МП-6 (ПТБ-23)



23-миллиметровая пушка ВЯ (ТКБ-201)



23-миллиметровая пушка СГ-23 (ТКБ-198)



Опытный БШ-2 не был вооружен пушками

26 июня 1940 г. маршал К.Е. Ворошилов подписал постановление Комитета Обороны (КО), которым конструктору В.С. Ильюшину предписывалось выпустить в 1940 г. 10 самолетов БШ-2 войсковой серии (будущие Ил-2). Военные настаивали на усилении наступательного вооружения штурмовика, поэтому вместо четырех пулеметов ШКАС, которые имелись на опытной машине, самолеты для войсковых испытаний должны были оснащаться двумя пушками Таубина-Бабурина и двумя ШКАСами. Из-за неготовности мотора АМ-38 и большого объема переделок в конструкции самолета (главный конструктор принял решение ликвидировать рабочее место стрелка-радиста и смонтировать за спиной у летчика дополнительный бензобак) указанное постановление КО не было выполнено.

В то время ильюшинское КБ буквально задыхалось под грузом проблем, время работало против него. "На пятки" ильюшинцам наступал бронированный штурмовик конструкции П.О. Сухого, которому симпатизировал новый нарком обороны С.К. Тимошенко. На двух авиазаводах - московском № 39 и воронежском № 18 свертывалось серийное производство бомбардировщика ДБ-3Ф конструкции С.В. Ильюшина и вместо него начиналось освоение самолетов других разработчиков. Промедление с внедрением БШ-2 грозило С.В. Ильюшину полной потерей всяческих перспектив на будущее, ведь за полтора десятилетия в авиапроме он успел нажить не только друзей, но и могущественных врагов. Достаточно указать, что приказом наркома авиапромышленности А.И. Шахурина от 3 октября 1940 г. С.В. Ильюшин должен был отправиться на мало-мощный ленинградский авиазавод № 381 и там до конца года (!) организовать выпуск десяти БШ-2 войсковой серии. Естественно, этот приказ выполнен не был. [4]

Имелись у С.В. Ильюшина и влиятельные сторонники. Один из них - заместитель наркома А.И. Шахурина по опытному строительству, молодой авиаконструктор и нештатный консультант И.В. Сталина по авиации А.С. Яковлев оказал неоценимую услугу своему учителю и старшему товарищу по военно-воздушной академии им. Н.Е. Жуковского. По-видимому, не обошлось без соответствующего доклада главе советского правительства о БШ-2. Во всяком случае, в ноябре-декабре 1940 г. отношение к ильюшинскому штурмовику со стороны А.И. Шахурина резко переменялось: он вдруг стал "нужен ВВС КА незамедлительно". Сам Александр Иванович весьма тактично написал в мемуарах об этом этапе: "Сказать откровенно, штурмовик Ильюшина не всеми был принят: раздавались и неодобрительные и осторожные голоса. Потребовались большие усилия, чтобы изменить отношение к этому самолету". [5]

Как бы там ни было, в декабре 1940 г. С.В. Ильюшин выиграл желанный "приз": его штурмовик получил официальное обозначение

Ил-2 и постановлением правительства был запущен в серийное производство на одном из самых мощных авиазаводов страны - воронежском № 18, и заказ на 1941 г. был немалый - 1200 машин. Однако сроки на освоение штурмовика вновь отводились исключительно короткие - до 1 марта 1941 г. следовало сдать те самые 10 самолетов для войсковых испытаний, причем именно с пушками МП-6. 23 декабря 1940 г. специалисты НИИ ВВС КА отметили в очередной сводке о ходе работ по штурмовику: "Начаты работы по установке пушек Таубина..." События разворачивались быстро, как снежный ком скатывается с горы. В январе и феврале 1941 г. число заводов, осваивающих производство Ил-2, выросло до четырех, причем все они должны были строить штурмовик по единым чертежам, а любые изменения в конструкцию машины и технологию изготовления разрешалось вносить только с разрешения наркома авиапромышленности. Невыполнение этого требования расценивалось как "преступление, которое наносит вред государству и подрывает интересы страны..." Но ведь пушечной установки с МП-6 для Ил-2 еще фактически не было! Впрочем, справедливости ради надо указать, что и для пушек ШВАК нужно было еще найти место в крыле штурмовика.

Из разнообразных мемуаров известно: встретившись с трудностями "системного уровня", некоторые наши главные конструкторы прибегали к такому маневру: обостряли внимание к реальным или мнимым недостаткам агрегатов и узлов, которые поставлялись разного рода "сторонними организациями", всячески подчеркивали их "нерасторопность", а сами, под шумок, старались справиться со своими проблемами. Чаще всего доставало двигателистам, надо сказать, в большинстве случаев подеделом. Во второй половине XX века "козлами отпущения" традиционно являлись производители радиоэлектронных устройств. А в начале 1941 г. С.В. Ильюшин объяснил задержки с выпуском серийных штурмовиков "происками" вооруженцев.

В частности, 23 января 1941 г. главный конструктор писал: "...мы запросили тов. Таубина о силе отдачи пушки МП-6. Тов. Таубин письмом от 16.10.40 г. № 6-462... сообщил нам, что усилие отдачи пушки МП-6 равно 2200 кг... На эту силу отдачи мы и рассчитывали крыло, когда проектировали установку пушки на Ил-2... 20 января 1941 г. нами получен отчет ЦАГИ по определению силы отдачи пушки МП-6 (ПТБ-23). Согласно этого отчета, сила отдачи равна 5000 кг, а максимальная, замеренная при испытаниях два раза, достигает 5200 кг, т.е. в 2,36 раза больше, чем данная тов. Таубиным сила отдачи. Доношу, что пушку с силой отдачи 5000-5200 кг на самолет Ил-2 мы, по условиям прочности крыла, установить не можем. Прошу Ваших указаний". [6]

Действительно, С.В. Ильюшин ничего не выдумал. Лаборатория № 7 ЦАГИ во главе с Марковичем и в самом деле выдала угрожающие оценки величинам силы отдачи пушки МП-6. О чем умолчал Сергей Владимирович, так это о том, что сила отдачи пушки ШВАК у специалистов ЦАГИ получилась равной... 10 тоннам силы, то есть вдвое большей, чем у МП-6. [7] А ведь пушки ШВАК устанавливались в деревянные крылья истребителя И-16 (см. табл. 1), и никто по этому поводу не поднимал паники, так как проблем с прочностью не возникало. Грамотный конструктор неизбежно должен был сделать вывод: оценки специалистов из ЦАГИ ошибочны. Лаборатория Марковича не располагала надежной методикой измерения силы отдачи, применяла непригодную для этого установку. Кстати, военные специалисты из НИП АВ в то время также оказались не на высоте и "не придерживали дядю за рукав". Но

Таблица 3

Основные технические данные 23-миллиметровых авиапушек

Страна	Тип пушки	Начальная скорость снаряда, м/с	Скорострельность, выстр./мин	Длина пушки, мм	Масса пушки, кг	Масса снаряда, кг	Запас патронов в магазине
Дания	Мадсен	600	400	2000	54	0,173	лента
СССР	МП-6	900	581-627	2320	42,8	0,197	лента
	ВЯ (ТКБ-201)	900	542-636	2145	66	0,197	лента
	СГ-23 (ТКБ-198)	900	550	2200	55	0,197	81

для С.В. Ильюшина желанный предлог, объяснявший неготовность машины в срок, был найден. Любопытно, что вскоре ильюшинское КБ без тени сомнений в прочности крыла установит на штурмовик пушки ШВАК с умопомрачительной, если верить ЦАГИ, силой отдачи. Но это будет уже позднее и по особому распоряжению наркомата авиапрома, и с новыми сроками реализации, естественно...

А пока началось длительное препирательство между ОКБ-16, ильюшинским КБ, наркоматами вооружения и авиапромышленности. Неубиенной козырной картой Таубина во всей возникшей переписке был практический опыт полигонных испытаний пушки МП-6, проведенных в ноябре-октябре 1940 г., на закупленном в Германии самолете Me-110. В акте испытаний отмечалось, что "пушку расстреляли до полной живучести" - из нее сделали 3710 выстрелов с горизонтального полета, с пикирования и на виражах. При этом было зафиксировано всего шесть случаев задержек в работе автоматики и несколько мелких поломок. Ударник затвора выдерживал 870-2159 выстрелов, а затвор пришлось заменить после 3658 выстрелов. В выводах акта, подписанного заместителем начальника вооружения и снабжения ВВС КА дивинженером И.Ф. Сакриером, отмечалось: "1. Пушка МП-6 по основным показателям испытания выдержала. 2. Рекомендовать запуск МП-6 в валовое производство с устранением выявленных недостатков..." [8]

Вслед за МП-6 на том же самолете прошла испытания пушка ВЯ. При одинаковой скорострельности и том же патроне пушка Волкова и Ярцева оказалась на 20 кг, а ее установка с боекомплектом из 81 снаряда - почти на 50 кг тяжелее установки МП-6 с аналогичным запасом снарядов. Отмечалось, что расчетное усилие отдачи у ВЯ (2900 кгс) больше, чем у МП-6, что для крепления ВЯ на самолете необходим амортизатор, что пушка откатывается вся, и поэтому нужен гибкий гильзоотвод и гибкая патронная лента. Достоинством ВЯ оказался лишь более низкий процент отказов.

Читатель, знающий, что впоследствии именно пушками ВЯ и стал вооружаться Ил-2, вправе удивиться: это что же, С.В. Ильюшин намеренно выбрал худшую пушку? Не все так просто. Видимо, первоначально ориентируясь на ШВАК, Сергей Владимирович намеревался до минимума сократить технический риск и приблизить срок готовности штурмовика в пушечном варианте. Ведь пушка ШВАК была уже хорошо освоена промышленностью, поскольку ее производство началось еще в 1936 г. Кроме того, магазинное питание МП-6 создавало для разработчиков большие проблемы компоновочного плана - объемистый магазин было невозможно упрятать в крыло без переделок, а на изменение конструкции крыла самолетчикам идти не хотелось... Ленту же пушки ШВАК можно было относительно легко разместить в крыльевом отсеке. Поэтому, когда вскоре "недоразумение" с силой отдачи почти разъяснилось, ильюшинцы высказали новую претензию к ОКБ-16, потребовав переделать питание пушки на звеньевое (ленточное). Таубин, скрипнув зубами, согласился, благо что его сотрудник А.Э. Нудельман еще осенью 1940 г. разработал вариант ленточного питания для МП-6. Соответствующая модификация пушки создавалась для установки в башню танка Т-37 и на катерную зенитную установку.

Опытный Ил-2, оснащенный мотором АМ-38, поступил на государственные испытания в НИИ ВВС 27 февраля 1941 г. Эта машина была вооружена двумя пушками ШВАК и двумя пулеметами ШКАС. В выводах по испытаниям комиссия отметила: "Самолет Ил-2 с АМ-38 по сравнению с БШ-2 с АМ-35 стал более скоростным и маневренным, особенно на предельно малых высотах... По вооружению и летно-техническим данным вполне отвечает требованиям, предъявляемым к самолетам поля боя..." Ну, насчет вооружения сказано было не совсем точно, но комиссия-то знала, что к моменту окончания госиспытаний из ворот завода № 18 вышли первые серийные машины с 23-миллиметровыми пушками. Головной серийный Ил-2,



Серийный штурмовик Ил-2 с пушками ВЯ

поднявшийся в воздух 10 марта 1941 г., был вооружен двумя пушками МП-6, второй - пушками ВЯ, третий - пушками ШВАК, четвертый - пушками Салищева и Галкина. Начиная с пятой машины, все штурмовики оснащались ШВАКАми, поскольку окончательный выбор 23-миллиметровой пушки руководители ВВС и авиапрома решили сделать после проведения полигонных испытаний в апреле 1941 г. Следует отметить, что для оснащения штурмовика пушками ШВАК оказалось достаточно всего десяти дней. Правда, разместили их не слишком удачно: взамем крайних крыльевых ШКАСов, что привело к повышенному рассеиванию снарядов из-за недостаточной жесткости крыла.

Что касается силы отдачи пушек, то в начале марта 1941 г. в НИП АВ были организованы эксперименты с использованием двух альтернативных методов измерения: крешерного и пьезокварцевого. Производились одиночные выстрелы и стрельба очередями. Выяснилось, что сила отдачи у МП-6 составляет 2800...2900 кгс, а у пушки ВЯ - 3600...3700 кгс. Заметим, что в справочнике по пушке ШВАК, изданном в апреле 1942 г., сила отдачи крыльевой пушки ШВАК определялась равной 2670 кгс.

В апреле 1941 г. на полигоне в Ногинске шли интенсивные испытания штурмовиков Ил-2 с двумя вариантами 23-миллиметровых пушек: МП-6 и ВЯ. Пушка Салищева-Галкина серьезно отставала от конкурентов по надежности. К 6 апреля Ил-2 с ВЯ выполнил 20 полетов, в воздухе было произведено 2347 выстрелов, но уже на следующий день самолет был снят с испытания из-за производства выстрела при незапертом канале ствола. Причиной назвали конструктивную ошибку, ведь это был уже второй случай в ходе испытаний. Таубину можно было торжествовать, но вкус победы изрядно портили числовые данные, представленные НИП АВ: при 25 полетах и 5128 произведенных выстрелах произошли 64 задержки, из них 41 - по вине пушки. Впрочем, 12 апреля 1941 г. испытания были завершены и командование ВВС сделало вывод о целесообразности установки в серию штурмовика, вооруженного двумя МП-6. [9]

Следует отметить, что на испытания в НИП АВ подавались не "вылизанные" и доведенные в ОКБ-16 орудия ручной сборки, а первые серийные МП-6 ковровского завода № 2. Их качество было, естественно, далеко от идеала. Шло освоение пушки и на тульском заводе № 66, а это всегда тяжелейший этап для любого советского предприятия. Нарком вооружения Б.В. Ванников посетил оба завода и, несмотря на жалобы директоров, подчеркивавших сложность производства изделия ОКБ-16, сделал оптимистический вывод о перспективах массового выпуска пушки Таубина-Бабурина. [10]

(Продолжение в следующем номере)

ЛИТЕРАТУРА

1. ЦАМО, ф. НИИ ВВС, оп. 502933, д. 32, л. 21.
2. ЦАМО, ф. 35, оп. 11320, д. 350, л. 1.
3. ЦАМО, ф. 35, оп. 11320, д. 61, л. 263.
4. В.И. Перов, О.В. Растренин. Штурмовик Ил-2. Авиация и космонавтика № 5-6 - 2001. С. 9.
5. А.И. Шахурин. Крылья Победы. М.: Политиздат, 1983. С.74.
6. ЦАМО, ф. НИИ ВВС, оп. 128661, д. 4, л. 13.
7. ЦАМО, ф. 35, оп. 11320, д. 60, л. 301.
8. ЦАМО, ф. НИИ ВВС, оп. 459819, д. 3, л. 31.
9. ЦАМО, ф. НИИ ВВС, оп. 540553, д. 123, л. 42.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. БИФУРКАЦИЯ. ОТРЫВ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Турбулентность в двигательных и энергетических установках тем интенсивнее, чем больше скорость и плотность потока, его характерный размер и обратная вязкость. При интенсификации потока повышается вероятность появления так называемых бифуркаций и отрыва пограничного слоя от стенки сопла с образованием вторичных течений, которые могут приводить к вибрациям конструкций и их разрушению.

Турбулентность, формирующаяся при обтекании тел, при течениях в каналах и диффузорах, при смешении спутных и встречных потоков всегда сопровождается бифуркацией. Слово bifurcation (англ.) - раздвоение, используется при описании структуры турбулентных движений частиц жидкости, газа и плазмы. Любое усложнение течения, переход от одного устойчивого состояния к другому неминуемо приводит к пространственному, трехмерному течению. Даже абсолютно симметричные тела при их интенсивном движении относительно плотной, вязкой и теплопроводной среды находятся в условиях пространственной турбулентности. Обтекание шара (см. журнал "Двигатель" № 2, 2006) при достаточно больших числах Рейнольдса в области положительных градиентов давления сопровождается образованием продольно-вихревых структур Тейлора-Гертлера. Течение разбивается на парные, противоположно вращающиеся вихри - происходит локальная бифуркация потока. Аналогичная картина наблюдается и при обтекании поперечным потоком круглого цилиндра. Течение перед цилиндром всегда либо ламинарное, либо волновое (волны Толмина-Шлихтинга), так как оно происходит при отрицательном градиенте давления ($dp/dx < 0$). При положительном градиенте давления (в области за миделевым сечением) в зависимости от уровня числа Рейнольдса реализуются либо парные вихри, либо дорожка Кармана. Принято считать, что после этого образуется развитая турбулентность. А это ничто иное, как область пространственных вихревых течений Тейлора-Гертлера, переходящих при $dp/dx = 0$ в жгутовое течение (журнал "Двигатель" № 4, 2005). Более того, любое тело в потоке с положительным градиентом давления будет вызывать в нем бифуркацию. Необходимыми и достаточными условиями возникновения бифуркации являются:

1. Наличие положительного градиента давления в потоке $dp/dx > 0$.
2. Наличие зеркальной границы, т.е. точки, линии или области, относительно которой может происходить раздвоение (расслоение) потока.

В газовой динамике используют термин "линия растекания потока" (противоположная ей - линия стекания), который характеризует условия расхождения, бифуркацию. Пробор, предусмотренный в прическе румяной русской красавицы, - тоже своеобразная линия растекания, а ее длинная русая коса - линия стекания. В зависимости от условий течения на практике наблюдаются самые разнообразные зеркальные границы. Их форма, как правило, характеризует степень симметрии обтекаемого тела (см. журнал "Двигатель" № 6, 2005). В потоке, обтекающем шар, имеющий центральную сферическую симметрию, в области лобовой части возникает точка растекания, а при обтекании осесимметричного цилиндра - линия растекания в виде прямой. Если симметрия нарушается, то зеркальная граница бифуркации искривляется. Так, например, при обтекании крыла самолета в месте стыка

его с фюзеляжем формируется сложная кривая линия растекания с изломом.

С понятием бифуркации тесным образом связано понятие отрыва потока. Классическая теория пограничного слоя, разработанная Прандтлем, Релеем и другими знаменитыми учеными первой половины двадцатого века, определяет отрыв потока как отрыв собственно пограничного слоя. При этом образуются возвратные и вихревые течения. Многочисленные исследования показывают, что в отрывной области возникает сложное турбулентное течение. При малых числах Рейнольдса методами фото- и киносъемки удается зафиксировать простые области отрыва: течение в прямоугольной каверне, течение в перерасширенном плоском сопле, обтекание тупого клина.

В большинстве случаев, особенно при обтекании осесимметричных пространственных объектов, не удается визуализировать структуру турбулентного потока в области так называемого отрыва пограничного слоя. Фотографии и киносъемка таких объектов не дают регулярных линий тока. Общая картина течения в месте отрыва получается смазанной, случайной и поэтому однородной в своей массе. Все это навело на мысль об использовании в качестве аппарата для исследований математической статистики, а в качестве инструментов для экспериментальных проверок - высокоточных термоанемометров.

В последующем структуру отрывной зоны все-таки научились определять. Методом уноса массы (горячей визуализации) были исследованы многочисленные пространственные зоны отрыва. Были исследованы области уступов, ступенек, каверн, впадин, пазов и стыков разнородных материалов. Исследованы особенности обтекания поворотных сопел, газодинамических рулей, областей вдува газа в поток, обтекание различных интерцепторов, задвижек, щитков и пр. Были определены структуры отрывных течений в каналах и соплах с контурами большой кривизны, с изломами и разрывами.

Метод горячей визуализации отрывных течений очень прост. Он основан на анализе следов горячего потока газа на уносимой поверхности исследуемого объекта. Газовый поток, как правило, создается высокоэнтальпийными источниками, такими как модельные ракетные двигатели (РДТТ, ЖРД и др.). Более универсальными и дешевыми для этих целей являются трехфазные плазмотроны, которые позволяют проводить на разных режимах многократные исследования особенностей турбулентного течения с отрывом методом уноса массы. На рис. 1 представлены кадры киносъемки, показывающие динамику разгара модели под действием струи плазмотрона. По линиям обтекания можно качественно оценить изменение образующейся конической формы изначально полусферической модели. Последний кадр, представленный на рис. 2, был произведен после выключения плазмотрона. К этому моменту форма модели в процессе разгара стабилизировалась и стала конической с почти пло-



Рис. 1. Динамика разрушения образца в струе плазмотрона

ским торцем. Очевидно, что линия выработки материала соответствует линии тока и она симметрична относительно оси образовавшегося конуса. Форма линии тока иллюстрирует типичную бифуркацию. Очевидно, что при лобовом натекании на сферу формируется зеркальная граница в виде одной-единственной точки, которая переходит в процессе разгара в точку растекания для тел с промежуточной формой. До этой точки поток натекает на тело с положительным градиентом давления. Постепенно положительный градиент давления исчезает, и тело приобретает стабильную форму, а течение становится автомодельным.

Типичным примером бифуркации является течение вблизи поворотного управляющего сопла. Поворот сопла необходим для организации маневра ракеты. При повороте сопла относительно оси камеры сгорания его дозвуковая утепленная часть входит в так называемую наветренную область. При этом на наветренной стороне сопла реализуется положительный градиент давления. Поток, натекая на наветренную лобовую часть сопла, растекается в радиальном направлении относительно зеркальной границы. В данном случае обтекаемым телом является повернутый тор, который относительно потока несимметричен, а область растекания ограничена деформированным эллипсом. На рис. 3 показана сажмазевая картина обтекания дозвуковой части поворотного сопла (фото В.Н. Наумова). Следы от линий тока на поверхности сопла свидетельствуют о растекании потока, наличии бифуркации в этой области.

Бифуркация наблюдается при вдуве газа в сверхзвуковой поток через клапаны управления вектором тяги сопла. Поскольку у корня струи вдува реализуется течение, подобное обтеканию поперечного цилиндра, то линией растекания является его образующая. Положительный градиент давления, сформированный перед цилиндрической струей вдува, приводит к бифуркации. Поток раздваивается. На рис. 4 показан фрагмент углеродного сопла со следами уносов в виде парных углублений, развивающихся вниз по потоку и внешне напоминающих запорожские усы.

Иллюстрации структур отрыва приведены на рис. 5 и 6. Модельное сопло, рассчитанное для осесимметричного случая, при повороте входило в зону перерасширения. При повороте на угол 10° на подветренной стороне образовался отрыв потока. Часть атмосферного воздуха затекла в область над струей со стороны стенки. На рис. 5 эта область выглядит более темной. Из-за пониженной температуры унос в этой области существенно меньше уноса материала на наветренной стороне сопла. В данном случае положительный градиент давления проявляется на границе между горячими продуктами сгорания и атмосферным воздухом. Здесь же, по-видимому, проходит условная зеркальная граница бифуркации.

Более наглядные результаты получены при отрыве потока за уступом на сверхзвуковом модельном сопле РДТТ (рис. 6). Поток отрывается от кольцевой кромки и далее присоединяется к полке уступа ($dp/dx > 0$). Нормальная составляющая скорости приводила к локальным бифуркациям потока. Течение в области отрыва перестраивалось в вихревое течение Тейлора-Гертлера. Продольные вихри равномерно располагались вдоль кольцевой поверхности полки уступа. Следы на унесенной поверхности соответствовали линиям стекания и растекания потока. Полученная картина течения в области отрыва за уступом является характерной. Она наблюдалась во всех других исследованных случаях: при течении в сопле с изломом и сильно искривленным контуром, при течении с внезапным расширением, в донных областях и др.

Результаты исследований бифуркаций и отрывов позволяют прогнозировать момент их наступления, а значит предсказывать критические ситуации, возникающие при работе энергодвигательных установок.

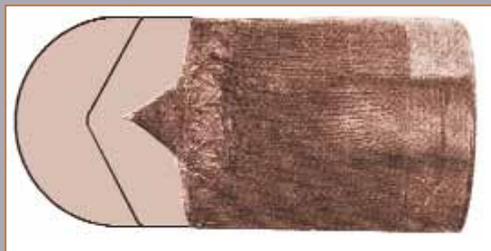


Рис. 2. Форма образца после проведенного испытания



Рис. 3. Повернутое дозвуковое сопло после эксперимента



Рис. 4. Следы уноса материала за управляющими клапанами после испытания

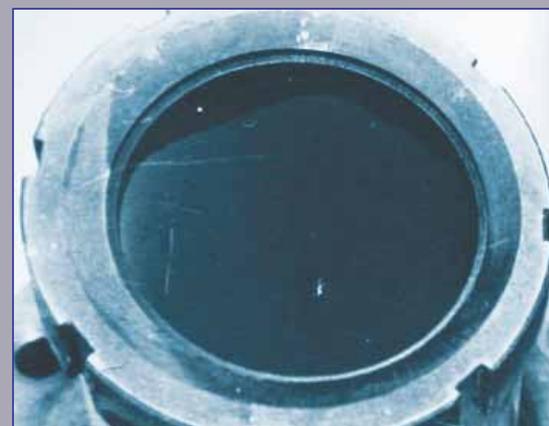


Рис. 5. Иллюстрация отрыва потока от подветренной стороны стенки сопла

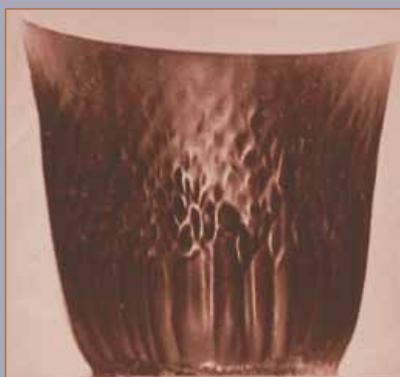


Рис. 6. Картина уноса материала сверхзвукового сопла за уступом

... И ЕЩЕ ОДНО ПОПУГАЙСКОЕ КРЫЛЫШКО

Дмитрий Соколовский

Ни для кого не секрет, что "измерять" означает - сравнивать. Сравнить нечто, подлежащее измерению, с величиной, принятой за эталон, норму, меру. За единицу измерения может, на самом деле, быть взято все что угодно. Так, плотники, например, зачастую обмеряют отрезаемое бревно в обломанных под размер соломинок, в "пядях" (проще говоря, расставленными пальцами руки) или в спичечных коробках - были бы только спички в кармане. И так было всегда. Что под рукой, тем и мерили: например, "локоть" соответствовал длине скипетра Генриха I, широко распространенная во многих странах единица длины "фут" равнялась длине ступни Карла Великого. Главное, чтобы потом сами вспомнили, каких аршином мерили. Так что герои мультфильма, измерявшие длину удава слонятами, попугаями и мартышками вовсе не оригинальны, а, скорее, изобретательны.

Как известно, наука приобретает возможность именоваться "точной", когда она овладевает способностью измерять. Поиски более обоснованных и менее случайных единиц измерения начались давно. Так, уже в 1790 г. во Франции была предложена единица длины "метр", равная одной сорокамиллионной части длины земного меридиана. Однако прошло 85 лет, прежде чем первые 17 государств, принявших участие в проходившей в Париже Международной метрической конвенции, согласились принять метр в качестве единицы измерения длины. Заметим, что к этому времени в одной только Германии имелось, как отмечал Энгельс, столько типов мер и весов, сколько дней в году (из-за наличия на ее территории большого числа мелких государств со своими законами и правилами). Да и сегодня половина жителей планеты по-прежнему предпочитает пользоваться футами и дюймами.

Измерение - совокупность неких операций, связанных с применением технического средства, которое имеет отрадуированную в определенных единицах шкалу и обеспечивает нахождение отношения какого-либо определенного параметра измеряемого объекта к определенной единице измерения. В результате мы получаем размерность этого параметра в указанных единицах. На самом деле, несмотря на простоту и привычность, процесс измерения есть Великий Творческий Акт: естественную природную "аналоговую" величину мы сравниваем с дискретной шкалой, иначе говоря, как сейчас это принято называть - оцифровываем. Так что этот, как мы считаем, современный процесс человечество освоило гораздо раньше, чем даже кому-то в голову могла прийти мысль о цифровой технике.

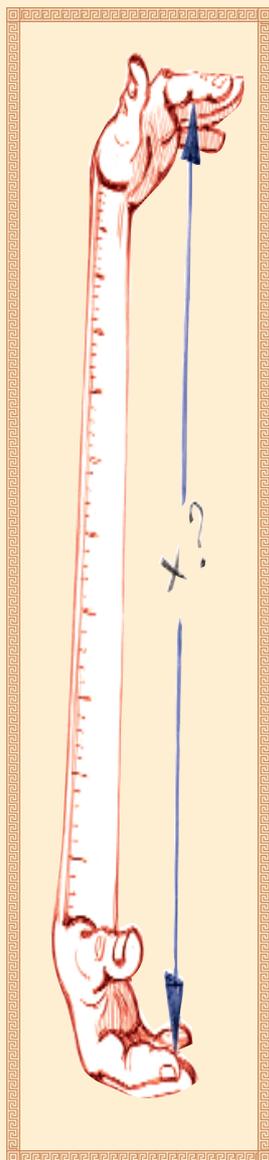
Там, где великоваты целые величины - смело делим шкалу на части. Потому-то, когда "в целых попугаях" величина не измеряется, в ход идут дробные доли: "попугайские крылышки". Как известно, у метра есть "меньшие братья" - дециметр, сантиметр, миллиметр и так далее - каждый в 10 раз мельче предыдущего (почему и система десятиричная). А не желающие сдаваться дюймы, например, в случае с простой водопроводной трубой, предпочитают делить на дробные доли по степеням двойки: $1\frac{1}{2}$ - "полтора дюйма", $2\frac{1}{4}$ - "два дюйма с четвертью" и т.п.

Впрочем, все сказанное относилось к "прямым" измерениям, когда мы непосредственно сравниваем измеряемую величину со шкалой измерения. Не реже нам приходится иметь дело с измерениями приборными и косвенными, когда измеряемая величина как-то воздействует на измерительный прибор, изменяя его показания, а уж эти-то изменения мы и фиксируем. Так измеряются, к примеру, параметры электрических се-

тей, сила света, давление газов и жидкостей, уровень радиации. Следует, однако, учитывать, что показания прибора зависят не только от самой измеряемой величины, но заодно и от некоторых (не подлежащих измерению, по мысли экспериментатора) элементов внешней среды. Эти величины и вносят в измерения разного рода ошибки, называемые погрешностями.

Погрешность - одна из основных характеристик точности измерения. Она показывает приближенность измеренной величины к ее истинному значению. Иначе говоря, отклонение результата измерения от этого истинного значения. На практике истинное значение обычно неизвестно (иначе и зачем измерять), и к нему приходится подбираться по результатам многократных измерений одной и той же величины. Таким образом, погрешность измерения - величина статистическая. Она известна для каждого измерительного прибора, определяется и гарантируется его производителем и называется "классом точности прибора" или просто "классом". Эта величина задается изготовителем для любого прибора и пишется даже на портновском сантиметре, а у точных приборов - на шкале и в паспортных данных. Принято считать, что класс точности - это величина допустимой погрешности данного прибора на максимальном значении его шкалы, отнесенной ко всему диапазону шкалы. Она указывается в процентах. Поэтому-то, измеряя что-нибудь легкое на весах, рассчитанных на большие грузы, мы всегда ошибемся на большую относительную величину, чем взвешивая там же более тяжелый груз. Отсюда следует: кота можно взвесить точнее, встав с ним на руках на весы и вычтя из этой величины свой вес без него. К тому же попробуйте заставить кота просто так постоять на площадке весов...

Принято различать *грубую погрешность* (или "выброс") - зависящую от многих факторов значительно превышающую ожидаемую при данных условиях погрешность; *систематическую погрешность* - возникающую, в основном из-за неидеальности прибора (именно она-то и определяет класс точности прибора) и способ измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях; *случайную погрешность* - составляющую погрешности измерения, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях. Задача измеряющего - по возможности исключить из результатов грубые и систематические погрешности. Случайные погрешности неизбежны. Источник и величина случайной погрешности единичного измерения изначально неопределенны, их влияние можно лишь ослабить, применяя надлежащие методы статистической обработки измерений. Так, при создании одной весьма точной измерительной системы



на экспериментальном стенде ЦИАМ им. П.И. Баранова инженеры так и не смогли выявить источник непонятно откуда появляющейся нерегулярной электрической наводки. Ее влияние исключили именно статистическими методами, и только лет через пятнадцать выяснилось, что помеха шла ... от двигателя типографской печатной машины, расположенной в соседнем здании.

Следует также помнить о воздействии самого измерительного прибора на объект измерения и появляющейся в связи с этим погрешности. Проще говоря, когда мы измеряем температуру воды в аквариуме, опуская в нее градусник, мы на самом деле измеряем температуру системы "аквариум (с его изначальной температурой) + градусник (с той температурой, какая у него была до контакта с водой)". И нам придется либо не обращать внимания на мизерную добавку, привносимую градусником, либо достаточно долго выдерживать систему "градусник - аквариум", чтобы она пришла в тепловое равновесие.

Кроме того, сам прибор тоже потребляет какое-то количество энергии для того, чтобы его параметры изменились и он сформировал определенное показание. Энергия берется в том числе и из измеряемого процесса, а, следовательно, изменяет процесс. Какое бы малое сопротивление не было у амперметра и, соответственно, высокое у вольтметра, но, будучи питаемыми от электрической сети, они влияют на ее параметры. Обычно точность самих приборов не позволяет заметить этого изменения. Впрочем, доведя идею до абсурда, можно "повысить заметность": подключите к сети в одном и том же месте не один, а штук тридцать вольтметров одновременно. Вот тогда-то точно заметите их влияние на параметры сети.

Приборную систематическую погрешность чаще всего вносят изготовители измерительной техники, не желая того - просто по незнанию процессов. Так в начале 80-х годов прошлого века академический институт высоких температур (ИВТАН) заказал другому не менее академическому учреждению экспериментальный сверхмощный высокочастотный электрогенератор, монтажная опора внутри которого по проекту должна была вытачиваться из монокристалла искусственного (но не более дешевого от этого) сапфира. "С жиру бесятся!" - решили подрядчики и изготовили эту деталь из монокристалла на порядок более дешевого пьезокварца. Очень долго заказчики не могли понять, почему их так скрупулезно рассчитанный прибор выдает любые результаты кроме тех, которые от него ожидали. Опора-то была не просто кронштейном, а частью тщательно рассчитанной измерительной системы. Потому и спроектировали ее "в ювелирном исполнении".

Для уменьшения влияния прибора на результаты измерения стараются выполнить измерительный прибор с такими параметрами, чтобы он потреблял как можно меньше энергии измеряемого процесса. Так, стрелочные приборы снабжают как можно более легкими и сбалансированными стрелками, употребляют специальные подвесы и подшипники. Иногда еще и откачивают воздух из стрелочной камеры. Изготовленные по таким принципам крутильные весы позволили в свое время П.А. Лебедеву измерить давление света.

Но, чем "невесомее" деталь, тем заметнее сказываются на ее работе всякого рода микропроцессы. Когда амплитуда отклонения индикатора сравнима с амплитудой его собственных тепловых колебаний, или когда измеряемая величина существенно меняется вследствие флуктуаций (неупорядоченных изменений) магнитного поля Земли измерение теряет смысл. В этом случае гово-

рят о достижении принципиального предела точности прибора: хаотические шумы "затушевывают" достаточно сильные сигналы, несущие информацию.

Казалось бы, чего проще - бери инструмент с самой высокой точностью и ты застрахован от половины ошибок измерения. Увы, увы... Чем точнее инструмент, тем он дороже: себестоимость прибора растет в квадратической зависимости при увеличении класса прибора, а стоимость измерения при увеличении точности нарастает вообще экспоненциально! Надо подумать, стоит ли игра свеч? К тому же, увеличивая точность измерений, мы одновременно расширяем поле для воздействия на измеритель всевозможного рода наводок и помех. Во времена Ньютона закон всемирного тяготения был проверен с относительной ошибкой в 1/25. Но закон остался верным и тогда, когда эта величина была уменьшена в 100, 1000 и даже в 10 000 раз! Никакие самые точнейшие измерения не в силах чего-либо изменить в самих законах мироздания, открытых как Ньютоном, так и его предшественниками и последователями.

Впрочем, увеличение точности измерения иногда дает возможность заметить то, что раньше считалось помехами и "белым шумом" (изначально неидентифицируемыми параметрами неизвестной природы), увидеть нечто новое. В 1892 году лорд Рэлей обнаружил, что азот, выделенный из атмосферы, всегда несколько тяжелее искусственно полученного из химических соединений. Получалось, в атмосферном азоте есть какая-то примесь. Ею оказался аргон. У английского ученого Генри Кавендиша, в начале XIX века исследовавшего состав воздуха, не было таких чувствительных "весов" с точностью до тысячных долей грамма, как у Рэрея. И Кавендиш не заметил тяжелой примеси. Открытие аргона - "торжество третьей цифры после запятой". Близкий случай произошел и в 1932 году. Измеряя с высокой точностью плотность воды, ученые обнаружили тяжелый изотоп водорода - дейтерий...

Надеюсь, ясно, что слова "измерять" и "подсчитывать" в современной теории измерения неразрывны. Сплошь и рядом физическая величина представляется не единственным числом, а еще и вероятностью того или иного ее значения в данный момент. Этот барьер не преодолеть, совершенствуя технику измерений. Вопросы "точности" для самой природы имеют смысла не больше, чем известный средневековый силлогизм: "может ли бог (всемогущий по определению) создать камень, который не сможет поднять". Свойство, имеющее значение для нас, мы пытаемся перетащить на всю природу и попутно оделить богов собственным несовершенством. Вероятность, на самом деле, не есть свойство природы, а есть составляющая нашего восприятия ее. Природа конкретна, в ней любой объект связан с любым другим. Различна лишь сила этих связей. Наше восприятие, не знакомое со всеми этими причинно-следственными связями, абстрактно: мы абстрагируем изо всего этого бесконечного количества "если - то" какие-то связи, наиболее существенные для данного объекта, с точки зрения нашего понимания вещей. Их-то мы и измеряем или пытаемся осмыслить. Но кроме измеряемой величины, одновременно с неточностью измерений и совокупным влиянием на объект всех неучитываемых связей, мы и получаем ту самую вероятность: меру нашего непонимания действующих факторов, которую философы почему-то возвели в ранг свойства окружающего мира. Но это не природа "неточная", а наше понимание ее. И откуда от этого не денешься, поскольку это - тоже часть природы. Вместе с нами. 

НА ПУТИ В ВЕК ПАРА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания

Предложив свою формулу для расчета мощности паровых машин, Д. Уатт тем самым наметил пути их дальнейшего совершенствования. На первых машинах подача пара в цилиндр прекращалась на первой половине рабочего хода поршня. Затем этот "перекрыш" стали осуществлять на 1/7, а потом на 1/10. Далее работа происходила за счет расширения пара. В дальнейшем работать с перекрышем становилось нецелесообразно, так как надо было увеличивать длину цилиндра и ход поршня, что неизбежно влекло за собой увеличение габаритов двигателя.

В 1765-1769 годах Д. Уатт построил две машины, провел их всесторонние испытания и в январе 1769 г. получил патент на изобретение. Это были уже не пароатмосферные, а паровые машины, в рабочем цикле которых атмосферное давление не использовалось. Поступательный и возвратный ход поршня стали рабочими. С 1784 г. паровые машины двойного действия начинают выпускать серийно. Поступательное движение поршня превращалось во вращательное движение гребного вала посредством "параллелограмма Уатта". Так произошло потому, что в 1780 г. французский механик Пикар защитил патентом кривошипный механизм к "огненной машине", это при том, что сам такой механизм был известен с глубокой древности.

Далее совершенствуя свои машины, Д. Уатт изобрел и запатентовал "холодильник", в котором отработавший пар конденсируется, снова превращаясь в котельную воду. Вакуум в холодильнике обеспечивается работой специального вакуумного насоса.

Если пароатмосферные машины крутили гребной вал с частотой около 20 оборотов в минуту, то новые машины Д. Уатта могли давать около 80 оборотов, благодаря чему можно было наращивать их мощность и экономичность. Они позволяли использовать в работе пар с высокими параметрами, то есть относились к машинам высокого давления, что опять же способствовало увеличению мощности и экономичности.

Надо, однако, заметить, что простота и понятность всем формулы Д. Уатта сделала ее весьма по-

пулярной. Заказчики паровых машин и судов в своих контрактах и документах купли-продажи всегда стремились к тому, чтобы в них указывалась мощность машины, рассчитанная по формуле Д. Уатта. Эта же мощность фигурировала в отчетах и донесениях должностных лиц. Так в обиходе появились "номинальные лошадиные силы" или "нарицательные лошадиные силы". Однако формула давала хороший надежный результат только при расчете мощности пароатмосферных машин. Но когда стали применять перекрыш пара, увеличили частоту вращения коленвала машины, повысили давление пара, формула стала "обрастать" различными коэффициентами, а точность расчетов заметно снизилась.

Так продолжалось до середины XIX века, пока не был изобретен индикатор - прибор, позволявший измерять величину работы пара за единицу времени в каждом цилиндре паровой машины. И тогда выяснилось, что формула Д. Уатта занижает мощность машин в 4...8 раз. В результате появилась новая единица измерения - индикаторная лошадиная сила (и.л.с.). В архивах завода "Красное Сормово" были найдены материалы по пароходу "Ратмир", построенному в 1886 г. В документах отмечалось, что судно имеет машину мощностью 80 л.с., а в скобках указывалось и другое значение мощности - 336 и.л.с. Впоследствии выяснилось, что эта мощность снижается в результате трения частей паровой машины, и на движитель подается мощность, меньшая индикаторной приблизительно на 15%. Так возникло понятие эффективной лошадиной силы - э.л.с. Например, нетрудно убедиться в том, что 336 и.л.с. эквивалентны 286 э.л.с.

Далее свой вклад в усовершенствование паровых машин внес английский инженер Горнблюэр. Во-первых, он в 1781 г. спроектировал машину, рассчитанную на невиданно большое давление пара - 6 ати. Во-вторых, его машина имела два цилиндра: высокого давления (ЦВД) и низкого давления (ЦНД). Объем последнего был в 3...4 раза больше, чем у ЦВД. В начале рабочего цикла пар подавался в ЦВД, где совершал работу. После этого он перепускался в ЦНД, где продолжалось расширение пара, а следовательно, им совершалась дополнительная работа.

Отработавший пар из ЦНД далее должен был выпускаться в холодильник, но изобретение холодильника было защищено патентом Д. Уатта, поэтому изобретение Горнблюэра не находило применения вплоть до 1804 г., пока не истек срок действия патента Д. Уатта. Новый двигатель был назван компаунд-машиной или просто - "компаунд". По сравнению с одноцилиндровой машиной мощность компаунда была больше в четыре раза. В 1804 г. английский инженер Артур Вульф спроектировал компаунд, рассчитанный на давление пара 3...4 ати. Такая

Судно типа "Донбас" с паровой машиной двойного расширения



машина оказалась втрое экономичнее серийной машины Д. Уатта; она применялась на различных судах до тех пор, пока на смену паровым двигателям не пришли дизели.

Американцы использовали компаунд на железнодорожном транспорте, ими был построен паровоз мощностью около 2500 л.с., но серийно такие локомотивы не строились. Он так и остался в единственном экземпляре.

Компаунд получил широкое распространение на речных пароходах. Его устанавливали и на буксирах, и на грузовых, и на пассажирских судах. Как правило, это были "колесники" с бортовым расположением гребных колес. Каждое колесо приводилось в движение одним компаундом. Гребные колеса могли вращаться как в одном направлении, так и "враздрай", то есть в разные стороны, что значительно повышало маневренность судна. На каждую машину ставился свой "машинный телеграф", по которому подавались команды с капитанского мостика в машинное отделение.

Компаунд легко реверсировался и мог работать как на передний, так и на задний ход. На шкалах машинного телеграфа обозначались: "ход вперед" - полный, средний, малый и самый малый; "ход назад" - полный, средний, малый и самый малый. Капитан на мостике рукояткой телеграфа устанавливал нужный ему ход. На шкале телеграфа в машинном отделении специальная стрелка указывала вахтенному механику режим работы двигателя. Рукояткой своего устройства он дублировал команду капитана и запускал двигатель в нужном режиме.

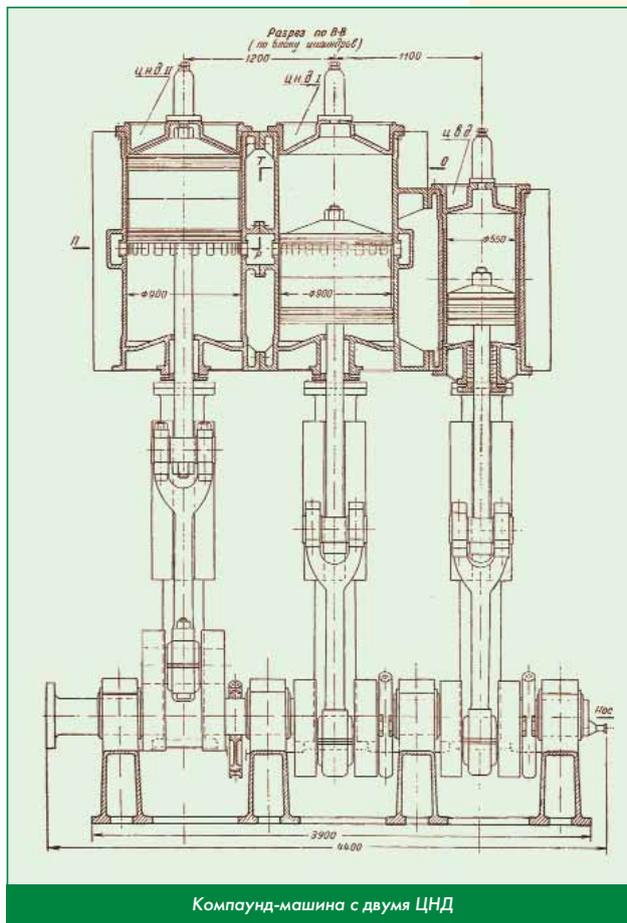
На море колесники "не прижились", так как при качке гребные колеса работали плохо. Колесо то глубоко зарывалось в воду, то выходило из воды. Машина работала то с перегрузкой, то с недогрузом, стремясь пойти "в разнос". Отсюда - частые поломки колес, их кожухов, да и машина работала в сложных условиях. Поэтому на смену колесам пришел гребной винт.

На морских судах широкое распространение получил спаренный компаунд. В этом случае на одном машинном фундаменте устанавливали два компаунда, со стороны они смотрелись как одна четырехцилиндровая машина с двумя цилиндрами высокого и двумя цилиндрами низкого давления. Такие двигатели мощностью до 1000 л.с. устанавливали на рыболовных траулерах (РТ), которые имели водоизмещение 1000...1200 т. Это позволяло РТ легко буксировать трал на промысле и возвращаться в порт со скоростью хода около 11 узлов. Как главный двигатель компаунд был достаточно экономичен, не боялся перегрузок во время шторма, когда гребной винт то зарывается в воду, то выходит из воды; он всегда обеспечивал проектную мощность.

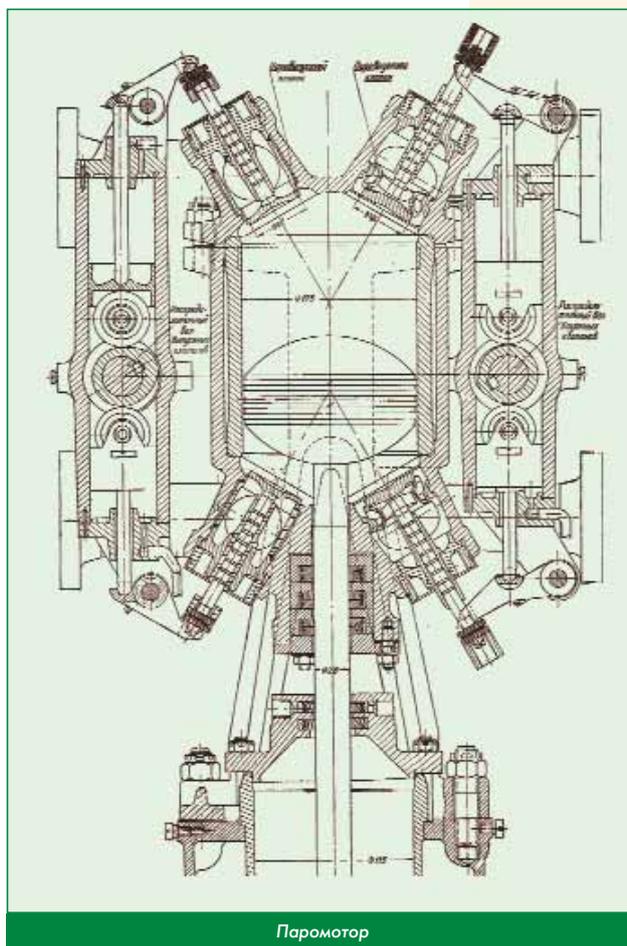
Компаунды мощностью свыше 2000 л.с. устанавливались на крупных транспортных судах. На одном из таковых, углевозе "Марите Мельникайте", довелось плавать автору этих строк. Судно водоизмещением около 7000 т легко давало проектные 12 узлов. Но больше всего мне нравилась тишина. Можно было в машинном отделении стоять рядом с работающей на полный ход машиной и разговаривать, не повышая голоса.

Подача пара в цилиндры паровых поршневых машин, а также его выпуск осуществлялись с помощью парораспределительного устройства. Его основная часть - золотник, который приводился в работу приводом, работающим от коленчатого вала машины. Для подачи пара в ЦВД применялись золотники цилиндрической формы, а для питания ЦНД устанавливались коробчатые золотники. Позже появились машины, у которых подача и выпуск пара осуществлялись через впускные и выпускные клапаны (как у двигателей внутреннего сгорания - например, дизелей). Эти машины еще назывались паромоторами. Однако отдавать предпочтение золотниковым машинам или паромоторам нет никакого смысла, и те и другие работали надежно, хотя некоторые механики о паромоторах говорили с почтением.

Вот такими были эти паровые машины.



Компаунд-машина с двумя ЦНД



Паромотор

"ПОД ГРОЗНОЙ БРОНЕЙ ТЫ НЕ ВЕДАЕШЬ РАН..."

Александр Николаев

"В общем, бронепоезд представлял собой сооружение из сплошного металла, не пробиваемого пулями и шрапнелью... Пушка находилась в задней части корпуса на легко вращающейся платформе и могла обстреливать веером. Мощный паровоз также был одет в броню; незащищенной оставалась лишь верхушка трубы. И, разумеется, все, не исключая и пушек, было окрашено в цвет хаки..."

Луи Буссенар. "Капитан Сорвиголова"

В середине девятнадцатого века во флотах передовых в военном отношении стран были внедрены три важнейших изобретения: паровая машина, броневая защита и нарезная пушка. Еще во время Крымской войны во Франции были построены три деревянных опытных судна Devastation, Lave и Tonnante водоизмещением по 1460 т с машиной мощностью 120 л.с. Их борт был покрыт 100-миллиметровой железной броней, а на батарейной палубе разместились 12-16 крупнокалиберных (50-фунтовых) пушек. Из-за крайне малой собственной крейсерской скорости всю эту троицу французам пришлось вести в Черное море на буксире, но при всей неказистости и несбалансированности первые броненосцы сумели сыграть важную роль при захвате русской крепости Кинбурн в устье Днепра. Главным достоинством такого рода судов была их "непробиваемость". Так, американский деревянный броненосец New Ironsides водоизмещением 4000 т при бомбардировке форта Семтер получил 70 попаданий, но почти не пострадал. Между тем его 280-миллиметровые пушки не оставили защитникам форта никаких шансов.

Вслед за морскими военачальниками, традиционно более "продвинутыми" в техническом отношении, о возможных способах использования триады "пушка + броня + паровая машина" задумались их сухопутные коллеги. "На поверхности" лежали следующие соображения. Первое - паровая машина к тому времени уже прочно прижилась на железной дороге, а локомотивы продемонстрировали способность приводить в движение тяжелые составы и развивать при этом невиданную скорость. Второе - масса артиллерийских систем крупного калибра возросла до десятков тонн, совершенно лишив их подвижности. Доставка осадных орудий к сухопутным крепостям врага всегда являлась сложной проблемой, но в новых условиях, сделав один-два залпа, с огромным трудом доставленная осадная батарея сама превращалась в первоочередную цель для крепостных пушек, и нередко в контрбатарейной борьбе защитники бастионов, заранее пристрелявшие местность, одерживали верх. Осаждавшие попытались прикрыть свои тяжелые пушки броней, но в этом случае они становились абсолютно непод-

емными. Третье соображение - при тогдашних прицелах и механизмах наводки орудий движущаяся цель была гораздо менее уязвимой, нежели стационарная.

От этих идей рукой подать до поезда, на платформах которого смонтированы пушки. Правда, броня еще не казалась важнейшим элементом такой боевой машины, ведь обороняющаяся пехота в то время не располагала пулеметами. Известно, что первым опытом объединения железнодорожного состава и артистемы могут похвастаться американцы. В период гражданской войны 29 июня 1862 г. в бою под Ричмондом впервые и довольно успешно была применена 32-фунтовая пушка, установленная на четырехосной платформе. Лишенное противооткатных устройств, орудие могло стрелять только в узком секторе углов относительно железнодорожной колеи, но и этого оказалось достаточно, чтобы внезапным огненным налетом рассеять большой отряд армии конфедератов.

В годы франко-прусской войны пушки, установленные немецкими артиллеристами на железнодорожные платформы, обстреливали осажденный Париж, перемещаясь по его периметру и нанося внезапные удары с разных направлений. Маневренный характер войны, необходимость быстрого перемещения артиллерийских орудий, потребность в нанесении мощных внезапных ударов с немедленным уходом от возможного огневого ответа способствовали применению 120-мм и 155-мм скорострельных морских пушек, модифицированных для применения с железнодорожных платформ. Удалось решить сложную проблему, долгое время тормозившую развитие железнодорожной артиллерии, - создать эффективные противооткатные устройства. Однако в последние десятилетия девятнадцатого века все вновь свелось лишь к объединению платформы проезда с орудием. Бронепоезд же, в современном понимании этого термина, никак не появлялся.

Полноценному бронепоезду было суждено родиться на краю света, в Южной Африке, где на рубеже двух веков вспыхнула англо-бурская война, ярко (хоть и тенденциозно) описанная в книге Луи Буссенара. Буры, защищавшие свою независимость, оказали ожесточенное сопротивление английским войскам. Уже в те годы колониальная политика Великобритании оценивалась современниками довольно негативно - около 12 тысяч добровольцев из разных стран сражались на стороне буров.

Появление пулеметов и скорострельных пушек быстро заставило английскую армию проститься с яркими мундирами и плотными боевыми порядками. Потерпев несколько сокрушительных поражений на на-



чальном этапе конфликта, англичане продемонстрировали способность быстрой "подстройки" к ситуации. Они с похвальной быстротой организовали переброску на театр войны все новых и новых подкреплений, доставили в район боев новейшие образцы оружия. "Великобритания может позволить себе проигрывать все битвы, кроме последней", - эта шуточная фраза ярко иллюстрирует концепцию английского "парового катка", сметающего все на своем пути. Со временем регулярная армия крупной европейской державы, обладавшей неизмеримо большей военной и экономической мощью, нежели республики буров, стала побеждать в одном сражении за другим. Буррам пришлось перейти к партизанским и диверсионным методам, к нарушению коммуникаций, к внезапным налетам на отдельные пункты. Они до крайности ослабили снабжение английских армий, оторванных от тыловых баз на большие расстояния.

Вот тут-то и настал "звездный час" бронированных или, как тогда говорили, "блиндированных" поездов. Для обеспечения безопасности немногочисленных и оттого крайне важных железных дорог англичане соорудили своеобразные блокгаузы на колесах - вагоны, защищенные на первых порах подручными средствами типа шпал, металлических тросов или мешков с песком. Первоначально вооружение было представлено только пулеметами и винтовками экипажа, но вскоре на передней и замыкающей платформах британские инженеры смонтировали полевые или морские пушки среднего калибра. Постепенно, накопив опыт, англичане перешли к типовым схемам бронирования вагонов и паровозов. Бронепоезда стали новым и довольно эффективным средством антипартизанской войны.

Число вагонов в "блиндированных" поездах обычно не превышало десяти, а чаще всего составляло три-четыре. Для маскировки их окрашивали под цвет местности. Для ведения разведки в ряде случаев на одной из платформ бронепоезда монтировали лебедку, обеспечивавшую подъем и спуск воздушного шара. Такие поезда оказались крепкими орешками для буров, ведь только на словах легко пустить поезд под откос - на самом деле это довольно трудное и опасное предприятие. А прямые атаки на бронепоезд, вооруженный десятком пулеметов, были попросту самоубийственными.

Опыт англо-бурской войны в начале двадцатого века тщательно изучался всеми военными специалистами Европы, которых особенно интересовали результаты применения в боевых условиях новинок военной техники и оружия. Идея бронированных поездов нашла своих последователей в ведущих европейских державах, ведь плотность железнодорожной сети в Старом Свете не шла ни в какое сравнение с аналогичным показателем южноафриканского региона.

Впрочем, начавшаяся в августе 1914 года Первая мировая война очень скоро стала позиционной. Многомиллионные армии европейских держав стали все глубже закапываться в землю, укрепляя свои позиции километрами колючей проволоки, многочисленными минными полями. Маневренных боевых действий, как это было в войнах девятнадцатого века, с 1915 года практически не велось. Прорыв обороны противника на узких участках фронта могло обеспечить лишь маскированное применение артиллерии.

В таких условиях бронепоезда, имевшиеся в противостоящих армиях Запада, применения себе практически не находили. Железнодорожные линии, пересекающие линию боевого соприкосновения, немедленно

выводились из строя, а восстанавливать их под плотным артиллерийским огнем неприятеля, как правило, и не пытались - это было самоубийством. Поэтому участие французских и германских бронепоездов в боевых действиях на Западном фронте, в основном, носило эпизодический характер.

Зато там, где сплошной линии обороны не было, бронепоезда могли проявить свои лучшие качества - маневренность, мощь огня и хорошую защищенность. Нетрудно догадаться, что именно на Восточном фронте, сохранившем относительную подвижность в первые военные годы, условия для боевой деятельности бронепоездов оказались более благоприятными.

В августе 1914 года, почти одновременно с первыми залпами великой войны, в мастерских 9-го железнодорожного батальона русской армии завершилось строительство первого бронепоезда в составе бронепаровоза и четырех бронеплощадок. Вооружен он был восемью пулеметами и четырьмя горными 76,2-мм пушками. Орудие было выбрано в качестве основного вооружения за свои небольшие размеры и массу, позволявшие разместить ее на поворотной установке. В начале 1915 года бронепоезд отправился на фронт, где ситуация складывалась для русской армии не самым лучшим образом.

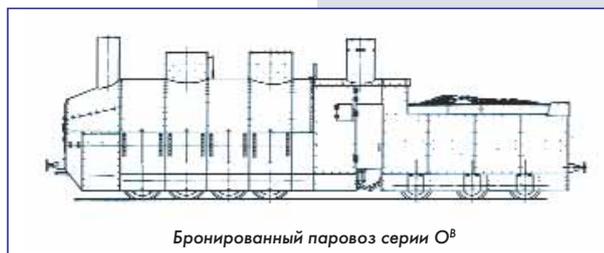
Еще четыре аналогичных бронепоезда вступили в строй до конца 1915 года. В российской армии бронепоезда организационно входили в состав железнодорожных войск, что облегчало их строительство, техническое обслуживание и ремонт в полевых условиях. После постройки первых бронепоездов было развернуто их производство в Киеве, в мастерских Юго-Западной железной дороги, и в Одессе в мастерских Русского общества пароходства и торговли.

Распространение в этот период получила типовая конструкция полевого бронепоезда русской армии образца 1915 года конструкции инженера Балля, включавшая бронепаровоз и две бронеплощадки. На каждой площадке имелось двенадцать станковых пулеметов "Максим" (по шесть на каждый борт), а в концевом иземате была установлена трехдюймовая горная пушка образца 1904 года.

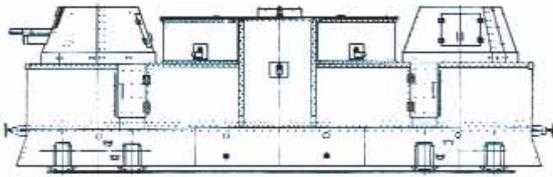
Как правило, бронепоезд приводился в движение паровозом серии О - наиболее массовым на российских железных дорогах в то время. Кстати, буква О означала "основной". К этому типу с 1892 г. относили паровозы с формулой 0-4-0 (четырёхосные, все колесные пары ведущие), с паровыми машинами типа компаунд (то есть с двумя цилиндрами с каждой стороны паровоза). На первых паровозах серии О цилиндры имели диаметр 500 и 710 мм, ход поршня составлял 650 мм, давление пара в котле составляло 11 кгс/см². Для разновидности паровоза с парораспределительным механизмом Вальсхарта было принято обозначения О^В, а среди железнодорожников такие локомотивы получили известность под именем "овечка". Масса паровоза составляла 51...52,5 т, их максимальная ско-



Броневоз с двумя трехдьюймовками и восемью пулеметами "Максим"



Бронированный паровоз серии О^В



Вариант броневагона с коническими орудийными башнями

рость не превышала 50...60 км/ч. Всего было построено свыше 4,5 тысяч паровозов серии О. В небольших количествах их строили вплоть до конца двадцатых годов прошлого века. Неудивительно, что именно этот паровоз, доказавший

свою надежность и неприхотливость, стал главной "тяговой силой" российских бронепоездов.

К концу 1915 года на Восточном фронте действовало уже 15 бронепоездов - по одному на Северном и Западном, восемь на Юго-Западном, четыре на Кавказском фронте и один в Финляндии (использовался для береговой обороны и охраны побережья). Строились они на знаменитом Путиловском заводе в Петрограде. Сложные условия боевого применения и, в частности, все более широкое распространение скорострельных пушек, создавали большие проблемы. Через два года, к середине 1917 года, в российской армии оставалось всего семь бронепоездов, остальные были потеряны в боях или находились в ремонте.

При поиске путей повышения эффективности боевого применения бронированных составов была высказана мысль о целесообразности перехода к бронированным мотовагонам, приводившимся в движение двигателем внутреннего сгорания. Разработчики считали, что неоценимые преимущества такой вариант будет иметь вследствие меньших размеров, а значит, меньшей заметности, отсутствия пара, дыма и шума при движении, лучшей управляемости ("начальник поезда все видит и всем распоряжается: личным составом, движением вагона, работой орудий и пулеметов").

Строительство бронированного мотовагона, названного "Заамурец", началось в январе 1916 года в Одесских мастерских. "Заамурец" оказался довольно удачной конструкцией, во многом опередившей свое время. К его основным достоинствам относились: предельно низкий силуэт, удачные углы наклона броневых плит с расчетом на рикошет пуль и снарядов, высокая плотность внутренней компоновки, автономность и мощное вооружение, удобство размещения команды. Толщина брони вертикальных поверхностей составляла 16 мм, изогнутых и наклонных - 12 мм.

В центральном каземате разместились два импортных двигателя внутреннего сгорания, коробка передач, две реверсные муфты и карданная передача. "Заамурец" развивал скорость до 45 километров в час, легко управлялся и свободно преодолевал крутые подъемы. Два пулемета с углами обстрела 90 градусов в горизонтальной плоскости и 15...20 градусов в вертикальной устанавливались побортно. Универсальные орудия калибром 57 мм, имевшие высокую скорострельность - 60 выстрелов в минуту, имели угол обстрела в вертикальной плоскости от -10 до +60 градусов.

Германская армия тоже обзавелась несколькими десятками бронепоездов, которые использовались преимущественно на Восточном фронте. Впрочем, немцы отдавали приоритет железнодорожным транспортерам тя-

желых орудий, применявшимся при осаде крепостей и обработке вражеских позиций перед наступлением. Когда закончилась Первая мировая война, у немцев в строю оставался 31 бронепоезд. По условиям Версальского договора Германии было запрещено иметь на вооружении тяжелую бронетехнику, поэтому все составы были сданы в депо и разоружены. Вновь строить бронепоезда в Германии стали уже после того, как Гитлер в 1935 году отказался соблюдать ограничения, наложенные Версальским договором.

В годы Первой мировой войны у бронепоездов появился новый могучий конкурент - танки. Появившись на Сомме в 1916 году, танки постоянно совершенствовались качественно и играли все большую роль на полях сражений. Увеличивалось и число танков в войсках основных участников войны. 31 июля и 16 августа 1917 года в сражении во Фландрии 5-я английская армия с семью дивизиями ввела в бой 216 танков, правда, большинство из них застряло в болоте.

Под Амьеном, в августе 1918 года, в бой вступили 688 британских танков. За три дня 480 из них пришли в негодность, причем только 192 было поражено артиллерийским огнем. Амьенское сражение показало, что в бою возможно превышение потерь танков от поломок и аварий по сравнению с потерями от артиллерийского огня.

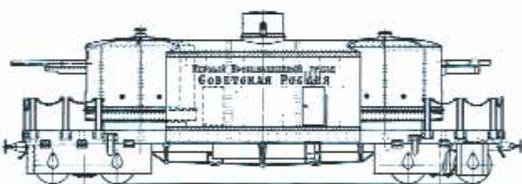
Подобный факт объяснялся несовершенством танков периода Первой мировой войны и исключительно тяжелыми условиями работы танковых экипажей. Танкисты страдали головными болями, тошнотой и сердцебиением, а в ряде случаев теряли сознание. Главной причиной этого были невероятная жара внутри танка и отравление воздуха отработанными газами, проникавшими через неплотные соединения выхлопных труб.

В этих условиях бронепоезда проявили себя более надежными и менее "изматывающими душу" средствами ведения маневренной войны. Увы, они были привязаны к железнодорожной колее...

Наибольшее распространение и применение бронепоезда получили в период Гражданской войны в России. В ее ходе боевые действия носили маневренный характер и велись в основном вдоль железнодорожных магистралей, служивших главными коммуникациями для всех участвовавших в войне сторон. Поэтому наиболее ожесточенные бои шли за железнодорожные узлы и магистрали, и здесь роль бронепоездов была часто решающей. В городах, расположенных рядом с железными дорогами, на станциях располагались склады с оружием, боеприпасами, обмундированием и продовольствием. Естественно, каждая из участвовавших в войне сторон, стремилась захватить их.

Следует напомнить и о технической отсталости царской России, отсутствии современного вооружения (танков, тракторов и тягачей для артиллерийских систем), что заставляло импровизировать и использовать все ресурсы, попадавшие под руку. В подобных условиях бронепоезда очень скоро превратились в универсальное средство ведения боевых действий. В годы Гражданской войны бронепоезда решали следующие задачи: прорыв фронта противника, поддержка наступления своей пехоты и кавалерии, преследование отступающего противника, захват и удержание тактически важных пунктов до подхода своих войск, борьба с неприятельскими бронепоездами, разведка, рейдирование, прикрытие отхода своих частей.

Бронепоезда строились, как правило, без каких-либо чертежей, буквально в течение нескольких суток



Вариант броневагона со 107-миллиметровыми орудиями в башнях

из имевшихся под рукой материалов. На товарных вагонах, угольных пультманах и платформах в железнодорожных мастерских и депо сооружались блиндажи из шпал, бревен, досок, рельсов, мешков с песком или металлической стружкой, кусков железа и тому подобных средств. Чаще всего сооружались так называемые бронелетучки - вагоны с артиллерийским орудием, закрепленным на его лобовом торце и способным вести огонь только вдоль направления железнодорожного полотна в небольшом диапазоне углов. В бортах вагона устраивались бойницы для стрелков. Иногда, если отсутствовала броня, котел паровоза прикрывали лишь мешками с песком.

Командование Красной армии раньше своих противников оценило большие возможности бронепоездов в вооруженной борьбе, развернувшейся на огромных пространствах бывшей Российской империи - от Украины до Владивостока, от Архангельска и до Бухары. Помимо использования наследства императорской армии, началось строительство новых бронепоездов. Первый советский бронепоезд был спешно построен на питерском Путиловском заводе в конце октября 1917 года. На подступах к Петрограду шли бои с войсками генерала Краснова, поэтому Ленин лично приехал на завод, чтобы ускорить работу.

Конструкция бронепоезда № 1 была предельно простой: две угольные платформы, обшитые железными листами, вооружили трехдюймовыми пушками, забронировали и паровоз. После удачных для большевиков боев под Питером бронепоезд под командованием знаменитого матроса Железнякова отправили в Москву. Дальнейшая биография первого красного бронепоезда, получившего наименование "Победа или смерть", была бурной. Из Москвы он был отправлен на Украину, где участвовал в боях с войсками Центральной Рады в Донбассе, а в конце января 1918 года - в штурме Киева и установлении там советской власти.

Основными центрами производства бронепоездов в годы Гражданской войны стали Брянск, Москва, Нижний Новгород, Коломна и Петроград. Строились и ремонтировались бронепоезда также в Киеве, Царицыне, Перми, Екатеринодаре, Луганске и других городах.

Знаменитый оружейный завод Мотовилиха близ Перми тоже построил пять бронепоездов для Красной армии. Здесь был сформирован один из первых бронепоездов, носивший имя вождя мирового пролетариата - "Морской" № 1 имени Ленина. Команда его состояла в основном из моряков камской флотилии, принявших первый бой в декабре 1918 года на подступах к Перми.

Некоторые десятков бронированных составов было оборудовано на судостроительных заводах, где имелись солидные запасы брони и необходимое вооружение, производственные площади и квалифицированные специалисты. В их числе завод Русского акционерного общества Николаевских судостроительных и механических заводов и верфей "Наваль" в Николаеве и Ижорский адмиралтейский и механический завод в Колпине. Штурмовые и тяжелые бронепоезда для Красной армии строились на Сорновском заводе общества железодельных, сталелитейных и механических заводов. Первый бронепоезд появился на заводе в июле 1918 года, когда сюда прибыл на ремонт поврежденный петроградский бронепоезд, участвовавший в подавлении ярославского восстания.

Только основные заводы, выполнявшие централизованные военные заказы, за период с ноября 1918 по март 1921 года изготовили 75 типовых бронепоездов, 102 бронеплощадки и свыше 280 броневедомостей. Наряду с типовыми бронепоездами командование фронтов, армий и даже дивизий вплоть до середины 1919 года широко использовало различные "бронеймпровизации", которые создавались в прифронтовой зоне силами рабочих железнодорожных мастерских и депо.

Согласно приказу Революционного военного совета республики № 416/57 от 18 декабря 1918 года, подписанному Троцким, бронированный поезд с численностью поездной команды 136 человек состоял из паровоза, двух бронированных платформ, вооруженных пушками и пулеметами, подвижной базы из шесть-семь вагонов с черным паровозом для перевозки технического имущества и боеприпасов. Позднее при каждом бронепоезде были сформированы десантные отряды численностью 321 человек.

Стараясь привести все имеющиеся бронепоезда к общему знаменателю, Реввоенсовет в тот же период выпустил специальную инструкцию, по которой все бронепоезда делились на две части:

- боевую: поезд № 1 - две бронированные платформы с паровозом посередине. Вооружение: два трехдюймовых или зенитных орудия, 12 пулеметов и два миномета. Поезд № 2 - две платформы (желательно бронированные) с паровозом. Вооружение: два тяжелых четырех- или шестидюймовых орудия;
- резерв: поезд № 3 - железнодорожный состав для перевозки экипажа и имущества.

Обобщив опыт боевых операций бронепоездов в годы гражданской войны, Реввоенсовет РСФСР 5 августа 1920 года выпустил новую инструкцию, в соответствии с которой все бронепоезда по своему оперативно-тактическому назначению подразделялись на три типа:

- "А" - ударные полевые бронепоезда - сильно бронированные составы, состоящие из бронепаровоза, двух бронеплощадок с двумя трехдюймовыми орудиями и восемью пулеметами на каждой, и базы. Боезапас составлял 1200 снарядов и 216 000 патронов. Команда - 162 человека. Часто их именовали штурмовыми, поскольку предназначались они для решения задач в условиях ближнего боя;
- "Б" - бронепоезда огневой поддержки - легкобронированные, состоящие из полубронированного паровоза, одной бронеплощадки с двумя 107-мм или 122-мм орудиями и четырьмя пулеметами и базы. Экипаж - 57 человек;
- "В" - бронепоезда огневой поддержки - легкобронированные, состоящие из полубронированного паровоза и одной бронеплощадки со 152-мм или 203-мм орудием и двумя пулеметами. Экипаж - 37 человек.

Легкие и полевые ударные бронепоезда предназначались для борьбы с открыто расположенной живой силой и пулеметами противника, для огневой поддержки войск и ведения самостоятельных боевых действий. Тяжелые - для борьбы с объектами противника в его тылу (обстрел штабов, станций выгрузки войск, железнодорожных узлов, переправ), а также огневой поддержки действий легких и полевых ударных бронепоездов. **■**

(Продолжение в следующем номере).



Легкий двухосный бронев вагон с трехдюймовым орудием

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА 100 ЛЕТ НАЗАД

И в этом и в прошлых номерах нашего журнала публикуется достаточно много статей, посвященных перспективной неуглеводородной энергетике. Однако, известно, что новое - это хорошо забытое старое. Листая подшивки "Двигателя" начала XX века, можно узнать очень много 'нїї' хорошо забытого, но очень интересного. Спасибо подарившей нам это знание Политехнической библиотеке Политехнического музея.

Продолжаем знакомить Вас, уважаемые читатели с трудами наших предшественников и родоначальников. Как и обещали: ни сокращений, ни правок стиля не допускаем.

С совершенным почтением. Ваши: издатели журнала "Двигатель"

ВОДЯНОЙ ГАЗ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОГО ГАЗА

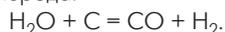
Инженеръ Н.Г. Кузнецовъ, "Двигатель" 3, 1911 г.

Водной газъ въ качествѣ силового газа.

Водяной газ, получивший широкое распространение во многих отраслях промышленности, как в железодельной (сварка), в стекольной (плавление) и осветительной технике (освещение города, отопление, газовая кухня), не имеет до сих пор в качестве силового привода того успеха, которого от него можно было ожидать. К сожалению, вина в этом падает не на водяной газ, а на заводы тепловых двигателей, которые его отодвинули на второй план из-за некоторых довольно значительных затруднений, связанных с применением этого газа. Благодаря этому получилось такое положение, что в тех местах, где имеются газовые заводы для освещения, нельзя соединить заводские двигатели с газовой сетью, а их приходится питать бензином, так как они не приспособлены для работы на водяном газе.

Австрийскому инженеру К. Reitmaier'у несколько лет назад удалось прировнять газовые двигатели существующих конструкций для работы на водяном газе. Но прежде, чем объяснить причину прежних неудач в этом направлении и приступить к описанию выработанного инженером Рейтмейером способа, сначала надо остановиться на свойствах водяного газа.

Последний образуется при пропускании водяного пара через слой раскаленного кокса в генераторе, подобно тому, как во всасывающем генераторе через слой раскаленного горючего пропускается смесь пара и воздуха. В данном случае проводится один только пар, причем происходит распадение последнего и образование окиси углерода.



Смесь освободившегося водорода и окиси углерода и образует водяной газ.

Указанная химическая реакция сопровождается поглощением тепла, так как для разложения пара на кислород и водород требуется приблизительно 57560 калорий. Тепловая потеря, следовательно, выражается в 28970 калориях, которая возмещается периодическим перерывом газообразования (пропускания пара) и свежей задувкой генератора. На практике задувка продолжается две минуты, а газовый период - 6 минут.

Фиг. 134 изображает генератор водяного газа, отличающийся способностью накапливать в столбе кокса весьма большой запас тепла в период дутья: кокс лежит в генераторе, как в открытом ящике, и вдвухаемый воздух проникает в него со всех сторон, образуя почти полное горение. Это достигается тем, что воздух входит только частью в генератор (через трубу 2), а другая же часть его поступает через 3 в кожух генератора, распределяется там в кольцевом канале (5, 6, 7, 8) и только после этого попадает через решетку 4 в слой кокса, где совершается сгорание окиси углерода в углекислоту. На степень полноты сгорания указывает состав продуктов горения, выпускаемых в период дутья через отверстие в дымовую трубу.



Фиг. 135. Сечение генератора сист. Reitmaier.

CO₂ - 17,2%

CO - 5,5%

O - 0,4%

N - остальное

На основании данных этого анализа вычисляется количество накопленного в генераторе тепла каждым 12 кгр. кокса следующим образом:

1.) Количество углерода, требуемое для образования 17,2% CO₂, составляет:

$$17,2 \times 1,977 \text{ (удельный вес)} / 12/44 = 9,28 \text{ кгр. C}$$

2.) Для образования 5,5% CO требуется 5,5 X 1,251 (удельный вес) / 12/28 = 2,95 кгр. C

Освободившаяся теплота составляет

$$9,28 \times 8080 = 74982 \text{ калорий.}$$

$$2,95 \times 8080 = 23836 \text{ калорий}$$

ВСЕГО 98818 калорий

Так как продукты горения уходят с температурой в 600°C, тот они уносят с собой:

$$9,28 \text{ C} + 9,28 \cdot 32/12 \text{ O}_2 = 34,02 \text{ кгр. CO}_2, \text{ или } 34,2 \times 600 \times 0,3 = 6156 \text{ кал.}$$

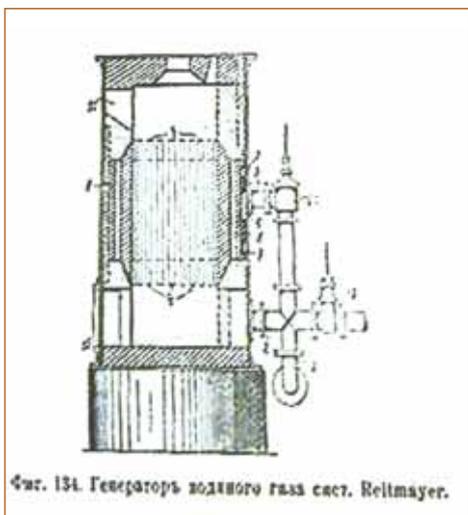
$$2,95 \text{ C} + 2,95 \cdot 16/12 \text{ O}_2 = 6,88 \text{ кгр. CO, или } 6,88 \times 600 \times 0,248 = 1024 \text{ кал.}$$

$$\{(9,28 \times 32)/12 + (2,95 \times 16)/12\} \times 52,9/16 = 94,479 \text{ кгр.}$$

$$\text{N } 94,479 \times 600 \times 0,244 = 13832 \text{ кал.}$$

ВСЕГО 21012 калорий

Остается в генераторе 98818 - 21012 = 77806 калорий, между тем как потеря во время газообразования составляет, как указано выше 28970 калорий на 12 кгр. C. Эта потеря таким образом покрывается с избытком, что на практике выража-



Фиг. 134. Генератор водяного газа сист. Reitmaier.

ется в весьма коротком периоде дутья (3/4 - 1 мин.) и длинном периоде газообразования (около 7 мин.).

Выходящий из генератора газ нуждается еще в очистке, так как кроме серы содержит еще золу и кремнезем. Последний отлагается в виде тонкого белого порошка на стенках генератора и трубопроводов. Этот кремнезем образуется от окисления содержащегося в золе кокса кремневодорода.

Удаление из газа твердого осадка и сероводорода безусловно необходимо. Неполная очистка газа от этих веществ ведет к тому, что цилиндры и поршни быстро теряют свою герметичность, следствием чего является потеря газа в период сжатия, уменьшение степени наполнения, а потому - уменьшение мощности двигателя. Потеря герметичности происходит, с одной стороны под влиянием разъедающего действия на стенки цилиндра и поршня серной кислоты, образующейся от сгорания в цилиндре сероводорода, а с другой стороны, порошкообразный кремнезем, смешиваясь с маслом, образует род наждака, который истирает стенки цилиндров.

Для удаления серы и кремнезема требуется для правильно оборудованной газовой установки два очистителя (фиг. 135); из последних один наполнен гидратом окиси железа для поглощения сероводорода, а другой - деревянными опилками, улавливающими частицы кремнезема. Кроме того, до поступления в очистителя газ промывается в скруббере, где освобождается от золы и охлаждается. Из очистителей газ направляется в резервуар, а оттуда к двигателю. Содержимое очистителей должно обновляться через каждые 5-6 недель; кроме того необходимо производить почаще испытание газа на присутствие в нем серы и кремнезема.

Для этого служит следующий прибор (фиг. 137). Газ подводится посредством гуттаперчевой трубки к а, проходит через регулятор б, установленный на проход 50 литров газа в час, идет по стеклянной трубке с и сгорает в горелке d, снабженной градуированным цилиндром. В стеклянной трубке имеется бумажная полоска, смоченная уксуснокислым свинцом (свинцовым сахаром). Если в газе имеется сероводород, то последний окрашивает бумажку в коричневый или черный цвет. Присутствие кремнезема в газе обнаруживается при помощи куска обыкновенного листового железа (черной жести), который держат над цилиндром; появление на черной поверхности металла белого пятна указывает на присутствие кремнекислоты. Само собой разумеется, что в случае обнаружения указанных элементов в газе, необходимо наполнить очистители свежими реагентами.

Водяному газу приписывается еще тот недостаток, что он имеет склонность давать преждевременные вспышки. При применении электрического зажигания этого, конечно, не бывает, но при зажигании трубкой этот недостаток проявляется довольно регулярно. Объясняется это высоким содержанием водорода в водяном газе, сравнительно с генераторным газом. Устраняются преждевременные вспышки укорачиванием трубки накаливания, или помещением лампы ближе к концу трубки, так как сжатая га-



Фиг. 135. Газовая установка сь двумя очистителями.

зовая смесь при этом позже доходит до раскаленной части трубки; или же помещают лампу ближе к концу трубки.

Остается еще указать тепловой коэффициент полезного действия двигателя, питаемого водяным газом, и стоимость его эксплуатации. Тепловой коэффициент полезного действия, как известно, определяется формулой:

$$N = (T_1 - T_2) / T_1,$$

а действительный коэффициент

полезного действия выводится из теплового эквивалента $Q = 624$ калории на 1 л. силу, деленного на действительный расход единиц тепла.

Так как теплопроизводительная способность газа - 2500 калорий на 1 куб. метр, температура пламени - 1700°C, а температура уходящих газов около 400°C, то при расходе 900 метров газа на силу, получим:

1) Тепловой коэффициент полученного действия

$$N_t = \{(1700 + 273) - (400 + 273)\} / (1700 + 273) = 0,66$$

2) Действительный тепловой коэффициент полезного действия

$$N_w = 635 / 2500 \times 0,92 = 0,276$$

3) Действительное использование

$$(N_w / N_t) \times 100 = 41,9 \%$$

Стоимость эксплуатации 100-сильной установки, доставляющей 1000 куб. метров водяного газа в день или 300 000 куб. метров в год.

15 вагонов кокса по 250 марок.....3750 марок

3 вагона угля для производства пара.....600 марок

1 мастер и помощник.....1800 марок

Очистка газа.....300 марок

Ремонт.....200 марок

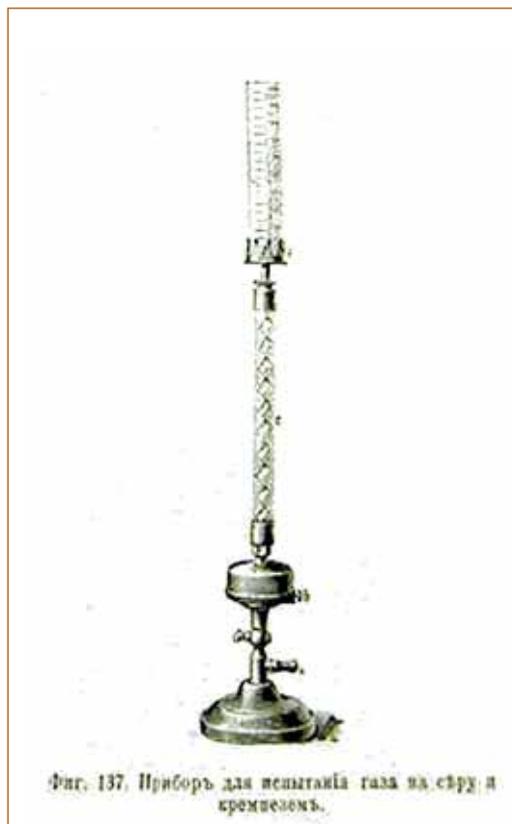
Погашение капитала и % с него

(7 % с 35000 мар.).....2450 марок

ИТОГО.....9100 марок

Стоимость 1 куб. м. газа9100/300000=3.03 пфен.

Стоимость 1 силы-час.....3.03x0.9 = 2.727 пфен.



Фиг. 137. Прибор для испытания газа на сьрду д кремнеземъ.

Городские газовые заводы в Германии взимают 10 пфенигов за 1 кубич. метр водяного газа для промышленных целей. Для тех, кто пользуется покупным газом, стоимость 1 силы-час выразится, следовательно $10 \times 0,9 = 9$ пфен.

В Шенеберге многие мелкие и средние предприятия питаются водяным газом, доставляемым городской центральной газовой станцией, и действие их вполне безукоризненно.

Двигатель, питающийся водяным газом, имеет, по мнению Рейтмейера, большую будущность. Путь, по которому идет развитие городского благоустройства, приведет в ближайшем будущем к слиянию газовой и электрической центральных станций в одну, двигателя которой будут питаться водяным газом и приводить в действие динамомашин. Такая станция, вырабатывая одновременно газовую и электрическую энергию для целей освещения, отопления и передачи силы, имеет на своей стороне преимущество дешевизны оборудования и эксплуатации.

(Подготовка к печати: инженер Д.А. Боев, 06-2006)

ГОРЮЧЕЕ - КАКИМ ЕМУ БЫТЬ?

Александр Идин

(Продолжение. Начало в № 2 - 2006)

В предыдущем номере имела место опечатка. Следует читать: "После того, как в 1871 г. французский инженер Бо-де-Роша предложил организовать работу двигателя по четырехтактному циклу, Отто в том же году его реализовал и вошел в историю как создатель современного двигателя".

"Жидкое топливо делится по своему удельному весу на две группы: тяжелое и легкое.

Важными характеристиками жидкого топлива могут служить температура его кипения и температура вспышки.

Температурой вспышки топлива называется та температура, при которой выделяемые им пары при соприкосновении с пламенем воспламеняются.

Чем ниже температура кипения и вспышки топлива, тем легче его применение в двигателях внутреннего сгорания".

"Нефть представляет собою в химическом отношении смесь углеводородов желтого, зеленовато-желтого или бурого цвета. Нефть скапливается в полостях земли, выходит наружу или же пропитывает песчаники и пески. В некоторых местностях, например, на Кавказе, в Баку, нефть, состоящая из более жидких углеводородов, бьет из земли фонтанами до 40 метров высоту. Однако чаще нефть добывается с помощью артезианского бурения и выкачивается насосами на поверхность земли.

Средний химический состав нефти состоит из:

- углерода С от 82 до 87 %;
- водорода Н от 16 до 12 %;
- кислорода О и серы S от 0,1 до 3,2 %.

Теплопроизводительность нефти от 10 000 до 11 700 калорий.

Вес 800-900 кг/м³".

Кремний в чистом виде пока еще экзотичное и, что немаловажно, довольно дорогое вещество, поэтому изобретатели продолжают поиск новых видов горючего. В прессе появилось даже упоминание о двигателе, создатель которого пытается заставить его работать... на муке. Все это очень похоже на идею Дизеля об использовании угольной пыли в качестве горючего. Конечно, можно заливать в бак все, что горит, но сначала не мешало бы понять, а как все же сгорает то или иное вещество, что надо сделать, чтобы оно горело эффективнее, и как сконструировать двигатель для работы на том или ином горючем.

То, что при горении вещество никуда не исчезает, стало известно еще в XVIII веке благодаря открытию Антуана Лавуазье, обнаружившего, что один из компонентов воздуха (позднее названный им кислородом) химически реагирует с горючим с выделением тепла и образованием продуктов сгорания. Если сначала удавалось обнаружить только конечные продукты сгорания, то сегодня с помощью современных методов анализа можно выявить промежуточные соединения, свидетельствующие о том, что горение - это сложная система молекулярных реакций.

Сложность изучения горения заключается в том, что самые распространенные вещества - уголь, нефтепродукты и природный газ - включают в себя довольно много разнообразных веществ. Уголь, состоящий в основном из элементарного углерода, содержит также ряд других компонентов, как горючих, так и негорючих. Нефтепродукты и природный газ представляют собой смеси углеводородов, также содержащие примеси неуглеводородных соединений. Представляют интерес для изучения и такие вещества, как ацетилен (применяемый для газовой сварки), порошки металлов (используемые в топливных смесях для ракетных двигателей на твердом топливе, в экспериментальных жидкостных ракетных двигателях) и водород (употребляемый в ЖРД и ДВС).

В науке о горении используют термин "пламя", который применяют к любому случайно или намеренно инициированному процессу горения. Пламя можно подразделить на два класса. К первому относятся пламена с предварительным смешением, когда горючее смешивается с кислородом до воспламенения. Так, бензин и воздух (содержащий около 20 % кислорода) смешиваются в карбюраторе обычного двигателя внутреннего сгорания и горят после сжатия и воспламенения искрой в цилиндре. Ко второму классу относятся диффузионные пламена. В этом случае горючее и окислитель контактируют только в зоне горения. Так, например, происходит в камере сгорания жидкостного ракетного двигателя, в который керосин (горючее) и кислород (окислитель) подаются через отдельные форсунки. К диффузионному пламени относится и горение обычной свечи: пары воска и кислород воздуха смешиваются над поверхностью свечи вокруг фитиля.

Пламена обоих типов могут быть как турбулентными, так и ламинарными. Как известно, турбулент-

ность возникает при определенных условиях (см. журнал "Двигатель" № 6 - 2005). Примечательно, что при турбулентном потоке скорость горения возрастает, и именно поэтому турбулентное горение предпочтительнее, когда требуется быстрое выделение тепловой энергии. В связи с этим в двигателях устанавливают специальные устройства - так называемые "турбулизаторы". Ламинарный поток легче описывается математически и обычно более удобен для лабораторных экспериментов. Благодаря ламинарному горению свеча и лучина горят долго.

Как правило, горючее до начала горения переводят в парообразное состояние. В ДВС это частично происходит в карбюраторе, а затем в цилиндре. Частично это происходит потому, что не весь бензин превращается в пар, остается еще довольно много горючего в виде капель разного диаметра. Если предварительного преобразования горючего в пар нет, то имеет место так называемое гетерогенное горение, которое, например, происходит на поверхности горящего куска угля.

Молекулы большинства топлив содержат слишком много атомов для того, чтобы горение протекало в одну стадию. Например, молекула октана (C₈H₁₈) никогда не образует диоксид углерода (CO₂) и воду (H₂O) сразу, соединяясь с окружающими двухатомными молекулами кислорода (O₂) по схеме

$$2C_8H_{18} + 25O_2 \Rightarrow 16CO_2 + 18H_2O.$$

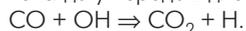
Ни одно топливо так не горит. В действительности расщепление молекул горючего и образование продуктов сгорания происходят последовательно, шаг за шагом. На каждой стадии происходит лишь небольшая перестройка химических связей.

Каждую стадию такого типа называют элементарной реакцией. Различные соединения, образующиеся по ходу процесса, называют промежуточными, а набор всех элементарных реакций, приводящий к суммарному химическому превращению, - механизмом реакции. Уравнение, описывающее суммарную химическую реакцию, проходящую в пламени, не дает никакого представления о реакциях отдельных молекул; лишь уравнения, описывающие элементарные реакции, отражают реальные химические превращения на молекулярном уровне.

Открытие элементарных реакций дает ключ к пониманию процесса горения. Однако, чтобы практически использовать этот ключ, недостаточно идентифицировать конкретные элементарные реакции как возможные химические превращения. Необходимо знать также, насколько велика вероятность того, что участвующие в процессе молекулы действительно прореагируют при столкновении, поскольку не все такие столкновения приводят к реакции. Оказывается, эта вероятность зависит от скорости, с которой молекулы движутся по отношению друг к другу при столкновении. Обычно, чем выше скорость, тем больше вероятность того, что столкновение приведет к химической реакции. Поскольку частота и скорость столкновений молекул зависят от температуры газа, то при повыше-

нии температуры вероятность осуществления реакции возрастает, и часто очень резко.

Эксперименты показали, что промежуточные продукты, принимающие участие в большинстве химических реакций, очень трудно обнаружить по той простой причине, что эти продукты "охотнее" вступают в реакцию, т.е. обладают значительно большей реакционной способностью, чем остальные молекулы. В качестве примера элементарной реакции, играющей очень важную роль в химии пламен, можно привести реакцию превращения оксида углерода в диоксид:



Реакционноспособное промежуточное соединение, вступающее в элементарную реакцию, - гидроксильный радикал (OH) - дает другой реакционноспособный промежуточный продукт - атомарный водород (H). Термин "радикал" используется химиками для обозначения реакционноспособных фрагментов молекул.

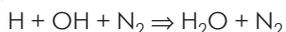
Водород затем вступает в другие элементарные реакции; некоторые из них могут снова привести к образованию гидроксильного радикала, что открывает возможность новой реакции с оксидом углерода. Ввиду повторения некоторых молекулярных превращений реакционный механизм такого типа называется цепной реакцией, а элементарные реакции - реакциями распространения цепи. Атомы и радикалы, принимающие участие в распространении цепи, называют активными центрами цепи. Очень небольшое число активных центров может вызвать большое количество химических реакций.

Реакция инициирования цепи представляет собой элементарную реакцию, в которой одна или две стабильные в обычных условиях молекулы реагируют с образованием одного или двух активных центров цепи. В качестве примера можно указать реакцию



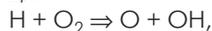
в которой стабильная молекула пропана (C_3H_8) самопроизвольно расщепляется, когда ее энергия достигает большой величины при столкновениях с другими молекулами в горячем газе. Каждый из образовавшихся радикалов C_2H_5 и CH_3 теперь может стать активным центром цепи.

Но могут быть и реакции обрыва цепи, приводящие к противоположному результату. Так, например, в реакции



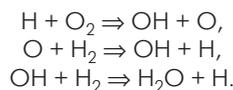
два активных центра цепи (атом водорода и гидроксильный радикал) одновременно сталкиваются со стабильной молекулой азота (N_2) с образованием другой химически стабильной молекулы (воды). Молекула азота выступает здесь в роли второстепенного участника реакции, поглощающего часть энергии, которая высвобождается при образовании новой химической связи в молекуле воды. Если этих реакций достаточно много, то горение становится невозможным. Но так уж устроен мир, что горение все же существует благодаря наличию реакций с разветвлением цепи, т.е. элементарных реакций, в которых число активных центров цепи увеличивается от одного до двух или даже до трех. Очень похоже на цепную реакцию деления ядер урана.

Наиболее важной реакцией с разветвлением цепи является реакция



в которой атомарный водород реагирует с молекулярным кислородом с образованием атомарного кислорода и гидроксильного радикала. После долгих

лет кропотливой работы удалось выяснить большое число элементарных реакций. В экспериментах были обнаружены три элементарные реакции, составляющие главную цепную реакцию водородно-кислородного пламени:

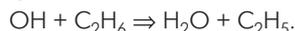


Помимо трех указанных реакций для создания моделей, описывающих взаимодействие водорода с кислородом, нужно учитывать и другие, большая часть которых описывает поведение вторичных промежуточных продуктов - пероксида водорода (H_2O_2), гидропероксильного радикала (HO_2) и озона (O_3).

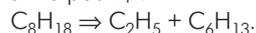
Изучение водородно-кислородных пламен представляют научный интерес при создании ДВС, работающих на водороде, поскольку переход на водородную энергетику возможен в обозримом будущем по экологическим причинам, а в отдаленном будущем станет необходимым из-за истощения запасов углеводородов. Практика использования ракет с кислородно-водородными ЖРД свидетельствует о реальной возможности безопасной эксплуатации автомобилей с этим горючим. Подтверждает это и опытная эксплуатация автомобилей, двигатели которых работают на водороде.

Изучая горение перспективных видов горючего, ученые продолжают исследования традиционных углеводородов. Пока более-менее изучено горючее, содержащее в молекуле всего один-два атома углерода.

Для углеводородных топлив известно большинство элементарных реакций, например, реакция переноса атомов:

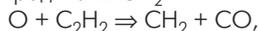


Однако большие углеводородные молекулы обычно не доходят до зоны реакции в неизменном виде, поскольку они подвергаются термическому разложению быстрее, чем диффундируют. Наиболее общий тип разложения состоит в одновременном отщеплении двух атомов углерода. Например, октан разлагается по реакции

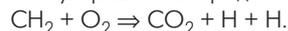


Большая часть промежуточных продуктов с необычным числом атомов водорода, например радикал C_2H_5 , быстро отщепляет один из них и образует в качестве промежуточных продуктов углеводороды класса олефинов, в данном случае этилен (C_2H_4). В других случаях после отщепления водорода могут образовываться промежуточные продукты другого класса, именуемые этинами. Типичным продуктом этого класса является ацетилен (C_2H_2).

Оказалось, что олефины и этины в пламенах вступают в некоторые элементарные реакции, например, в результате реакции кислорода с ацетиленом образуются радикалы CH_2



способные к дальнейшему расщеплению при взаимодействии с молекулярным кислородом:



"Относительно происхождения нефти существуют две теории. По теории Д.И. Менделеева, нефть имеет за собою неорганическое происхождение. По этой теории вода, просачиваясь при высокой температуре через находящиеся внутри земли углеродистые соединения металлов, главным образом железа, разлагается, водород соединяется с углеродом металлов и образует новые углеродистые соединения. По другой теории - Энглера, нефть имеет органическое происхождение из животных или растительных остатков".



"Для очистки сырая нефть нагревается в закрытых больших ретортах. При этом нефть сначала переходит в парообразное состояние. Затем пары нефти проводятся по трубопроводам, охлаждаются в холодильнике, конденсируясь при различных температурах. Таким образом получается ряд продуктов перегонки - погонов разного удельного веса, с разной температурой кипения. Перегонка ведется до тех пор, пока удельный вес вытекающей из холодильника жидкости не достигнет 0,8. Этот погон называется сырым бензином. Сырой бензин подвергается вторичной перегонке в особых кубах и после очистки поступает как бензин в продажу. Далее идет перегонка нефти на керосин до удельного веса 0,85. После перегонки керосина в кубе остается две трети первоначального количества нефти. Эти остатки носят название мазута. Иногда перегонку ведут далее, получая сырое масло удельного веса 0,87 и различные смазочные масла".

Пламя	Химическая реакция	Температура, К	Выделяемая энергия, Дж/кг
Водород - кислород	$2\text{H}_2 + \text{O} \Rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	3100	24 000
Метан - кислород	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	3000	10 000
Метан - воздух	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2200	2700
Октан - кислород	$2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 \Rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$	3100	9900
Ацетилен - кислород	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \Rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	3300	11 800
Циан - кислород	$\text{C}_2\text{N}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO} + \text{N}_2$	4800	6300
Генераторный газ - воздух	$2\text{CO} + 4\text{H}_2 + 3\text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	2400	4100
Метилгидразин - тетроксид азота	$\text{CH}_4\text{N}_2 + \text{N}_2\text{O}_4 \Rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{N}_2$	3000	7500

Режим горения зависит как от горючего, так и от окислителя. Температуры, соответствующие химическим реакциям в данной таблице, относятся к пламенам, горящим при атмосферном давлении. При более высоких давлениях диссоциация продуктов сгорания подавляется и температура пламени возрастает. Приведенные величины энергии, освобождающейся при реакциях, рассчитаны для 1 г смеси топлива и окислителя (включая инертные компоненты в случае воздуха) после охлаждения продуктов сгорания до комнатной температуры. Пламена водорода и циана играют большую роль при высокотемпературных спектральных исследованиях. Генераторный газ представляет собой относительно дешевую горючую смесь, получаемую из каменного угля и воды. Метилгидразин в сочетании с тетроксидом азота в качестве окислителя используется как топливо в двигателях системы ориентации космических кораблей; в отличие от большинства пар топливо - окислитель эти два вещества немедленно воспламеняются при контакте.

"При перегонке нефти получается: бензина от 5 до 7%; керосина от 27 до 33%; солярового масла от 5 до 8%; смазочных масел от 15 до 20%; остатков от 40 до 50%. Продукты перегонки нефти подвергаются очистке, состоящей в обработке серной кислотой и едким натром, промывке водой и отстаивании".

"Бензин является почти исключительным топливом для легких двигателей внутреннего сгорания. Такое широкое применение бензина объясняется прежде всего наличием его в больших количествах на рынке и его хорошими качествами.

Бензин обладает высокой теплопроизводительностью, легкой и быстрой испаряемостью без всякого остатка и образует с воздухом легко воспламеняемую однородную рабочую смесь.

Бензин представляет собою продукт перегонки нефти, удельный вес его от 0,65 до 0,75. Бензин состоит из углеводородов с точками кипения от 60 до 120 °С".

"Качество бензина зависит от относительного содержания в нем углеводородов того или иного ряда. Рыночная стоимость бензина возрастает с увеличением содержания легких погонтов. В зависимости от содержания легких погонтов бензин делится на сорта. Первый сорт бензина иногда носит название газалина. Газолин перегоняется из нефти при температуре 95°. Удельный вес газалина от 0,65 до 0,70. Второй сорт бензина имеет удельный вес от 0,70 до 0,75".

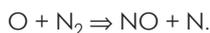
Керосин перегоняется из нефти при температуре в 200 °С. Удельный вес керосина 0,79...0,83. Температура воспламенения 21...28 °С. Теплопроизводительность керосина 10 500 калорий".

Все цитаты заимствованы из книги: Двигатели внутреннего сгорания. Проф. И.В. Грибов. Транслепать НКПС. Москва. 1930.

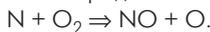
Математические модели горения метана (CH₄) охватывают более ста элементарных реакций. Число элементарных реакций с усложнением молекулы топлива возрастает в геометрической прогрессии и для октана (C₈H₁₈) становится чрезмерно большим для анализа даже с применением мощных вычислительных машин.

Знание элементарных реакций очень помогает при решении проблем с вредными выбросами ДВС и ГТД. Известно, что при горении в атмосферу выбрасываются разнообразные примеси: оксиды азота и серы, не полностью сгоревшие углеводороды, сажа и т.д. При более или менее разумном инженерном подходе эти загрязнения можно уменьшить, изменяя режим горения, используя топлива с низким содержанием азота и серы, подвергая соответствующей обработке топливо перед сжиганием и отходящие газы перед выбросом их в атмосферу.

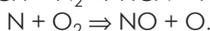
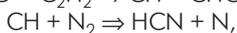
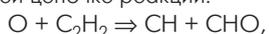
С научной точки зрения цель состоит в том, чтобы узнать, какие элементарные реакции способствуют увеличению и какие - уменьшению содержания примесей в продуктах сгорания. Наиболее понятным процессом возникновения вредных примесей при горении является образование оксидов азота с общей формулой NO_x в очень горячих пламенах (при температурах более 2000 К). Считается, что единственным оксидом азота, образующимся непосредственно в пламенах, является NO. Диоксид азота (NO₂) появляется позже в результате медленной реакции монооксида азота с атмосферным кислородом, которая может идти даже при комнатной температуре. В очень горячих пламенах молекулярный азот воздуха теряет свою инертность и расщепляется атомами кислорода по реакции:



Атомы азота быстро взаимодействуют с молекулярным кислородом с образованием монооксида азота и атомарного кислорода:



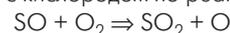
Какой промежуточный продукт имеет достаточную энергию и присутствует в достаточном количестве, чтобы расщепить молекулу азота, пока не выяснено. Предполагают, что это радикал CH, участвующий в следующей цепочке реакций:



Изучение реакций с участием монооксида азота привело к разработке оригинального мето-

да его удаления из отходящего газа, основанный на введении аммиака (NH₃) в отходящий газ на определенной стадии процесса охлаждения. Этот метод достаточно эффективен, но приводит к снижению топливной экономичности двигателя, т.е. к повышению расхода горючего. Его применяют там, где предъявляются жесткие требования по выбросам окислов азота.

Еще одной бедой углеводородного горючего является наличие в нем серы. В результате образуются стабильные молекулы диоксида серы (SO₂), поскольку SO реагирует с кислородом по реакции



даже при комнатной температуре. Сера в газовой фазе образует множество реакционноспособных стабильных соединений. Все они обладают кислотными свойствами и загрязняют атмосферу. Единственный выход в этой ситуации состоит либо в удалении всех соединений этого элемента перед сжиганием, т.е. на стадии получения горючего из нефти, либо в удалении всех кислотных оксидов серы из отходящих газов.

В связи с исчерпанием месторождений нефти и природный газ в перспективе не смогут служить основными источниками энергии. В качестве топлива уже сегодня начинают применять спирт. Вскоре обычным станет синтетическое топливо, полученное из угля, биомассы, сланца, битумных песков и мусора. В последние годы проходят эксперименты по использованию на транспорте диметилового эфира.

Несомненно, что жидкие топлива по-прежнему будут углеводородными, и что их будут сжигать в больших количествах по крайней мере в двигателях транспортных средств, даже если эти топлива будут синтетическими. Дело в том, что до настоящего времени не найдено никакой перспективной замены углеводородным топливам, сочетающим легкость использования с высокой энергоемкостью. Основное различие между традиционными жидкими нефтепродуктами и перспективными синтетическими топливами заключается в том, что синтетические топлива будут содержать меньше водорода и поэтому будут более склонны к образованию сажи. Решать эту проблему придется инженерам-теплотехникам, а исследовать связанные с ней научные проблемы - химикам, специализирующимся на процессах горения. □

(Продолжение следует).

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ТОПЛИВА

Ю.Н. Голунский, В.И. Щедрин, В.А. Локтионов (Саратов)
В.А. Шаров, А.В. Акимов (ФГУП "НИИД", Москва)

Наиболее распространенным датчиком, применяемым в устройствах для измерения уровня топлива, является поплавковый механизм. Поплавок находится на поверхности жидкости, перемещается по мере расходования или поступления жидкости и после преобразования сигнала перемещения во вторичном приборе обеспечивает индикацию уровня на соответствующем указателе.

При замене поплавкового механизма (в случае выхода его из строя) необходимо частично демонтировать топливный бак.

При работе двигателя на сжиженном газе (пропан - бутан) баллон с топливом находится под давлением. При сообщении с атмосферой (для ремонта поплавкового механизма) топливо переходит в газообразное состояние и уходит в атмосферу, усугубляя экологическую и пожарную опасность эксплуатации транспортных средств на сжиженных топливах.

Аналогичная проблема возникает и при работе на экологически безопасном топливе для дизельных двигателей - диметиловом эфире. Кроме того, ряд серийно выпускаемых поплавков взаимодействует с диметиловым эфиром, частично растворяется в нем или попросту теряет плавучесть (тонет).

Проблема решается, если для измерения уровня использовать ультразвуковые технологии. В этом случае датчик крепится снаружи к дну баллона (топливного бака), и детали прибора не имеют контакта с жидкостью, уровень которой в баллоне отслеживает датчик.

Принципиальная схема системы питания двигателя диметиловым эфиром (сжиженным газом или другим жидким топливом) представлена на рис. 1. Как показано на схеме, отбор ДМЭ (жидкой фазы) осуществляется через нижний вентиль. Внизу баллона на наружной его поверхности расположен ультразвуковой излучатель (датчик) 5. Блок 6 осуществляет управление процессами измерения уровня и заправки баллона топливом, прекращая ее при достижении регламентированного уровня посредством электромагнитного клапана 1.

Прибор для измерения уровня на основе ультразвуковых технологий был разработан в 1999 г. и назван "АТЭЛ-1". С июля 1999 г. "АТЭЛ-1" внедряется научно-производственной фирмой "САГА" (Москва), разрабатывающей и устанавливающей на автомобили газобаллонное оборудование.

Ультразвуковой датчик, прикрепленный к дну баллона, периодически излучает зондирующий им-

пульс, направленный вертикально вверх. Измерительный блок определяет интервал времени между моментом излучения зондирующего импульса и моментом приема отраженного от поверхности топлива (поверхности раздела жидкой и паровой фазы сжиженного газа) эхо-сигнала. Электронный блок содержит микроконтроллер, производящий обработку сигнала. Программные средства позволяют учесть форму и размеры баллона или бака, а также обеспечить сопряжение со шкалой любого автомобильного показывающего прибора. В электронном блоке предусмотрена индикация остатка топлива 15 и 5 %.

Измеритель уровня топлива "АТЭЛ-1" работает от автомобильной бортовой сети. Прибор обеспечивает автоматическое заправление заправочного электромагнитного клапана при достижении регламентированного предельного уровня топлива (ДМЭ или сжиженного газа).

После принятия в 2002 г. правительством Москвы постановления о применении на муниципальном транспорте нового экологически безопасного топлива для дизелей - диметилового эфира - прибор "АТЭЛ-1" был установлен на опытные автомобили - рефрижераторы ЗиЛ-5301 "Бычок", топливная система которых была разработана ФГУП "НИИД" (Москва). По результатам эксплуатации в автохозяйстве ГУП "Мосавтохолод" прибор был доработан. Топливная система опытного "Бычка" предусматривает возможность использования двух видов горючего - диметилового эфира и дизельного топлива. При этом для измерения уровня и управления заправкой баллона диметиловым эфиром применяют "АТЭЛ-1", а для измерения уровня дизельного топлива использован штатный поплавковый механизм. Оба измерителя работали на один штатный указатель автомобиля.

Измеритель уровня "АТЭЛ-1" может быть применен для всех видов жидкого топлива при соответствующей градуировке, учитывающей скорость распространения звука в конкретном виде топлива. Так, для дизельного топлива скорость звука составляет 1330 м/с, а для диметилового эфира - 980 м/с. Прибор может быть проградуирован для измерения уровня жидкости (или его объемного и массового количества) в баках различной конфигурации с использованием программных средств.

Стоимость прибора при серийном производстве будет сопоставима с ценой традиционных измерителей.

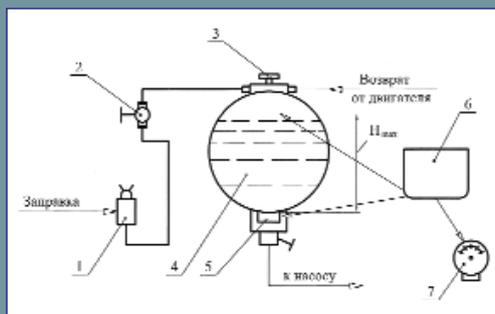


Рис. 1. Схема системы питания и заправки баллона диметиловым эфиром (ДМЭ): 1 - нормально закрытый электромагнитный клапан; 2 - ручной шаровый кран; 3 - вентиль заправки и возврата (мультиклапан); 4 - баллон, заправляемый ДМЭ; 5 - ультразвуковой излучатель; 6 - блок контроля уровня и управления заправкой; 7 - указатель уровня



Рис. 2. Комплект измерителя уровня "АТЭЛ-1": ультразвуковой датчик (УЗД), кабель, измерительный блок БИ-1 (в центре)



Рис. 3. Блок измерения со снятой крышкой и подсоединенным программатором, обеспечивающим необходимую точность градуировки прибора

"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 6 - 2005, № 1 - 2 - 2006)

Тут, наверное, совсем не к месту я рассказал про Шизю. Как сперва сам сделал, а потом получил от отца, можно сказать, фирменное чучело, как я теперь тренируюсь, о чем при этом думаю. Говорил я плохо, путался и почему-то волновался. Но Герман Станиславович слушал и поддакивал:

- Очень занятно, любопытно...

Мы уже давно вышли из школы и тихонько шагали вдоль улицы, как будто не ученик с учителем, а так - приятели. Вдруг он как захохочет! Я даже вздрогнул. С чего бы?

- А можешь вообразить Шизю в школе? Сделать сменную маску: одну надел - я, другую - Юрий Павлович или сам Матвей Семенович... Кто кого хочет, тот того и валтузит. Представляешь?!

- Учиться стало бы некогда, - сказал я, не особенно задумываясь, - очередь бы стояла. Наверняка пришлось бы талончики ввести.

- Ты серьезно? Ты действительно считаешь - мы так невозможно плохо, что только и остается бить?

Ну, лопни мои глаза, если я хотел обидеть хорошего человека! Надо было срочно снимать напряжение, заглаживать неловкость, и я сказал:

- Мы ведь тоже не ангелы, Герман Станиславович.

- Великолепно, Каретников! Вы - тоже! Ну, с тобой не заскучаешь, Кирилл. Теперь я начинаю, наконец, усваивать, почему тебя прозвали Вундеркиндом: ты и есть настоящее чудо природы!

Мы расстались на углу улицы Горького.

Говорить, что в нашей школе все совсем плохо - вранье! Привыкаешь к ребятам, да и учителя попадаются ничего. А если повезет, то и вовсе как Мурад Саидович или Герман Станиславович, например. Но как к школе ни привыкай, как ни мирись, а все равно вопросы остаются. Почему у нас запах, как на вокзале? Для чего дурацкие порядки: не бегай, не прыгай, в раздевалку строем? Кому нужна форма? Что за смысл орать на ребят? Какая польза от вранья и притворства на всех сборах и разных собраниях? Почему на большинстве уроков смертельно скучно? Как спастись от слов? Все только и знают - говорить, говорить, говорить...

Мне неизвестно, кому принадлежит честь изобретения слова "деловитость", но знаю, что в нашей школе процветает дикая "болтовня". И некого спросить, что тут можно сделать, как спастись?..

Лехе да и Димке, наверное, скорее всего, на школьные дела плевать. Они образование закончат, знают, куда двигать дальше, держат в голове, и никаких проблем! А меня все окружающее цепляет почему-то...

17. Мама спрашивает, почему я такой невеселый и задумчивый? Как отвечать? Сказать: "Я мыслю - значит, я существую..."? Или: "Тот, кто постоянно ясен, тот, по-моему, просто глуп..."? Но не для моей матери такое остроумие. Она запросто может и на свой счет отнести, а тогда сразу заведется.

Странный народ взрослые - обожают задавать нам безответные вопросы. Взять хоть маму. Она не только меня донимает такими "почему" и "отчего", она может позвонить своей матери (учтите, бабушке, правда, еще не сто лет, но близко) и поинтересоваться бодренько: "Как делишки?"

Когда слышу, на стенку лезть хочется, прямо бешусь!

Бабушкины делишки ее волнуют! Или бабушка в мелочной лавке торгует? Комбинации с жульем проворачивает? Фарцует? Делишки! Юмор и сатира чистой воды.

Впрочем, на этот раз мне повезло: не успел я ничего ответить - зазвонил телефон. Зазвонил, как взорвался. Мама вздрогнула даже, подняла трубку и тут же общила самым противным изо всех своих голосов:

- Кирилл, тебя! Дама.

Тоже, скажу, привычка: стоит позвонить девчонке - хотя чего тут особенного? - у мамы даже голос меняется. Сами взрослые не одобряют, когда в школе между девчонками и мальчишками конфликты и все такое возникает, а сами нас подначивают.

- Да! - рявкнул я трубку. - Каретников на проводе!

- Ты-ы, ты на проводе? А я на табуретке сижу. Это Рита. Здравствуй. Я сама набирала номер и сама попала к тебе, Кирюша. Ты меня узнал?

- Ясно, - сказал я и чуть не ляпнул: "Как делишки?"

- Кирюша, я звоню за Олю. Она велела узнать, что вам задали по-немецки. Ты говори, я буду повторять, а Оля запишет. Хорошо?

- Хорошо, только я что-то не понимаю: почему она сама не может? Больная?

- У нее только уши больные. Распухли... Ну чего ты толкаешься - я правду говорю!.. Кирюша, это я Ольке, а не тебе... Вот и скажу, и скажу... ей уши прокололи! Дли сережек.

До меня не сразу доходит: Оле прокололи уши, чтобы она носила серьги.

А для чего люди нацепляют на себя кольца, браслеты, бусы и эти самые серьги? Ну, дикари - другое дело: они голые и по украшениям могут только и судить, кто есть кто.

Я рассказал Рите, что задали по-немецкому, она все добросовестно повторила и спрашивает:

- Кирюша, а ты Ольку в сережках будешь еще больше любить?

- Сережки совершенно ни при чем, Рита.

- А можно мне ее позлить?

- Это ваше внутрисемейное дело.

- Значит, ты не против. Скажи, Кирюша, а кто тебе больше нравится - наша Оля или я?

- Не болтай, пожалуйста, всякую ерунду.

- Так и знала. Все-все большие так: молчи, не мешай, не говори глупостей...

Смейтесь надо мной сколько хотите, но, когда я это услышал, меня аж в жар бросило. Может, только тут я понял, что это значит - сгорать со стыда. Я сгорал!

И чтобы как-то хоть немного исправить положение, заорал в трубку:

- Не обижайся, Риточка, и прости меня! Я люблю тебя больше всех на свете! - и сразу повесил трубку.

- Новая пассия? - поинтересовалась мама. - Что-то никакой Риточки до сих пор вроде не было?.. Новое имя, да?

- Между прочим, я и сейчас не стремился сообщать тебе это имя, - вот честное слово, совершенно не хотел я хамить и цепляться к матери, но сама она дала повод. - Тебе что не нравится само имя или пальма первенства, которую я отдал Рите?

- Не нравишься мне, главным образом, ты, Кирилл. То от тебя слова не добиться - тонешь в своих гениальных мыслях, то позволяешь себе черт знает что, не следишь за своим языком, за выражением лица, дерзишь мне, а к стати сказать, и не только мне...

Ну, это... это было уже слишком!

- Если ты имеешь в виду Товарища по работе, не скрываю - целоваться с этим типом я не собираюсь. Подожди! Я знаю, что ты хочешь сказать. Он мне со своими ушами - во! - И я полосанул себя ладонью по горлу - вроде хотел зарезаться. Мать пыталась мне возразить, но я не давал себя перебить:

- Проколи себе уши, повесь голубые серьги! Ты же говоришь: "Ах, голубые камушки! Ах, бирюза - мой цвет..." Вот пусть Товарищ и всхлипывает с тобой вместе. А мне позвольте выйти вон?!

Тут я скомандовал, как Мурад Саидович на физкультуре: "Кру-угом!", повернулся на левой пятке и правом носке, заорал истошным голосом: "Ша-а-агом ма-арш!" - и, под собственного сочинения марш, исполняемый губами, затопал к двери.

Удивительно, мать на этот раз не раскричалась. Вообще вдогонку за мной полетело одно только слово - злой!

Почему же я злой? Чем? И кому от меня плохо? Сама развелась с отцом и считает, что я порчу ей жизнь... Интересно! И еще спрашивает, почему я не веселый, о чем думаю?.. А как тут не думать, как?..

Увидел я его издалека. И первая подлая мысль была - смотаться! Но вовремя сообразил: он меня тоже увидел. Если я рвану когти, Сашка Лапочка подумает, что я его испугался. А чего бояться? Совсем я его не боюсь. Даже ни капли... Противно с таким иметь дело, а так - пожалуйста.

Не знаю почему, но я люблю читать про авиацию, про воздушные бои старых самолетов. Раньше в авиации было вообще много привлекательного: спортивность, личное мужество как норма поведения, быстрота принятия решений... Очень важной считалась в старое время атака на встречных курсах. Она называлась лобовой. Побеждал обыкновенно тот, кто дольше не сворачивал при сближении.

Подумалось: "Сашка Лапочка и я вышли на лобовую". Велел себе: "Не сворачивать!" И не свернул.

- Привет, Кирюха! Не узнаешь, что ли, хмырь? Не рад...

- А чего мне умирать от счастья? Меньше бы напелл капитану Смирнову, так, может, я и порадовался бы.

- Все мусор! Со следа сводил твоего Смирнова. Только зря. Он сам отвалил, как Лехин пахан накололся. Меня предупредили, расписаться заставили, и концы...

А Лехин пахан - кусок. Помнишь, как он про миникоммунизм толкал речь: "Каждый должен себе построить полнейшее изобилие..."

Только теперь до меня дошло: а Сашка-то не один, рядом маячила девчонка. Вроде обыкновен-

ная, только раскраска - я тебе скажу! Глаза в синем, брови зачернены, губы красные, на щеках тоже пятна намалеваны. Но самое чудное: в одном ухе две серьги, а в другом пусто. Чистое другое ухо.

Она заметила, что я ее разглядываю, отшагнула от Сашки, покрутилась, позвенеда браслетами на руке и спрашивает с хмылочкой:

- Ну как, произвожу?

Мне почему-то вспомнилось, как говорил отец: "Главное - не терять чувство юмора, особенно в глупых ситуациях". Поэтому я сперва улыбнулся этой раскрашенной обезьяне, а потом ввернул любимое словечко Лехино папаша:

- Потрясный товар! А помыть - вообще цены не будет! На месте Сашки я бы пропустил тебя через стиральную машину, хорошо бы через "Вятку"...

- Но-но-но! - забормотал вдруг Сашка. - Поосторожнее, хмырь. Я таких шуток над моими девочками не понимаю!

И он стал надуваться, смешно пыжиться - ну-у индюк, чистый индюк!

Пока он так всплывался, я успел понять: а ведь он - враг. Точно. И даже не мой личный, а всех, кто нормально работает, кто живет по правде и хлопочет не только о собственном брюхе. Кажется, еще в самом начале знакомства Сашка распространялся: человечество, мол, делится на умных и дураков. Дураки вкальвают, ишачат, горбатят, тянут лямку, а умные вертятся, комбинируют и живут по способностям... Едва ли он сам сочинил эту "философию", скорее, просто повторял чужие "идеи", но повторял с откровенным и нескрываемым удовольствием.

Можно не сомневаться: себя Сашка относил, естественно, к разряду умных. Теперь и Лехино папашу, изображая пострадавшим, не осуждал, скорее, сочувствовал ему...

А девчонка?

Тоже хороша! Лишь бы ото всех отличиться. Вот на что ей две серьги в одном ухе? Раскрасилась попугаем и думает, весь свет умирает от зависти, когда глядит... А в глазах невесомость.

Пока я тут все это написал, порядочно времени прошло, а в скверике мысли только мелькнули и сразу: "У-у, морды!"

Помогай, Шизя! И я со всего размаху хлестнул Сашку по физиономии. На, паразит! Держи на память...

Он такого не ожидал. Да, по правде говоря, я и сам не думал, что смогу. И получилось прямо по Суворову: удивил - победил! Сашка со своей девчонкой на буксире поспешно смылся.

Да, когда бы не Шизя, сроду мне на такое не отважиться. Во-первых, я никогда не любил и не люблю драться: униительно одолевая человека, хоть и паршивенького, кулаком; во-вторых, я еще и потому избегаю рукопашных выяснений отношений, что постоянно сомневаюсь, смогу или не смогу?



Очень важной считалась в старое время атака на встречных курсах. Она называлась лобовой. Побеждал обыкновенно тот, кто дольше не сворачивал при сближении.

"Покидая зал заседаний", Сашка Лапочка, хотя я спешил, успел мне пообещать плохой жизни в самом ближайшем будущем. Ну что ж, поживем - поглядим.

А пока еще я стоял в скверике, увидел: идет мальчишка, несет полиэтиленовый пакет, в нем золотые рыбки плавают. Важно так шевелят плавниками, вроде удивляются, как это им удастся лететь в своем пузырьке над землей. Им же точно должно казаться: летим! И тут горе - аквариумист разевает рот и шлепается на ровном месте. Пакет - хрясть! Вода вместе с рыбками вытекает на землю.

Еще чуть-чуть - и я бы загудел в пруд, когда набирал воду в пакет этого раззявы. Но как-то все-таки удержался - и галопом наверх. Мешая друг другу, мы поспешно собрали рыбок и засадили их обратно в пакет. Вода была мутная, с илом и грязью, не очень и разглядеть, как они там, золотохвостые, но, кажется, все благополучно поплыли... Говорят: как рыба в воде... Это означает - превосходно, лучше не выдумашь! Но вода-то бывает разная. Этим рыбкам особенно не позавидуешь.

А кому вообще стоит завидовать?

Ежику понятно - зависть считается не самым замечательным качеством. Мама сказала бы: завидовать - стыдно; классная: это недостойное чувство!.. Но на самом деле все кому-нибудь или чему-нибудь обязательно завидуют, только кто умнее - скрывает, а кто глупее - не стесняется открыто говорить.

"Мне бы такой портрет, как у Негоды... Она в "Маленькой Вере" играла", - запросто выдает толстая Клавка и щурится, как кошка.

Конечно, Коротеева так прямо не скажет - она все-таки не только приветствия шпарить умеет, но и соображает маленько. Только я уверен: и она какой-то кинозвезде или другой знаменитости дико завидует. Не сомневайтесь!

Иногда я думаю: вот все шумят - завидовать плохо, завидовать плохо, а сами при этом исподтишка помирают от зависти. Так что хуже - говорить одно, а думать совсем другое или честно завидовать?

Как-то я отца на эту тему стал выпытывать, так он, секунды не думая, отрубил:

- Оба хуже! Что первый вариант, что второй.

Неужели он на самом деле никому, никогда и ни в чем не позавидовал? Даже не верится. Хотя я знаю: папа врать не станет. Лично я не могу не завидовать тем, кто свободно, без колебаний может вступить в

контакт с чужими людьми, легко выступать на собраниях, острить в компании... Меня считают бойким малым, иногда поднимают выше - в нахалы! И никто не догадывается, как на самом деле мне бывает трудно разевать рот на людях, натягивать на себя маску затейника. Честно признаться - так лучше всего я себя чувствую с Ритой: в разговоре, в общении и когда мы молчим тоже...

18. С тех пор, как Товарищ по работе хлопает своими ушами в нашем доме, я почти не вижу отца. Папа звонит, предлагает встретиться, но я вру: занят в школе, иду вроде куда-нибудь с ребятами и так далее. И это не потому, что не хочу его видеть, просто мне боязно - вдруг он спросит: что дома, как мама?.. Могу не удержаться и ляпнуть, а это ни к чему. Хотя, если серьезно подумать - что ему гость нашего дома, раз с матерью разошелся, они же теперь друг другу никто. Да и мать вроде за ушастого не собирается выходить. А приходит Товарищ для общения...

Замучили меня противоречия! В конце концов я сам позвонил отцу и предложил сходить на стадион. Там большой гимнастический праздник устраивали. Участвовали одни звезды. Отец сказал: "Можно", и мы увиделись.

Про дом папа меня не спрашивал, говорили о всяком разном, и скоро я совсем успокоился и тогда спросил:

- А для чего люди, когда женятся, кольца напяливают?

Отец усмехнулся и стал говорить. Получалось - традиция, для крепости семейных уз... Но никакие кольца, печати в паспортах, по его мнению, на самом деле хорошей жизни не гарантируют.

Тут я спросил: а как он считает, что может помочь?

И отец ответил:

- Теперь, Кирюша, я даже точно и не знаю. Раньше мне казалось, если один человек уважает другого, доверяет ему, старается во всем помогать и переживает за него, как за себя, даже больше, чем за себя, - все в порядке! Но чего-то, сынок, я или не понял, или, возможно, упустил... Могу только сказать: в единственном числе - плохая жизнь. Возвращаешься с работы домой и сам спрашиваешь себя: куда иду, для чего? И вообще...

Мне показалось, он хочет сказать еще что-то, но разговор оборвался.

Можно ли вообразить, что обозначает словечко "молчек"? Это Товарищ по работе выдумал так ко мне обращаться - молодой человек! То есть я. А в сокращении ему, наверное, кажется ироничнее! А еще он изводит меня такими финтами:

- Если не возражаете, молчек, я позволю себе задать вам вопрос следующего содержания...

О чем он спрашивает после такого захода, значения не имеет. Мои ответы едва ли его интересуют - он слушает только себя. А задает вопросы, чтобы поговорить, покрасоваться, погусарить... Почему мама не замечает всей его противности? Не понимаю.

На днях пришел раньше обычного, мама с работы не успела вернуться. Досталось мне с ним нос в нос сидеть.

- Ввиду отсутствия Анны Сергеевны, что прискорбно, не могу ли я, молчек, оказать вам посильную помощь в приготовлении уроков?

- Если подскажите, какие металлы тонут в ртути, будет в самый раз, - сказал я, совершенно уверенный: сейчас заплывет!

- Осмий, иридий, платина, золото тонут, - не моргнув глазом перечислил он, - а все остальные всплывают. Надо же! И не поперхнулся.

- Разве вы не гуманитарий? - глупо хмыкнув, поинтересовался я.

- А по-вашему, молчек, гуманитарно с высшим образованием и ученой степенью можно, в смысле позволительно, не разбираться в курсе физики шестого класса? Станный у вас взгляд на образование.



Потом объяснил: он мстит соседям! За что, я не смог понять, очень уж сложная велась война....

Пришлось признать, 1:0 в его пользу!

Слава богу, пришла мама, сразу захопота с угощением, а я тихонько слинял, чтобы им не мешать и самому не заводиться. Вероятно, Товарищ и на самом деле человек образованный. И не грубый, к маме внимательно относится, но я все равно не могу его видеть.

Чем он занимается, точно я не знаю, вроде колу-пает с какого-то края психологию. Почему мне так кажется? Был случай, забыл он какие-то листочки со своими записями. Понятно, я нос туда, извиняюсь, сунул. Мелким-мелким почерком, про такое писание говорят - бисерное, там было зафиксировано:

"Наблюдения могут быть случайными, одноразовыми, систематическими. Наблюдения могут приводить к озарениям, но тут очень велик элемент случайности, и могут идти, так сказать, плавно, превращаясь в систему, то есть в опыты. Решающий успех в последнем случае приносит трудолюбие, терпение, способности. Успех, приносимый озарением, невозможен без гениальности или, на худой конец, без большого таланта".

Текстик этот я, понятно, запомнил. Думаю, по существу тут возразить нечего, все правильно. Только писал эти бисерные строчечки зануда. Нет, не так: "зануда", а еще лучше будет вот так: "ЗАНУДА"!!!

Бабушка мне сто тысяч раз говорила, что я больно легко сужу о людях. И в хорошую, и особенно в плохую сторону запросто преувеличиваю качества окружающих. Надо, мол, сперва пуд соли с человеком съесть и только тогда решать, какой он.

Прикинем. Пуд - шестнадцать кэгэ. Положим, на день - граммов по тридцать. Не много? Тогда выходит, чтобы осилить пуд соли, надо года полтора затратить! Кто знает, возможно, бабушка и правильно говорит.

Мы еще в третьем, кажется, классе учились, когда я пошел после уроков к Мише Вольнову. Он обещал дать какой-то замечательный клей. Макрую бумагу им вроде можно было склеивать, а мы как раз все с ума сходили - делали маски из папье-маше, готовились к новогоднему карнавалу.

Идем по улице нормально, заходим в парадное тоже нормально, ничего не скажу, поднимаемся на второй этаж. Тут Мишка вытаскивает спички, достает одну из коробки и... тык ее в замочную скважину. Оглядывается и вторую - тык, а кончик обламывает.

- Обладдел? - спрашиваю.

А он:

- Бежим.

Потом объяснил: он мстит соседям! За что, я не смог понять, очень уж сложная велась война - родители против родителей, дети против детей, а Мишина старшая сестра Марианна, как он сам выразился, *"всем назло крутила любовь с их старшим сыном Яшкой!"* Кажется, с этого все и началось.

Ясное дело: запихивать спички, портить замок - гадство. Какие на этот счет могут быть сомнения? Но в остальном-то надо бы все-таки разобраться. Сам я вредничать не люблю, но иногда все-таки хочется сотворить бяку. Когда-то я прикинул Ленкин подол к скамейке - хватя - и чуть из юбки не вылетела. Ржон стоял на сто километров вокруг.

- Дурак ты, Кирка! - И не Ленка, специалистка по речам, это сказала, нет, Оля! (Между прочим, единственный раз в жизни меня обозвала.)

И веселиться сразу расхотелось.

Непросто в жизни разбираться, непросто гово-

рить: "Буду делать хорошо и не буду плохо", если только всерьез.

19. Несколько дней Леха в школе не появлялся. Потом пришел, сел за свою парту. Сидел тихо, заплывал, когда вызывали, но выглядел нормально, будто ничего особенного не случилось. Но после занятий дождался меня за углом и спросил без выпендривания:

- Больше со мной контактировать не будешь? Отца под суд гонят!

По правде, я даже растерялся. Первый случай в жизни: знал человека, нравился он больше или меньше, не так важно, и вот, оказывается, этот человек почти преступник... В голове даже не укладывается. Но ответил я сразу:

- Почему не буду? Отец отцом, ты сам по себе.

Леха понял, видать, больше, чем я хотел, скривился и говорит:

- Отец пока дома. Таскают его, следствие идет, но еще не сажают, хотя он уверен - посадят. Лет на пять. А вообще он вроде не очень переживает, хоть и суетится, кому-то в телефон кричит: *"Любишь кататься - люби и саночки возить! Диалектика, старина..."* Но я не верю, что ему совсем не страшно. Знаешь, Кирюха, чему удивляюсь: жили-жили, кое-что я чувствовал - не все идет, как надо, но мне это, скорее, нравилось даже - всего навалом, предки не достают... Красота!

- Скажи, Леха, - спросил я, - твоего отца отец кем был?

- Дедушка Вася? Почему был? Он есть. Живет в Жаворонках, числится за колхозом, что-то сторожит. А ты почему спрашиваешь?

- Просто интересно. Нас учат - сын купца старается халнуть больше. Природа, мол. А почему же крестьянский сын, извиняюсь, тоже имеет... ну, как бы сказать?.. склонность?

- Не знаю, - как отрубил Леха. - Я вообще сейчас туго соображаю. Раньше отец частенько поддавал, теперь - ни-ни. Мать за него норму выполняет! Вчера смотрю - как-то она странно, бочком-бочком передвигается. И заметила, что я на нее гляжу. *"Да, Лешенька, точно, сыночек, - говорит, - под мухочкой я. А что теперь прикажешь? Не обижайся..."*

Мне живо представляется Лехина мать. Она большая, всегда хорошо и богато одетая женщина, про нее не сказать - красавица, но такие бывают... лошади, крупные, гладкие, глаз оторвать невозможно.

- Пойдем к нам, - зову я Леху, сам не зная для чего. Мамы дома еще не было. Обедать тоже не было. Продукты имелись. Я предложил Лехе сообразить обед.

- Как? - удивился Леха. - Неужели ты можешь? Настоящий обед?

А чего тут такого? Отец, когда с нами жил, всегда на кухне возился и меня приучил.

Короче, мы сварили рассольник, сделали котлеты. Для гарнира оттаяли мороженую фасоль и залили яйцом. Из сока черной смородины у нас вот такой кисель получился!

Пока возились, мощно проголодались, так что обед в самый раз пришелся.

Когда, наконец, мать явилась, я ее в коридоре перехватил и быстро-быстро обстановочку прошептал, чтобы она нечаянно на Леху не обрушилась. Мама же считает, что Леха на меня плохо влияет. Но тут она все правильно поняла и разговоривала с Лехой на уровне.

Все испортил телефонный звонок. 

(Продолжение в следующем номере).

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Егор Александрович Дружинин
Дмитрий Николаевич Елисеев**

Система автоматизированного проектирования (САПР, в англоязычном написании CAD System - Computer Aided Design System) - это система, реализующая проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ.

В настоящий момент существует несколько классификационных подгрупп, из них три основных: машиностроительные САПР (MCAD - Mechanical Computer Aided Design), архитектурно-строительные САПР (CAD/AEC - Architectural, Engineering, and Construction), САПР печатных плат (ECAD - Electronic CAD/EDA - Electronic Design Automation). Наиболее развитым среди них является рынок MCAD, по сравнению с которым секторы ECAD и CAD/AEC довольно статичны и развиваются слабо. Рассмотрим процесс развития автоматизированного проектирования в машиностроении.

Современный рынок машиностроения предъявляет все более жесткие требования к срокам и стоимости проектных работ. Проведение конструкторских работ, нацеленных на создание качественной, конкурентоспособной продукции, связано с подго-

товкой точных математических моделей узлов и агрегатов, а также с выполнением огромного объема математических расчетов, необходимых для инженерного анализа конструкций. Основной путь повышения конкурентоспособности предприятия связан с резким сокращением сроков создания моделей и ускорением расчетов математических параметров на всех этапах разработки продукции. Таким образом, применение высокопроизводительных систем автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и инженерного анализа (CAE/CAD/CAM-систем) стало ключевым элементом бизнеса предприятия, работающего на современном рынке машиностроения.

Применение линейки, циркуля и транспортира на чертежной доске привело к технической революции начала XIX века. Успехи обеспечивались традиционными методами плоского моделирования, когда образ объекта или его составных частей наносится на бумагу, кальку или пергамент. Для повышения точности все построения выдерживали в максимально возможном масштабе, при этом погрешность построе-

ний составляла не менее 0,1 мм, а при задании угловых значений - не менее 1 мм на одном метре. Таковы пределы точности при геометрическом моделировании на кульмане. Появление ЭВМ стало благоприятной предпосылкой для развития машинной графики, которая включила в себя дисциплины геометрического моделирования и вычислительной геометрии. Основная их задача состоит в решении геометрических задач в аналитической и вычислительной (алгоритмической) форме.

История САПР в машиностроении разделяется на несколько этапов. Первый этап формирования теоретических основ САПР начался в 50-х годах прошедшего столетия. К этому времени был накоплен ряд научно-практических результатов, показавших принципиальную возможность автоматизированного проектирования сложных геометрических конструкций. В основу идеологии положены разнообразные математические модели, такие как теория B-сплайнов, разработанная И. Шоенбергом (I.J. Schoenberg) в 1946 г. Моделированию кривых и поверхностей любой формы были посвящены работы П. Безье (P.E. Bezier), выполненные в 60-х годах. В этот период сформировалась структура и классификация САПР. Объекты проектирования стали рассматриваться с точки зрения различных областей науки, базовые подсистемы САПР разделились на геометрические, прочностные, аэродинамические, тепловые, технологические, и т. п. впоследствии их стали классифицировать как CAD, CAE, CAM, PDM, PLM.

САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования (собственно CAD - Computer Aided Design) решают задачи, в которых основной процедурой проектирования является создание геометрической модели, поскольку любые предметы описываются в первую очередь геометрическими параметрами (рис. 1).

САПР системы технологической подготовки производства (CAM - Computer Aided Manufacturing) осуществляют проектирование технологических процессов, синтеза программ для оборудования с ЧПУ, моделирование механической обработки и т.п. в соответствии с созданной геометрической моделью.

САПР системы инженерного анализа (CAE - Computer Aided Engineering) позволяют анализировать, моделировать или оптимизировать механические, температурные, магнитные и иные физические характеристики разрабатываемых моделей, проводить симуляцию различных условий и нагрузок на детали.

Как правило, эти пакеты работают, используя метод конечных элементов, когда общая модель изделия делится на множество геометрических примитивов, например тетраэдров (рис. 2). Основными модулями программ анализа являются пре-процессор, решатель и постпроцессор.

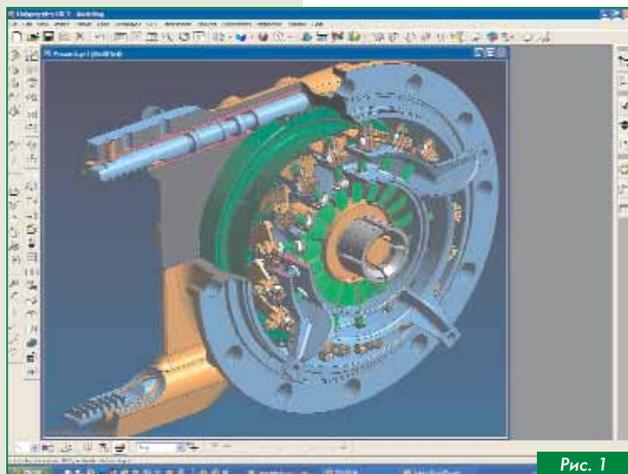


Рис. 1

Исходные данные для препроцессора - геометрическая модель объекта - чаще всего получают из подсистемы конструирования (CAD). Основная функция препроцессора - представление исследуемой среды (детали) в сеточном виде, т.е. в виде множества конечных элементов.

Решатель - программа, которая преобразует модели отдельных конечных элементов в общую систему алгебраических уравнений и рассчитывает эту систему одним из методов разреженных матриц.

Постпроцессор служит для визуализации результатов решения в удобной для пользователя форме. В машиностроительных САПР это форма - графическая. Конструктор может анализировать поля напряжений, температур, потенциалов и т.п. в виде цветных изображений, где цвет отдельных участков характеризует значения анализируемых параметров (рис. 3).

Наконец, системы управления инженерными данными (PDM - Product Data Management) обеспечивают хранение и управление проектно-конструкторской документацией разрабатываемых изделий, ведение изменений в документации, сохранение истории этих изменений и т. п.

На первом этапе развития возможности систем в значительной мере определялись характеристиками имевшихся в то время недостаточно развитых аппаратных средств ЭВМ. Для работы с системами САПР использовались графические терминалы, подключаемые к мэйнфреймам. Процесс конструирования механических изделий заключается в определении геометрии будущего изделия, поэтому история CAD-систем практически началась с создания первой графической станции. Такая станция Sketchpad, появившаяся в 1963 г, использовала дисплей и световое перо. Ее создатель И. Сазерленд в дальнейшем работал в агентстве ARPA и возглавлял департамент анализа и обработки информации, а позже стал профессором Гарвардского университета.

Развитие компьютерной графики сдерживалось не только аппаратными возможностями вычислительных машин, но и характеристиками программного обеспечения, которое должно было стать универсальным по отношению к использовавшимся аппаратным средствам представления графической информации. С 70-х годов прошлого века разрабатывался стандарт графических программ. Стандарт на базисную графическую систему включал в себя функциональное описание и спецификации графических функций для различных языков программирования.

В 1977 г. ACM представила документ Core, который описывал требования к аппаратно-независимым программным средствам. В 1982 г. появилась система Graphical Kernel System (GKS), принятая в качестве стандарта в 1985 г, а уже в 1987 г. был разработан вариант GKS-3D с ориентацией на 3D-графику.

Параллельно с развитием CAD-систем бурное развитие получили CAM-системы автоматизации технологической подготовки производства. В 1961 г. был создан язык программирования APT (Automatic Programming Tools), впоследствии этот язык стал основой многих других языков программирования применительно к оборудованию с числовым программным управлением. Параллельно с работами, проводившимися в США, в СССР Г.К. Горанский создал первые программы для расчетов режимов резания.

Разработанный к 1950 г. метод конечных элементов послужил толчком к развитию систем инженерного анализа CAE. В 1963 г. был предложен спо-

соб применения метода конечных элементов для анализа прочности конструкции путем минимизации потенциальной энергии.

В 1965 г. NASA для поддержки проектов, связанных с космическими исследованиями, поставила задачу разработки конечно-элементного программного пакета. К 1970 г. такой пакет под названием NASTRAN (Nasa STRuctural ANalysis) был создан и введен в эксплуатацию. Стоимость разработки, длившейся 5 лет, составила \$4 млн. Среди компаний, участвовавших в разработке, была MSC (MacNeal-Schwendler Corporation), которая с 1973 г. начала самостоятельно развивать пакет MSC.NASTRAN, впоследствии ставший мировым лидером в своем классе продуктов. С 1999 г. компания MSC называется MSC.Software Corporation. В 1976 г. был разработан программный комплекс анализа ударно-контактных взаимодействий деформируемых структур DYNA-3D (позднее названный LS-DYNA).

Мировым лидером среди программ анализа на макроуровне считается комплекс Adams (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems), разработанный и совершенствуемый компанией Mechanical Dynamics Inc. (MDI). Компания создана в 1977 г. Основное назначение комплекса Adams - кинематический и динамический анализ механических систем с автоматическим формированием и решением уравнений движения.

Широкое внедрение систем САПР в то время сдерживалось высокой стоимостью программных продуктов и "железа". Так, в начале 80-х годов прошлого века стоимость одной лицензии CAD-системы доходила до \$100 000 и требовала использования дорогостоящей аппаратной платформы.

Следующий этап развития ознаменовался началом использования графических рабочих станций под управлением ОС Unix. В середине 80-х годов компании Sun Microsystems и Intergraph предложили рабочие и графические станции с архитектурой SPARC. Фирма DEC разработала автоматизированные рабочие места на компьютерах VAX, появились персональные компьютеры на основе процессоров i8086 и i80286. Эти разработки позволили снизить стоимость CAD-лицензии до \$20 000 и создали условия более широкого применения для CAD/CAM/CAE-систем.

В этот период математический аппарат плоского геометрического моделирования был хорошо "доведен", способствуя развитию плоских CAD-сис-

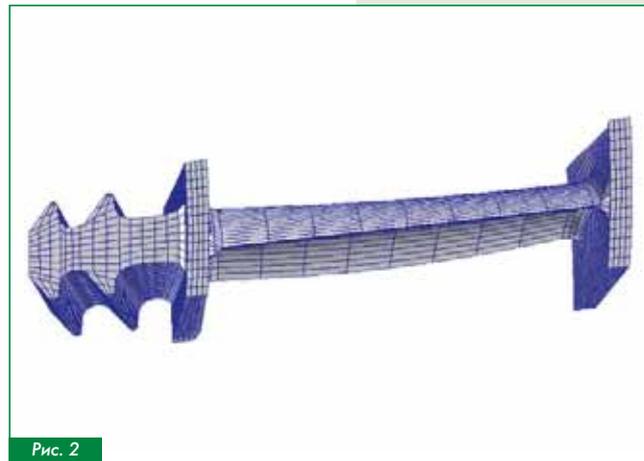


Рис. 2

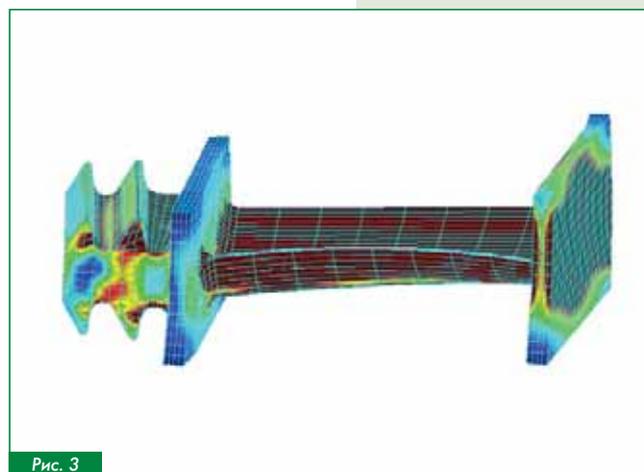


Рис. 3



Рис. 4

тем и обеспечивая точность геометрии до 0,001 мм в метровых диапазонах при использовании 16-битной математики. Появление 32-разрядных процессоров полностью обеспечило потребности плоских CAD-систем для решения задач любого масштаба.

Развитие CAD-систем следовало двум подходам к плоскому моделированию, которые получили название твердотельный и чертежный. Чертежный подход оперирует такими основными инструментами как отрезки, дуги, полилинии и кривые. Операциями моделирования на их основе являются продление, обрезка и соединение. В твердотельном подходе основными инструментами являются замкнутые контуры, а остальные элементы играют вспомогательную роль. Главными операциями моделирования являются булевы объединение, дополнение, пересечение. С развитием технологических подходов к проектированию было введено понятие неаналитических кривых или сплайнов. Сплайны невозможно точно описать системой линейных, угловых и дуговых размеров, табличный способ описания применим лишь к контрольным точкам кривых, но никак не к полному и однозначному описанию объекта. Необходимость работы со сложными поверхностями потребовала усовершенствования шаблонного метода подготовки производства, где основой является мастер-модель. Мастер-модель однозначно отображает геометрию изделия, она изготавливается из материала, имеющего большую износостойкость и минимальные коэффициенты температурного расширения. Передача технологии изготовления на другие предприятия также сопровождалась копированием и передачей мастер-модели.

В 80-е годы прошлого века характеристики использовавшегося для САПР вычислительного оборудования значительно различались. Аппаратной платформой CAD/CAM-систем верхнего уровня были дорогие высокопроизводительные рабочие станции с ОС Unix. Такая техника позволяла выполнять сложные операции как твердотельного, так и поверхностного объемного моделирования применительно к деталям и сборочным узлам из многих деталей. Идеология систем объемного моделирования базируется на объемной мастер-модели; при этом определяется геометрия поверхности не по проекциям отдельных сечений, а интегрально - для всей спроектированной поверхности. Используя модель, можно получить информацию о координатах любой точки на поверхности, а также сформировать плоские изображения: виды, сечения и разрезы. Геометрическая модель позволяет легко получить такие локальные характеристики как нормали, кривизны и интегральные характеристики - массу, объем, площадь поверхности, момент инерции.

Системы объемного моделирования также базируются на двух подходах к построению поверхностей модели: поверхностном и твердотельном. При использовании поверхностного моделирования конструктор определяет изделие семейством поверхностей. При твердотельном способе конструктор представляет изделие семейством геометрических примитивов, таких

как куб, шар, цилиндр, пирамида, тор. В отличие от чертежа модель является однозначным представлением геометрии и количественного состава объекта. Если в сборочном чертеже болт представляется несколькими видами, то в объемной сборке - одним объектом, моделью болта.

Поверхностное моделирование получило большее распространение в инструментальном производстве, а твердотельное - в машиностроении. Современные системы, как правило, содержат и тот, и другой инструментальный набор и позволяют работать как с телами, так и с отдельными поверхностями, используя булевы и поверхностные процедуры.

Принято делить CAD/CAM-системы по их функциональным характеристикам на три уровня (верхний, средний и нижний). В 80-е годы прошлого века такое деление основывалось на значительном различии характеристик использовавшегося для САПР вычислительного оборудования. CAD-системы нижнего уровня предназначались только для автоматизации чертежных работ, выполнявшихся на низкопроизводительных рабочих станциях и персональных компьютерах.

К 1982 г. твердотельное моделирование начали применять в своих продуктах компании IBM, Computervision, Prime, но методы получения моделей тел сложной формы не были развиты, отсутствовал аппарат поверхностного моделирования. В 1983 г. была разработана техника создания 3D-моделей с показом или удалением скрытых линий. В 1986 г. компания Autodesk выпустила свой первый CAD-продукт Autocad - однопользовательскую версию на языке "C" с поддержкой формата IGES. По мере улучшения характеристик персональных компьютеров стало возможным создание сравнительно недорогих систем с возможностями параметрического и ассоциативного 3D-моделирования. Такие системы классифицируются как CAD/CAM-системы среднего уровня. Сегодня деление CAD/CAM-систем на САПР верхнего, среднего и нижнего уровней еще сохраняется. В области автоматизации проектирования унификация основных операций геометрического моделирования привела к созданию универсальных геометрических ядер, предназначенных для применения в разных САПР. Распространение получили два геометрических ядра: Parasolid (продукт фирмы Unigraphics Solutions) и ACIS (компания-разработчик Spatial Technology). Ядро Parasolid было разработано в 1988 г. и в следующем году стало ядром твердотельного моделирования для CAD/CAM Unigraphics, а с 1996 г. - промышленным стандартом.

Необходимость обмена данными между различными системами на различных этапах разработки продукции способствовала стандартизации описаний геометрических моделей. Вначале появился стандарт IGES (Initial Graphics Exchange Specification). Фирма Autodesk в своих продуктах стала использовать формат DXF (Autocad Data eXchange Format). Затем были разработаны язык Express и прикладные протоколы AP203 и AP214 в группе стандартов ISO 10303 STEP (Standard for Exchange Product Model Data). В 1986 г. появился ряд новых стандартов. Среди них CGI (Computer Graphics Interface) и PHIGS P (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) - стандарт ANSI, принятый в качестве стандарта ISO в 1989 г. В 1993 г. компанией Silicon Graphics предложен стандарт OpenGL (SGI Graphical Language), широко используемый в настоящее время.

В упомянутых системах используются графические форматы для обмена данными, представляющие

собой описание изображения в функциях виртуального графического устройства (в терминах примитивов и атрибутов). Графический формат (метафайл) обеспечивает возможность запоминания графической информации, передачи ее между различными системами и интерпретации для вывода на различные устройства. Такими форматами явились SGM - Computer Graphics Metafile, PostScript - Adobe Systems Language, GEM - GEM Draw File Format и др.

Работы по стандартизации были направлены на расширение функциональности графических языков и систем, включение в их состав средств описания не только данных чертежей и 3D-моделей, но и других свойств и характеристик изделий.

Примерами CAD/CAM-систем верхнего уровня являются Unigraphics (UGS, первый вариант разработан в 1975 г.), CATIA (компания Dassault Systemes, 1981 г.), Pro/Engineer (PTC, 1987 г.). К числу САПР верхнего уровня в 90-е годы относились также EUCLID3 (Matra Datavision), I-DEAS (SDRC), CADD5 (Computervision), но их развитие было прекращено в связи со слиянием компаний. Еще раньше система CADD5 была приобретена компанией PTC (Parametric Technology Corp.). Эта компания, штаб-квартира которой расположена в США, была основана в 1985 г. бывшим профессором Ленинградского университета Семеном Гейзбергом.

Третий этап развития начинается развитием микропроцессоров, что привело к возможности использования CAD/CAM-систем верхнего уровня на персональных ЭВМ. Это заметно снизило стоимость внедрения САПР на предприятиях. На этом этапе продолжалось совершенствование систем и расширение их функциональности. Рабочие станции на платформе Windows - Intel не уступали Unix-станциям по функциональности и многократно превосходят последние по объемам продаж. Стоимость лицензии снизилась до нескольких тысяч долларов. В 1992 г. корпорация Intergraph, один из ведущих на тот момент производителей CAD-систем для машиностроения, приняла решение о разработке нового программного продукта, целиком построенного на базе платформы Windows - Intel. В результате в конце 1995 г. появилась система геометрического моделирования Solid Edge. В 1993 г. в США была создана компания Solidworks Corporation и уже через два года она представила свой первый пакет твердотельного параметрического моделирования Solidworks на базе геометрического ядра Parasolid. В 1998 г. к Unigraphics перешло все отделение Intergraph, занимавшееся САПР для машиностроения. В это же время Solid Edge сменила геометрическое ядро ACIS на ядро Parasolid. В 1999 г. появилась шестая версия Solid Edge на русском языке. Временные затраты на разработку крупнейших интегрированных CAD/CAM решений превысили 2000 человеко-лет.

Ряд CAD/CAM систем среднего и нижнего уровня был разработан в СССР и России. Наибольшее распространение среди них получили Компас (компания Аскон) и T-Flex CAD (Топ Системы) и некоторые другие.

Четвертый этап (начиная с конца 90-х годов) характеризуется интеграцией CAD/CAM/CAE-систем с системами управления проектными данными PDM и с другими средствами информационной поддержки изделий.

На этом этапе многие предприятия уже прошли первый этап автоматизации. В основу процессов проектирования и производства была положена геомет-

рическая модель изделия, которая применялась на всех этапах подготовки производства. При такой форме организации производства начинают эффективно функционировать сквозные процессы, опирающиеся на геометрию модели. В первую очередь это подготовка производства

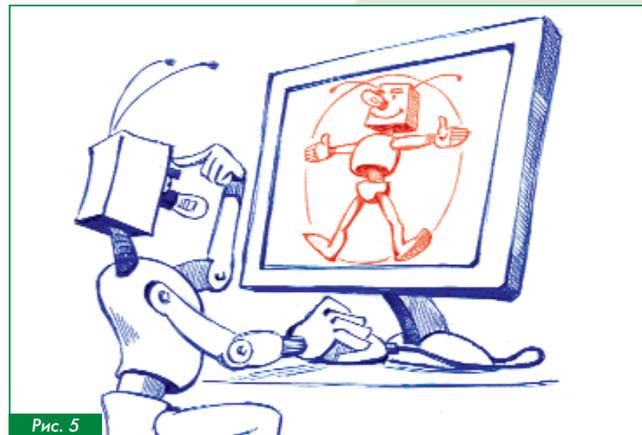


Рис. 5

с помощью САМ-систем. Сложность геометрии современных изделий неуклонно возрастает (см. рис. 4), и изготовление их без геометрической модели практически невозможно. Максимальная эффективность от внедрения САПР достигается тогда, когда система включает в себя не только конструкторское, но и технологическое проектирование.

Сложность управления проектными данными, необходимость поддержания их полноты, достоверности и целостности, необходимость управления параллельной разработкой привели в 80-е годы к созданию системам управления проектными данными PDM (Product Data Management).

В начале 80-х годов компания CDC разработала первую PDM-систему под названием EDL. В 90-х годах активно разрабатывались продукты PDM для САПР в машиностроении. Одной из первых развитых PDM-систем являлась система Ortegra компании Computervision. В этот же период компания Unigraphics Solutions (UGS) совместно с Kodak разработала PDM-систему iMAN. В 1998 г. компания PTC вышла на рынок PDM-систем, купив лицензию Computervision и ее Internet-ориентированную PDM-технологию Windchill. В последние годы происходило быстрое развитие PDM-систем: появились ENOVIA и Smarteam от Dassault Systemes, Teamcenter от UGS и другие.

Среди российских систем PDM наиболее известными являются Лоцман:PLM компании Аскон, PDM STEP Suite, разработанная под НПО "Прикладная логистика", Party Plus компании Лоция-Софт и т.д.

Итак, термин САПР (система автоматизации проектирования) подразумевает комплексный подход к разработке изделия и включает совокупность систем CAD/CAM/CAE. Развитие систем геометрического моделирования, анализа и расчета характеристик изделия сопровождается интеграцией в рамках предприятия. Мировой рынок обособленных CAD/CAM решений уже насыщен, системы близки по функциональности, и темпы роста этого сегмента рынка минимальны. По этой причине происходит усиление интеграции систем CAD/CAM/CAE с системами PDM, которые позволяют хранить и управлять проектно-конструкторской документацией на разрабатываемые изделия, вносить в документацию изменения, поддерживать хранение истории этих изменений. Распространение функций PDM-систем на все этапы жизненного цикла продукции превращает их в системы PLM (Product Lifecycle Management). Развитие систем PLM обеспечивает максимальную интеграцию процессов проектирования, производства, модернизации и сопровождения продукции предприятия и по сути имеет много общего с концепцией интегрированной поддержки жизненного цикла изделия.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОХРАНЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Андрей Иванович Касьян

"Наступит время, когда тщательные и продолжительные исследования прольют свет на вещи, пока скрытые от нас".
Сенека

(Окончание. Начало в № 2 - 2006)

Термодинамика - наука об энергии. Эта феноменологическая наука изучает превращения теплоты и работы друг в друга.

В 1790 г. появился труд М. Пикте (1752-1825) "Опыт об огне", в котором он описывал опыт с "отражением холода". Он установил два вогнутых зеркала из полированного олова на расстоянии 12 футов и поместил в фокусе одного из них лед. Термометр в фокусе другого зеркала показал понижение температуры.

Тепловая машина - это устройство, преобразующее теплоту в работу и действующее циклически.

С законом сохранения энергии, который в термодинамике называется "первым началом", тесно связан другой закон - "второе начало". Он стоит того, чтобы обсудить его более подробно. Развитие в XVIII веке учения о теплоте, накопление экспериментальных данных поставили перед учеными ряд проблем. Как сторонники теплорода, так и сторонники кинетической теории тепла задавали себе вопрос: каковы свойства вещества, не зависящие от тепла?

Английский ученый Д. Блэк (1728 - 1799) писал: *"Все тела, находящиеся в сообщении друг с другом в одинаковых внешних условиях, приобретают одну и ту же температуру"*. Так было сформулировано представление о динамическом равновесии, что укрепило позиции кинетической теории.

Почти на пороге XIX века английскому химику Г. Деви и известному русскому академику В. Петрову (1761-1834) удалось расплавить трением лед (при температуре ниже нуля). Деви пришел к выводу, что теория теплорода несовместима с опытными данными и стал развивать кинетическую теорию, согласно которой теплота представляет колебательные движения частиц тела.

На первых порах развития теплотехники поток знаний шел от практики к теории. Понятия "тепловая машина" не существовало. Д. Уатт (1736-1819), введя конденсатор в паросиловую установку, языком практики обосновал важнейшее положение термодинамики, которое впоследствии сформулировал С. Карно. Но теории как таковой не существовало, хотя зародившиеся островки математических описаний стали объединяться и систематизироваться, в чем состоит заслуга Ж. Понселе (1788-1867).

Второе начало термодинамики открыл Сади Карно (1791-1832). В основу своего рассмотрения он положил невозможность вечного двигателя. В 1824 г. вышло знаменитое сочинение "Размышление о движущей силе огня". Карно поставил перед собой задачу установить причины несовершенства тепловых двигателей. Понятия идеальной тепловой машины, цикла стали исходными идеализациями, обеспечивающими математизацию науки. Глубокие идеи автора не были оценены, и книга осталась незамеченной.

Через десять лет Б. Клайперон (1759-1864) продолжил исследования Карно, впервые изложив их на языке математики. Эти теоретические и экспериментальные исследования содействовали успеху кинетической теории и возникновению науки термодинами-

ки. В настоящее время вряд ли кто сомневается в правильности классической термодинамики, основанной на солидном теоретическом фундаменте - равновесной статистической механике. Но так было не всегда, и следует сказать, что сейчас рамки этой науки узки для решения вновь возникающих задач.

Если исходить из закона сохранения энергии, то можно прийти к выводу, что любой мыслимый процесс, ему не противоречащий, имеет право на существование в природе. Например, передача тепла от холодного к горячему телу. Если при этом не производится работа, а отданное количество теплоты равно полученному горячим телом, то закон сохранения энергии не нарушается. Сколько отдано, столько и получено. Но по опыту мы знаем, что тепло не передается от холодной системы к горячей, а наоборот, переходит из области высоких температур в область низких. Мы знаем также, что газы самопроизвольно перетекают из области высокого давления в область низкого и т.д.

Сади Карно показал, что теплоту невозможно превратить в работу, используя только один источник тепла. Если бы в качестве такого единственного источника теплоты выбрать Мировой океан, то мы получили бы вечный двигатель (второго рода). Поэтому говорят, что невозможно получить работу только за счет охлаждения Мирового океана.

Заслуга Клайперона состоит в том, что он заменил первоначальный цикл Карно другим хорошо известным циклом, состоящим из двух изотерм и двух адиабат, который ошибочно приписывают Карно. Надо также сказать, что Клайперон ввел очень ценный в термодинамических исследованиях графический метод, а также уравнение состояния газа и многое другое.

В 1850 г. вышла работа Р. Клаузиуса (1822-1888) "О движущей силе теплоты", в которой он, используя идеи Карно, но применив другой постулат, сформулировал второе начало термодинамики. Д. Гиббс (1839-1903) писал, что Клаузиус является "отцом статистической механики". Интересно отметить, что математическую теорию, которой воспользовался Клаузиус, до этого разработал известный французский математик Г. Монж (1746-1818).

Развивая свои идеи, Клаузиус предложил очень важное физическое понятие. Рассматривая "вечный двигатель второго рода", можно прийти к мысли о существовании некоторой функции состояния системы (по аналогии с энергией), которая ведет себя таким образом, что построение указанных двигателей стано-

вится невозможным. Аналогия следующая: энергия - функция состояния системы, сохраняющаяся при определенных условиях, энтропия - также функция, но изменяющаяся. Клаузиус ввел эту новую функцию - энтропию (от греч. *τροπή* - превращаю), являющуюся мерой способности превращения теплоты в работу. Клаузиус признавался, что намеренно подобрал термин из соображений созвучности со словом "энергия". Энтропия по смыслу не энергия. Они различаются в своей сущности. Энтропия показывает, в каком направлении протекают процессы теплообмена.

Такого рода функции очень полезны и необходимы в исследованиях, потому что тепло не может свободно перейти от одного тела к другому. Так наряду с "царицей мира" (энергией) появилась ее "первая фрейлина" (лучше - мажордом) - энтропия. Рассмотрим пример. Если один моль (моль - единица количества вещества. В одном моле одноатомного газа содержится $6 \cdot 10^{23}$ атомов, что представляет собой число Авогадро) идеального газа занимал объем V_1 , а после свободного расширения в пустоту - V_2 , то изменение энтропии равно $\Delta S = R \ln(V_2/V_1)$, где R - универсальная газовая постоянная. Закон возрастания энтропии и связанная с этим невозможность обратить ход времени поразили воображение ученых, но введению энтропии они не очень были рады, т.к. она на самом деле "не физична", т.е. не действует на наши органы чувств и ее трудно представить.

При обратимых процессах изменение энтропии равно нулю, при необратимых - положительно. Энтропия есть мера обратимости. Пример необратимого процесса: нагрев холодного тела при его контакте с горячим. Суммарное изменение энтропии всегда неотрицательно. Критерий необратимости отражается знаком неравенства. Надо заметить, что сам по себе знак неравенства не выражает закона термодинамики. Просто при выбранном правиле знаков для количества теплоты знак неравенства ("больше") будет один и тот же для всех необратимых процессов. Энтропийный принцип не требует возрастания энтропии каждого отдельного тела при любом процессе. Может случиться, что энтропия отдельного тела уменьшится (тело отдает теплоту путем теплопроводности). Принцип требует, чтобы возростала сумма всех энтропий. Физические процессы, не создающие энтропии, малоинтересны.

Применение энтропийного принципа предполагает принципиальную возможность вычисления изменения энтропии каждого участника процесса. Подобное вычисление возможно для равновесных или обратимых процессов, когда система претерпевает ряд бесконечно медленно сменяющихся состояний. По современным взглядам энтропия даже такой огромной системы как Вселенная не может превышать некоторой большой величины (зависящей от массы системы и ее размеров и не зависящей от других свойств).

Клаузиус говорил: "Энтропия Вселенной стремится к максимуму". Тем самым он навлек на себя волну критики. Какие выводы следуют из этого положения, мы увидим в дальнейшем.

Чтобы проиллюстрировать сказанное, рассмотрим часть Вселенной, состоящую из Солнца и Земли. Часто говорят: "Хорошо, что Земля получает энергию от Солнца". Но давайте подумаем. Известно, что Земля в свое время была горячей, а потом остыла. А как же солнечное тепло? На самом деле: сколько Земля получает энергии от Солнца, столько отдает.

Иначе бы она непрерывно нагревалась. Совсем другое дело - энтропия. Земля получает энергию от Солнца в низкоэнтропийной форме, а сама при отдаче энергии имеет гораздо больше степеней свободы. Тем самым энтропия Земли увеличивается. Низкоэнтропийная энергия - результат несбалансированного фона неба. Если представить себе, что все небо равномерно облучает Землю со всех сторон (с энергией, равной солнечной), то наша планета должна была бы подобным образом отдавать энергию. Энтропия системы (квазиравновесной) не увеличивалась бы, и жизнь была бы практически невозможной. Итак, темнота ночного неба необходима для существования жизни! В свою очередь, она объясняется расширением Вселенной. Если бы Вселенная не расширялась, то все небо сверкало бы, как поверхность Солнца. При возможном сжатии Вселенной (за миллион лет до "Большого схлопывания", если принять за реально действующую ту модель циклического расширения-сжатия Вселенной, которая сейчас господствует), все небо как раз и будет таким ярким. Звезды перегреются и будут попросту разорваны.

Утверждение второго начала термодинамики встречало критику, так как оно не соответствовало механическим представлениям. Механика всегда рассматривала процессы природы как обратимые. В борьбе за утверждение нового принципа большую роль сыграл английский физик В. Томсон (Кельвин), который ввел широко известную температурную шкалу, не зависящую от вида рабочего тела.

Некоторые ученые (Д. Максвелл, Л. Больцман) предложили рассматривать второе начало не как достоверный закон природы, а как вероятностный. Такой дуализм разделил физиков на два лагеря. Одни считали все законы вероятностными. Другие стремились свести статистические законы к элементарным. Всеобщность принципов термодинамики подвигает ученых на дальнейший поиск причин такой мощи.

Занимаясь термодинамикой, Гиббс пришел к выводу, что "современное состояние развития науки еще очень далеко от построения динамической теории". С работами Гиббса, Л. Больцмана (1844-1906) и других ученых связано дальнейшее развитие термодинамики. В результате обобщения классической термодинамики на область малых отклонений от равновесия возникла неравновесная термодинамика. В настоящее время развивается теория нелинейных процессов в сильно неравновесных системах.

Примером столкновения "интересов" энтропии и других динамических факторов служит эволюция Вселенной. Биография Вселенной от ее рождения до смерти построена на физических законах. Благодаря обстоятельствам современной науки мы можем с большой точностью представить себе и рождение Вселенной, и наше достаточно далекое будущее. Читатель скажет, что произойти может все, что угодно. Не совсем так. На самом деле из всех возможных фактически произойдет лишь определенная доля теоретически допустимых событий. На поведение системы, в том числе и Вселенной, накладываются ограничительные законы сохранения. Закон сохранения энергии должен соблюдаться. Такую же строгость имеет закон сохранения электрического заряда, в котором не сомневается ни один физик. Направляющей силой является второе начало (правда, если сами законы физики изменятся, то все действительно пойдет не так). Большинство ученых не сомневается в антропном принципе. Если говорить очень кратко - это разумное устрой-

Когда в 1872 г. были напечатаны архивы С. Карно, то оказалось, что Карно задолго до Майера и Джоуля сформулировал закон сохранения энергии, вычислил механический эквивалент теплоты. Карно мог бы претендовать (небывалый случай) на открытие сразу двух фундаментальных законов.

Изотерма изображает процесс, идущий при постоянной температуре, например, кипение воды в чайнике. Адиабата подразумевает процесс, идущий без теплообмена с окружающей средой. Система как бы изолирована от окружающей среды. Существует высокоэффективный адиабатный двигатель внутреннего сгорания без системы охлаждения. В этом двигателе все, и газы в цилиндрах, и камера сгорания, и продукты сгорания имеют высокую температуру.

Понятие энтропии можно проиллюстрировать следующим примером. В некотором объеме сверху находятся слои черных шаров, снизу - белых. Если мы начнем их встряхивать, то произойдет перемешивание. Энтропия увеличится. Мы осуществили переход от более упорядоченной системы к менее упорядоченной.

Если по ходу процесса рассматриваемая система находится вблизи состояния равновесия, то такой процесс называется квазистатическим или равновесным. Если процесс может происходить как в прямом, так и противоположном направлении, то он называется обратимым. Равновесный процесс всегда обратим.

Нелинейная термодинамика изменила статус второго начала. Установлено, что возможно не только обычное разупорядочивание системы, но и возникновение новых структур при необратимых процессах (вдали от равновесного состояния). Формулировки второго начала претерпели изменение и отличаются своими предпосылками. Необходимо также отметить, что в настоящее время отсутствует строгое обоснование основных положений статистической физики.

При туннелировании речь идет о частице и потенциальном барьере. Шарик катится с горки, но перед ним возвышенность. Если его скорость (энергия) мала, то он не перекатится через холмик. В области микромира существует вероятность того, что шарик перекатится, даже не обладая достаточной энергией.

ство мира, где каждый уровень организован и связан таким способом, чтобы имелась возможность существования ниже лежащего и более высокого уровня.

Однако даже если процессы не запрещены никакими принципами, то это не значит, что они будут происходить. Например, рассмотрим обычную планету. Ее атомы в принципе могут превратиться в железо (имеющее минимальную потенциальную энергию), если ядра преодолеют электрический барьер. Перегруппировка может произойти посредством квантового туннелирования (прохождении под барьером в туннеле). Этот процесс происходит достаточно часто. Например, туннелирование лежит в основе функционирования полупроводниковых приборов. При туннелировании частицы преодолевают барьер, пройти над которым они не в состоянии из-за недостатка энергии. Такое загадочное поведение является следствием волновых свойств микромира. Преобразование атомов планеты в железо заняло бы примерно 10^{1500} лет, что является слишком большим отрезком времени. Читателя наверно удивило приведенное число. Но ученые оперируют гораздо большими числами. Если операцию возведения в степень обозначить символом deg (действует справа), то число Скъюса, показывающее недооценку простых чисел, получаемых по формуле Гаусса, равно $10\text{deg}(10\text{deg}(10\text{deg} 34))$. Если в каждом кубическом миллиметре нашей Вселенной записать по цифре, то понадобится 100 000 000 000 000 Вселенных, чтобы записать ничтожную толику знаков этого числа. Еще большее время потребовалось бы звезде малого диаметра для того, чтобы посредством туннелирования преобразоваться в черную дыру. Для записи этого числа потребуется столько нулей, сколько протонов в видимой Вселенной. Ясно, что в этих условиях вероятностью преобразования звезды в черную дыру также можно пренебречь. Существует множество других примеров.

Всех волнует вопрос об эволюции Вселенной: будет ли она расширяться вечно или произойдет сжатие? Или о космологической тепловой смерти, когда отсутствует возможность увеличения энтропии. Давайте рассмотрим это несколько подробнее.

В момент зарождения Вселенной энтропия стала увеличиваться, достигнув огромных величин - множество порядков. Со временем она еще больше увеличилась. В первую секунду Вселенная необычайно быстро расширялась (это явление называется инфляцией), так что смежные точки пространства разбегались друг от друга со скоростями, превышающими скорость света. В настоящее время она расширяется с меньшей (по абсолютной величине) скоростью, но с положительным ускорением. Ускорение Вселенной имеет под собой наблюдательную базу - прямые наблюдения, измерения плотности вещества, наблюдения крупномасштабной структуры и т.д. Если принять гипотезу замедления времени (пространство расширяется, время "растягивается", т.е. замедляется), то ускорение очень мало. Откуда вообще могло возникнуть ускорение? В первую секунду расширение происходит под действием вакуума. Слоистая структура вакуума представляет собой систему взаимодействующих субструктур, соответствующих разным полям, непрерывно переходящим друг в друга. Они задают состояние вакуума, который обладает некоей таинственной энергией ("темная энергия") непонятного нам свойства, которая приводит к отрицательному давлению. Вселенная за секунду расширилась в 10^{30} раз, а может быть и больше. Около 4 млрд лет тому назад Вселенная расширя-

лась с замедлением, а затем с ускорением. Темная энергия составляет около 70 % плотности Вселенной. Является ли она вакуумной энергией или другой формой - еще предстоит выяснить. Для исследования этой проблемы в США созданы два научных центра и планируется запуск на орбиту телескопа.

Энергия вакуума может проявиться различными способами. Начиная с некоторого момента частицы, стягивающиеся в материальные сгустки (галактики, пылевые туманности и т.п.) своей гравитацией, стали тормозить расширение. Но когда Вселенная расширилась весьма значительно, влияние этой силы ослабло и опять возникло ускорение.

В зависимости от этой энергии существуют три основных сценария. Первый. Если темная энергия представляется положительной вакуумной энергией, то Вселенная расширяется неопределенно долго, причем масштабный фактор растет быстрее, чем горизонт. Второй. Если энергия определяется медленно меняющимся скалярным полем, то Вселенная расширяется с замедлением. Третий. Вселенной предстоит Большое схлопывание.

Вселенная, которую мы видим сейчас, почти всю свою энтропию содержит в черных дырах. Для черной дыры известна замечательная формула: энтропия пропорциональна площади горизонта.

Если энтропия стремится перевести вещество в наиболее энергетически вероятное состояние, то гравитация действует как собирательная сила. Противоборство между энтропией и теми силами, которые ответственны за динамику (гравитация), определяет эволюцию звезд, галактик и даже Вселенной. Сейчас мы живем в эпоху звезд. Звезды активно рождаются, живут и умирают. В нашей Галактике примерно сто миллиардов звезд и несколько миллиардов планетных (солнечных) систем. Общая масса звезд (видимого вещества) в галактике и Вселенной составляет менее одного процента от плотности замкнутой Вселенной. Иначе говоря, видимого вещества очень мало. Измеряя скорость вращения галактик, можно подсчитать, что большая часть массы находится во внешних гало и существует не в виде обычного вещества, а в некоторой таинственной форме (темная материя).

Когда эпоха звезд будет подходить к концу, ключевую роль станут играть звезды с небольшой массой, которые очень экономно расходуют свое топливо и живут триллионы лет. Но, в конце концов (примерно через 10^{14} лет), и это топливо истощится, прекратится рождение звезд.

Сама Вселенная расширяется и становится более размытой. Некоторые силы, в том числе и гравитация, стремятся собрать вещество Вселенной воедино, не дают расширяться. Если гравитация проигрывает эту битву, то расширение будет продолжаться вечно. Судьба нашей Вселенной зависит от количества ее суммарной массы и энергии.

Гибель Вселенной может произойти разным путем, например, при Большом схлопывании. Не исключен и так называемый "фазовый переход". Предположим, что Вселенная заключена в конфигурацию, в которой энергия вакуума выше, чем основное, более низкое состояние. Опять же путем туннелирования Вселенная может перейти в состояние с более низкой энергией. При этом она переживает фазовый переход, аналогичный переходу жидкости в пар. В каком фантастическом и хрупком мире мы живем! Не исключено, что такой переход уже был (когда менялся знак ускорения расширения). Хотелось бы знать, какова ве-

роятность перехода Вселенной из состояния высокой энергии вакуума в состояние с низкой. Процесс фазового перехода чем-то напоминает рост морозных узоров на стекле. В вакууме образуются и начинают расти пузырьки состояния истинного вакуума. Весь процесс может произойти мгновенно, так как скорость света не ограничивает преобразования пространства. Таким образом, время, необходимое для перехода, займет от 10^{-10} до 10^{-30} секунды. В новой Вселенной могут измениться физические законы или значения фундаментальных констант. Жизнь станет, скорее всего, невозможна. Наша жизнь. Но никто не говорит, что невозможна будет какая-то иная жизнь. Наиболее оптимистичный сценарий имеет место, если космологическая постоянная в настоящее время положительна и Вселенная туннелирует в новое состояние, где энергия вакуума точно равна нулю. В этом случае не исключено возникновение жизни привычного нам типа и дальнейших интересных процессов.

Все хорошее кончается. Если не произошло Большое схлопывание, то примерно через сто триллионов лет запасы газа будут исчерпаны, звезды погаснут и Вселенная предстанет перед человеком в совсем другом виде. Космонавты, осваивающие новые колонии во Вселенной с трудом будут представлять себе небо, освещенное мириадами звезд. Часы, измеряющие темп происходящего, замедляются. Источниками действия во Вселенной становятся звездные остатки и черные дыры. Кроме того, происходит аннигиляция темной материи. Черные дыры питаются зазевавшимися звездами и становятся все жирнее и жирнее.

Все составное может распасться на части. Протон, образованный тремя составляющими частицами, не исключение. К моменту времени 10^{40} лет почти все протоны во Вселенной распадутся, а звездные остатки исчезнут. Если протоны по какой-то причине не распадутся, то им все равно суждено исчезнуть (за большой отрезок времени) от гравитации. Протон - также поле битвы термодинамики и гравитации. Существуют и другие механизмы распада протона. Если более быстрые пути распада не произойдут, то протоны исчезнут в очень отдаленную эпоху - через 10^{140} лет.

Итак, все, что мы считаем обычным веществом, исчезнет, а самыми важными сохранившимися, в конце концов, объектами станут черные дыры. Может ли мир, в котором правят бал черные дыры, существовать в том же смысле, в каком существует наш мир? В библиотеках Суперцивилизации того времени наверняка сохранится подшивка журнала "Двигатель" за 2006 г. Идея состоит в том, чтобы реализовать Супернакопитель энергии-массы довольно экзотического вида. Необходимые для нашей жизни протоны (т.е. вещество) нужно помещать на особую орбиту вокруг черной дыры. Там протоны обитали бы вечно (т.к. время на орбите практически остановлено), даже когда все вещество в остальной Вселенной, где время течет с нормальной скоростью, давно распалось. Чем не накопитель?

Если в эпоху черных дыр возможны компьютеры, то это пахнет цивилизацией. Не исключено, что Суперцивилизация создаст такой компьютер. Возьмем небольшие черные дыры, размером с атом и массой астероида. Направим два потока чисел, записанных с помощью этих черных дыр (единица - черная дыра) в потенциальную яму. При сближении черных дыр они притягиваются и сливаются друг с другом. Это записывается так: $1+1=1$. Таким образом, мы построили логический элемент "ИЛИ". Аналогично можно построить элемент "НЕ" и т.д. Чем не компьютер?

В эпоху черных дыр энергию будут производить особые станции, добывающие ее из гравитационного поля коллапсирующих галактик. Станция сбрасывает к центру черной дыры некоторую массу. Гравитационная потенциальная энергия "балласта" уменьшается, а энергия станции увеличивается.

В эпоху вечной тьмы (примерно 10^{60} лет) черные дыры испаряются (туннелирование), их масса покоя превращается в фотоны и нейтрино. Плотность Вселенной невероятно мала (не забудем, что она непрерывно расширяется). Для плоской Вселенной она составляет 1 частицу на каждые 10^{70} кубических километров (в настоящее время - 1 частица в кубическом метре). Итак, процессы, происходящие во Вселенной, замедляются. Из-за тесной связи с термодинамикой такое состояние называется тепловой смертью. Споры, касающиеся этого факта, могут принимать различные формы. Если говорить о достижении Вселенной абсолютного термодинамического равновесия, то подразумевается классическая тепловая смерть. В отсутствии разницы температур не может функционировать ни один двигатель. Происходит непрерывная потеря информации и т.д.

В контексте современной космологии изменение температуры Вселенной не прекратится. Непрерывно расширяющаяся Вселенная никогда не достигнет истинного термодинамического равновесия. Правда, огромные области могут стать адиабатическими, лишеными способности выполнять работу. Это называется космологической тепловой смертью. Но расчеты показывают, что такое может произойти не раньше периода в 10^{100} лет. В случае плоской Вселенной борьба между гравитацией и термодинамикой переходит в патовую ситуацию.

Рассмотрим аннигиляцию. Она будет продолжаться вечно, но в данной конкретной области Вселенной выделение энергии ею ограничено. Получается, что Вселенная никогда не потеряет своей энергии. Можно надеяться, что она будет доступна для некоторой формы вечной жизни, если не произойдет Вселенного уровня катастрофы (фазовый переход или подобное).

В случае замкнутой Вселенной она может умереть "совсем молодой" (примерно 50 млрд лет) и закончить свою жизнь в Большом схлопывании. Вопрос о глобальной динамике энтропии здесь не стоит. Интересно, что при сжатии Вселенной ее структуры будут подобны структурам при рождении. Почти обратимый цикл. Она избежит тепловой смерти несмотря на то, что структуры испарятся.

Вглядываясь в неопределенное будущее, можно сказать, что нашему уютному миру не суждено существовать вечно, но возможно интересные физические и биологические процессы еще ожидают своего часа, так как уменьшение энергии Вселенной компенсируется имеющимся в распоряжении, по-видимому, практически не ограниченным временем. Для вечности 10^{150} лет - одно мгновение...

(Продолжение следует).



Вакуум - это не пустота, а состояние, в котором геометрия пространства-времени не деформирована. Заметим, что электромагнитные и другие взаимодействия связаны не с искривлением пространства, а с его расщеплением (это расщепление можно себе представить, когда осуществляется операция дифференцирования, т.е. нахождения касательного подпространства).

Скалярная величина (в отличие от вектора) выражается одним числом, например, потенциалом электрического поля. Это поле также обладает энергией, но она несравнима с темной. В одном кубическом сантиметре вакуума могло содержаться больше энергии, чем во всей современной Вселенной.

Фаза - это физически однородная часть системы, отличающаяся своими свойствами от других частей. Например, вода и пар. Фазовым переходом называется переход одной фазы в другую под влиянием каких-то факторов.

Наши дорогие читатели и авторы! ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Должны вас от всей души поздравить с тем, что уже который год подряд наша совместная деятельность признается на самом высоком уровне наиболее качественной.

Дирекция VI Московского международного салона инноваций и инвестиций, объявившая конкурс "Пресса об инновациях", который проводился в рамках этой выставки, вновь отметила деятельность нашего журнала высшими наградами.

В номинации "Лучшая публикация об истории успеха в сфере инновационной деятельности в 2005 году" редакционное интервью с директором УМПО "Потенциал для движения вперед" отмечено СЕРЕБРЯНОЙ медалью, а общая оценка деятельности журнала "Двигатель" в прошедшем году, полученная нами в номинации "Лучшее издание по освещению проблем научно-технологической и инновационной сферы-2005", имеет форму ЗОЛОТОЙ медали!

Мы опять победили и вновь признаны лучшими.

**В этом заслуга и Вас, о которых мы пишем
и Вас, для которых мы это делаем.
Оставайтесь с нами и дальше:**

**Это - интересно,
это - взаимно полезно
и, надеемся,
это - нужно нашей стране.**

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"



ИНФОРМАЦИЯ

Наш давний автор, преподаватель Самарского аэрокосмического университета и директор единственного в своем роде Центра истории авиационного двигателестроения Владимир Андреевич Зрелов на прошедшем салоне "Двигатели" представил новую книгу, посвященную отечественным авиационным ГТД. Мы давно ждали выхода этого труда, пожалуй, наиболее непротиворечивого из всего, что было издано в последнее время. Некоторая сухость изложения (полностью оправданная целевым назначением

книги: учебное пособие для студентов вузов авиационного профиля) компенсируется скрупулезностью изложения и тщательностью подхода к теме. Рассмотрена деятельность практически всех работавших на территории СССР ОКБ, в том числе и тех, которые впоследствии сменили тематику или не занимаются самостоятельными разработками. Жизнь ОКБ хорошо иллюстрирована схемами выпускаемых ГТД.

Книга полностью закрывает тему компоновочных видов и принципиальных схем

отечественных ГТД, а оригинальное представление силовых схем уникально и целесообразно именно в исполнении этого автора. Кстати, редакция горда сознанием того, что впервые в таком виде тема была изложена около пяти лет назад Владимиром Андреевичем именно в нашем журнале.

В.А. Зрелов. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы: Учебное пособие. М., ОАО "Издательство "Машиностроение", 2005, 336 с.: ил. ISBN 5-217-03254. УДК 621.4, ББК 39.15, 3-89.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

На территории РГГУ 22 июня проходил VII Международный форум образовательных технологий "Прикосновение к будущему". В рамках форума представителями РГГУ, Политехнического музея и ЦИАМ было достигнуто согласие о начале археологических исследований на территории Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова.

Информацию об этом уникальном техническом кладе неоднократно публиковал журнал "Двигатель" (№ 3 за 1999г., № 5, 1999, № 6, 2003). Дело связано с судьбой ЦИАМовской коллекции зарубежных авиационных поршневых двигателей 20-50-х годов XX века. В свое время все они были экспонатами развернутой в институте выставки новинок мирового двигателестроения: препарированных поршневых

двигателей, агрегатов, отдельных узлов. Всего экспонатов - более шестидесяти.

В начале 50-х гг. по Минавиапрому был приказ министра (Дементьева) о прекращении всех рассчитанных на перспективу работ, связанных с поршневыми авиамоторами. Промышленность этот приказ исполнила, а ученые бросать обычные темы не торопились: очень много было наработок, да и просто привыкли к своим поршневым. Начальником ЦИАМ в 1954 году был назначен Н.П. Кононенко. Человек военный и решительный, он весьма просто решил проблему перевода ученых на новую тематику. Во внутреннем дворе административного здания во время войны был бункер бомбоубежища, разрушенный после Победы (точнее говоря, по небрежению персонала самостоятельно сгорев-

ший). Оставшуюся после него яму и решили заполнить разным мусором: металлоломом, щебнем, и... экспонатами выставки поршневых двигателей. Дело в том, что металлоломом пункты приема вторичного металла были после войны страшно переполнены, а вести все эти мелочи на свалку себе дороже.

Примерно через год, начальника института сменили, и всем стало не до поршневых раритетов. Со временем вся эта история превратилась в еще одну ЦИАМовскую побасенку (их вообще предостаточно накопилось за более чем 70-летнюю историю института). И вот теперь-таки этой истории суждено, кажется, сдвинуться с мертвой точки. Работы начнутся по окончании периода согласований, а также летних каникул у студентов: основной "ударной силы" РГГУ.



Nano EDM EA 05
 Лучший продукт Японии 2005
 (1 из 10 лучших)

Электроискровая революция свершилась!

**Пионер и лидер
 нанотехнологий в
 металлообработке**

Sodick

- ⇒ Крупнейший в мире производитель - свыше 3000 электроискровых станков в год (больше, чем вся Европа)
- ⇒ Мощнейший научно-технический потенциал, подтверждаемый самым большим в отрасли числом патентов

**Рождение
 линейных
 электроискровых
 наностанков**

**Рождение
 линейных
 электроискровых
 станков**

**Рождение
 зеркальных
 ЭИ технологий**

**Рождение
 керамических
 ЭИ станков**

**Рождение
 ЭИ станков с
 компьютерными
 ЧПУ**

**Рождение
 ЭИ станков с ЧПУ**

**Рождение
 электроискровой
 обработки (Россия, конец 30-х)**

**№ 1 в Японии
 № 1 в мире**



ЭНЕРГИЮ – В ЛЮБУЮ ТОЧКУ РОССИИ!

Нарьян-Мар

ГТЭС-12



ГТА-6PM

Москва

Пенягино

ГТЭС-12



ГТА-6PM

Москва

Зеленоград

ГТЭС-12



ГТА-6PM

Москва
Курьяново

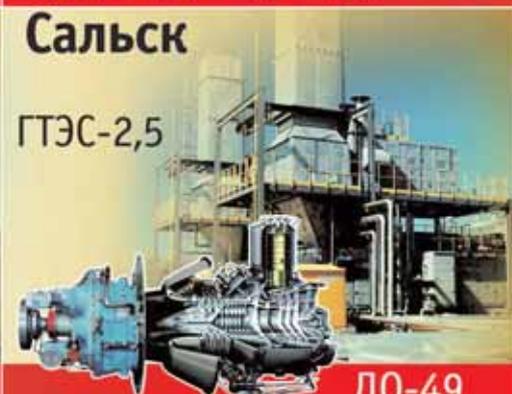
ГТЭС-12



ГТА-6PM

Сальск

ГТЭС-2,5



ДО-49

Дорогобуж

ГТЭС-12



ГТА-6PM

Москва
Перedelкино

ГТЭС-12



ГТА-6PM

Усинск

ГТЭС-24



ГТА-6PM

Иваново
Комсомольск

ПГУ-325



ГТД-110

Новый Уренгой

ГТЭС-2,5



ДО-49

Рыбинск

ГТЭС-12



ГТА-6PM



МЕСТО
ДЛЯ ВАШЕГО
ОБЪЕКТА

МЫ ПРЕДЛАГАЕМ:

- Газотурбинные приводы от 2,5 до 110 МВт
- Газотурбинные энергоагрегаты от 2,5 до 110 МВт
- Энергогенерирующие станции от 2,5 до 325 МВт
- Стратегическое и отраслевое партнерство

ПРЕДОСТАВЛЯЕМ:

- Инвестиции
- Высокие технологии
- Комплексное строительство энергообъектов «под ключ»
- Комплексное технологическое и сервисное обеспечение эксплуатации