

Двигатель

Научно-технический журнал № 1 (43) 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

Пер. № 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. Поэтапная модернизация - эффективный способ повышения технико-экономических показателей и качества газотурбинных двигателей

Ю.С. Елисеев

6. Новые технологии УМПО - шаг в будущее

Ю.Л. Пустовгаров

8. Перспективы применения концентрированных импульсных потоков энергии для изготовления и ремонта деталей машин

А.Б. Белов, А.В. Крайников, А.Ф. Львов, А.Г. Пайкин, В.А. Шулов, В.И. Энгелько, К.И. Ткаченко, Г.Е. Ремнев

10. Испытания первого образца двигателя ПС-90А2

А.Н. Семенов, С.Х. Полатиди, А.В. Ежов

12. В небесах, на земле и на море

А.Л. Аршавский

14. Ракете - вторую жизнь

15. ОАО "Техприбор" в современном двигателестроении

16. Перспективы сотрудничества ООО "Диамех 2000"

с предприятиями авиационной отрасли

И.И. Радчик, Д.А. Успенский

18. Инновационные решения компании Breton

А.В. Трудов

20. Программа DYNAMICS R4.0 для разработчиков турбомашин и систем вибрационной диагностики

22. Анализ работы ГТД по результатам стендовых испытаний

И.Н. Иванов, Б.И. Мамаев

24. К столетию со дня рождения ученого-организатора Валерьяна Романовича Левина

А. Г. Романов

27. 90 лет со дня рождения конструктора авиационных двигателей Валентина Тимофеевича Козырева

28. GLOBATEX AG: Новые станки с компьютерным управлением для технического перевооружения и модернизации предприятий

А.Л. Смирнов, В.С. Полуянов

32. Газотурбинная энергетическая установка ГТЭУ-300

35. Система для проведения испытаний электрических двигателей и сервисного оборудования локомотивов

36. Welcome, abroad (Привет, заграница!)

Л. Ио

40. О сопротивлении среды при обтекании тел

Ю.М. Кочетков

43. Велосипед - машина, а человек в ней - двигатель

М.И. Тымцуник

46. В начале пути. Пароатмосферные машины

В.С. Шитарев

48. Основные принципы сохранения и накопления энергии

А.И. Касьян

52. Буду любить всегда

А. Маркуша



ПОЭТАПНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ - ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КАЧЕСТВА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Юрий Сергеевич Елисеев, генеральный директор ФГУП ММП "Салют"

Распоряжением Правительства РФ № 154-Р от 7 февраля 2006 г. ММП "Салют" сохранен статус "Федерального научно-производственного центра". Научная часть объединения представлена десятью крупными конструкторскими бюро и отделами, семью научно-технологическими и научно-производственными центрами по направлениям технологии производства газотурбинных двигателей, научно исследовательским (НИИД) и учебным (ИЦПС) институтами. Кроме того, "Салют" взаимодействует (в том числе в рамках хозяйственных договоров) с отраслевыми институтами, институтами РАН и с десятью высшими учебными заведениями.

Сегодня на предприятии трудятся 12 докторов технических наук, 36 профессоров, доцентов и старших научных сотрудников, 109 кандидатов технических наук, более 100 аспирантов.

Московское машиностроительное производственное предприятие (ММП) "Салют" является сегодня одним из безусловных лидеров отечественного авиационного двигателестроения. Производимые им двигатели АЛ-31Ф устанавливаются на самом "востребованном" мировым рынком изделия отечественной "оборонки" - истребители Су-27 и его многочисленных модификациях. Вариант указанного ТРДДФ с нижним расположением коробок двигательных (КДА) и самолетных (КСА) агрегатов нашел применение на одновдвигательном китайском истребителе поколения "4+" САС J-10, недавно запущенном в серийное производство.

На "Салюте" разрабатывается и модифицированный двигатель, предназначенный для использования на самолетах типа МиГ-23 и МиГ-27. Несколько сотен этих машин продолжают нести службу в ВВС десятков стран мира, что обеспечивает достаточно обширный рынок услуг по их модернизации.

Однако двигатель АЛ-31Ф создан еще в 1970-е годы и сегодня, несмотря на свои поистине выдающиеся для двигателей четвертого поколения характеристики, уже не полностью удовлетворяет требованиям к ТРДДФ, предназначенным для модернизируемых и перспективных истребителей. В этих условиях ФГУП "ММП" "Салют" совместно с ЦИАМ, ВИАМ и другими отраслевыми научными центрами проводит большую работу, направленную на создание авиационных двигателей, более полно удовлетворяющих запросам нового века.

По мнению специалистов "Салюта", в настоящее время наиболее рациональным путем развития авиационных двигателей является поэтапная модернизация существующих изделий, а также создание новых на базе уже имеющихся модулей и узлов. Реализация подобной схемы позволяет существенно сократить как сроки, так и стоимость разработки, а также снизить технический риск, обеспечивая при этом преемственность поколений авиадвигателей.

Основными тенденциями развития современной боевой авиации, помимо наращивания "интеллектуального" потенциала авиационных комплексов (АК), по-прежнему остается увеличение дальности полета, потолка и маневренности летательных аппаратов (что приводит к утяжелению ЛА). Вместе с тем, все острее ставится проблема ограничения стоимости АК на этапах разработки, производства и эксплуатации.

Указанные тенденции наиболее полно гармонируют с концепцией использования на боевых самолетах ближайшей перспективы модернизированных двигателей, базирующихся на хорошо отработанной серийной конструкции. Такие двигатели позволяют в течение обозримого будущего удовлетворять все возрастающие требования конструкторов летательных аппаратов в отношении тяги и других ключевых параметров, сохраняя в то же время преемственность с уже существующими типами силовых установок.

Развивая один "базовый" двигатель, можно получить достаточно представительный ряд новых изделий, обеспечив тем самым постепенный, эволюционный переход к двигателям следующих поколений, не прерывая при этом цикл "проектирование - производство - продажа".

Подобный подход положен в основу программы модернизации ТРДДФ АЛ-31Ф, реализуемой в настоящее время "Салютом". В этой связи следует заметить, что большое число относительно самостоятельных узлов этого двигателя допускает частичную замену или модернизацию без внесения существенных изменений в конструкцию остальных элементов. Важным моментом является и обеспечение возможности оперативного взаимозамена между программами основного и модернизированного вариантов ТРДДФ в области усовершенствований, связанных с продлением ресурса, усилением деталей, повышением надежности и т.п. Это позволит быстро реализовать нововведения в конструкции деталей и узлов, общих для обоих типов двигателей.

Модернизация двигателя АЛ-31Ф осуществляется в три этапа. При этом каждому этапу должен предшествовать определенный объем экспериментально-проектных и конструкторских работ. Планируется, что двигатели очередного модернизационного этапа будут взаимозаменяемы на борту летательного аппарата с ТРДДФ предшествующего этапа.

В процессе первого этапа модернизации (двигатель 99М1) в конструкцию ТРДДФ введены следующие изменения:

- установлен компрессор низкого давления с увеличенным расходом воздуха;
- температура газов перед турбиной увеличена на 25 °С;
- использован турбостартер повышенной на 15...20 % мощности и высотности запуска, увеличенной до 3,5 км;
- аналоговый регулятор работы двигателя заменен на цифровой.

Двигатель 99М1 к настоящему времени успешно прошел стендовые испытания, заканчиваются летные испытания, ведет-



Главком ВВС Михайлов доволен двигателями "Салюта"

ся подготовка к началу его серийного производства. В результате проведения доработок первого этапа максимальная тяга двигателя возросла с 12 500 до 13 300 кгс. Это позволило улучшить летно-тактические характеристики самолета Су-27. В частности, время разгона уменьшилось в среднем на 15 %.

Второй этап модернизации (двигатель 99М2), являющийся логическим продолжением первого, призван обеспечить прирост тяги до 14 100 кгс. На этом этапе предусматривается более радикальное усовершенствование исходной конструкции. К изменениям первого этапа добавляются следующие:

- применяются высокотемпературные турбины высокого и низкого давления с лопатками пространственного профилирования, имеющими термобарьерное покрытие;

- используется новая, разработанная конструкторами "Салюта", камера сгорания с двухстеночной жаровой трубой. Она обеспечивает организацию горения с высокой полнотой сгорания, надежный запуск без применения кислорода, уменьшенную окружающую неравномерность поля температур на выходе, а также увеличенный ресурс при существенном уменьшении расхода охлаждающего воздуха;

- устанавливается электронно-цифровая система автоматизированного управления с гидромеханическим резервированием.

Следует заметить, что "Салют" успешно провел стендовые испытания на двигателе АЛ-31Ф первой разработанной в России цифровой системы автоматического управления САУ-235С, предназначенной и для перспективных двигателей. Система выполнена с полной ответственностью (т.е. без гидромеханического резерва). Она обеспечивает гибкость в выборе программ управления, позволяет повысить точность их выполнения, оптимизировать их при всех условиях эксплуатации.

Третий этап модернизации (двигатель 99М3) в дополнение к предыдущим изменениям предусматривает внедрение нового трехступенчатого компрессора низкого давления с ширококордными лопатками пространственного профилирования и повышенной (до 4,2) степенью сжатия, что позволяет увеличить тягу до 14 600 кгс.

В ЦИАМ уже проведены испытания нового компрессора. На номинальном режиме подтверждены его основные характеристики: расход воздуха, степень сжатия и к.п.д. Разработаны мероприятия, направленные на повышение запаса устойчивости.

Параллельно с работами, связанными с увеличением тяги и экономичности двигателей семейства АЛ-31Ф, на предприятии создается для этого ТРДДФ всеракурсное сопло с системой управления вектором тяги, проходящее в настоящее время длительные испытания.

Отработанные в процессе модернизации новые конструкторские и технологические решения в дальнейшем предполагается взять за основу при создании авиационных двигателей нового поколения, предназначенных для оснащения перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации (ПАК ФА).

Однако создание современного авиационного двигателя - сложный и дорогостоящий процесс, требующий концентрации усилий поистине в общенациональном масштабе. Необходимо формирование опережающего научно-технического задела, обеспечивающего сокращение в три-четыре раза сроков и стоимости этапов разработки, сертификации и развертывания серийного производства при количестве опытных двигателей не более 8-12.

По мнению руководителей "Салюта", для сохранения конкурентоспособности отечественного двигателестроения необходимо в течение ближайших двух-трех лет обеспечить приоритетное финансирование работ, связанных с созданием научно-технического задела по ключевым технологиям, отдельным узлам, элементам, системам и базовому газогенератору с опережающим увеличением объемов их экспериментальной отработки. При условии широкой кооперации предприятий это позволит уже в 2010-2012 гг. получить семейство конкурентоспособных двигателей нового поколения для самолетов как военной, так и гражданской авиации России. Совместно с другими предприятиями и отраслевой наукой "Салют" сегодня активно работает в этом направлении.



Председатель Совета Федерации Сергей Миронов после знакомства с организацией производства на "Салюте" высказал мнение о необходимости "сесть раз отмерить", прежде чем создавать объединенные авиадвигательные структуры

Однако модернизация АЛ-31Ф и его преемника - далеко не единственное направление работ на "Салюте". Предприятие участвует в разработке и освоении ряда других двигателей в рамках как внутрироссийских, так и международных программ. Так, в настоящее время оно задействовано в программе ТРДД АИ-222-25. Этот двигатель разработан совместно с ЗМКБ "Прогресс" им. Ивченко и объединением "Мотор Сич" при участии ЦИАМ им. П.И. Баранова и других научных организаций.

Двигатель АИ-222-25 предназначен для нового учебно-боевого самолета Як-130 (серийное производство которого организовано на авиазаводе "Сокол" в Нижнем Новгороде), а также ряда других машин. Он является дальнейшим развитием двигателей АИ-25ТЛ и ДВ-2, созданных еще в советское время и используемых на учебно-тренировочных и учебно-боевых самолетах семейства Аэро Водоходы Л-39. В то же время АИ-222-25 - изделие нового поколения, полностью отвечающее современным требованиям к ТРДД данного класса. При его создании широко применялось компьютерное моделирование, электронные макеты, математические модели деталей и узлов, использовались самые современные пакеты прикладных программ в области газовой динамики и прочности двигателя, разработанные научными центрами России и Украины.

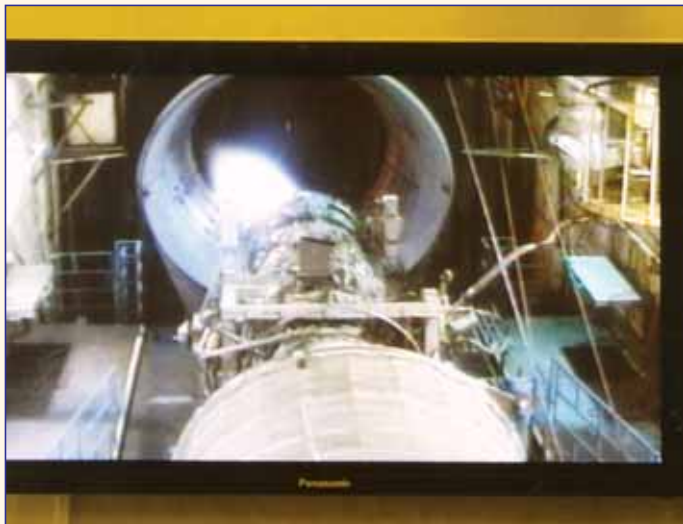
Модульная конструкция основных узлов двигателя, высокий уровень унификации АИ-222-25 с ранее созданными серийными ТРДД позволяют значительно уменьшить расходы на разработку и освоение двигателя в серийном производстве, обеспечивают значительное снижение затрат на его эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

В конструкции ТРДД использованы моноколеса вентилятора типа "блиск", диски турбины, изготовленные с применением гранульной технологии, титановое литье, высокопрочные синтетические материалы, лопатки турбины из монокристаллических сплавов и т.п.

Двигатель АИ-222-25 оснащен современной цифровой двухканальной САУ типа FADEC, выполняющей не только функции управления запуском, дозирования топлива, управления поворотным направляющим аппаратом компрессора, но и обеспечивающей контроль состояния узлов ТРДД. Запуск двигателя осуществляется компактной автономной ВСУ ТА14-324, разработанной на НПП "Аэросила".

Двигатель может работать как на отечественных, так и на зарубежных топливах и маслах. Масляная система обеспечивает его работу при любых эволюциях самолета, в том числе и при отрицательных перегрузках.

Изготовление АИ-222-25 осуществляется с широким применением обработки на многокоординатных станках с ЧПУ, созданием пресс-форм и моделей методами объемного прототипирования (стереолитография, термоджет), контролем формы и размеров деталей на сенсорных и лазерных электронных и измерительных машинах, а также других наиболее современных технологий.



Испытания АЛ-31Ф-М1-П с управляемым вектором тяги

Двигатель АИ-222-25 обладает хорошими перспективами дальнейшего развития. В частности, ведется разработка бесфорсажных модификаций ТРДД с повышенной до 2800...3000 кгс тягой (это достигается путем повышения температуры газа перед турбиной и улучшения газодинамических характеристик проточной части компрессоров и турбин). Прорабатываются и форсажные варианты (в том числе и с системой УВТ), позволяющие увеличить тягу до 5000 кгс. Такие ТРДДФ могут найти применение на легких боевых и учебно-бо-

евых самолетах нового поколения, имеющих хорошие перспективы на мировом авиационном рынке.

Еще одна потенциальная область применения двигателей семейства АИ-222-25 - беспилотные летательные аппараты (БПЛА), развивающиеся в последние годы поистине стремительными темпами. О перспективности работ в этом направлении свидетельствует тот факт, что ряд авиационных специалистов с мировыми именами называют боевые и разведывательно-боевые БПЛА "техникой шестого поколения".

ФГУП "ММПП "Салют" участвует в ряде других российско-украинских программ разработки и производства авиационных двигателей. Среди них - ТРДД Д-436 (предназначенный для установки на самолете-амфибии Бе-200, перспективных ближне- и среднемагистральных лайнерах Ан-148 и Ту-334, а также модернизированном Як-42), винтовентиляторный двигатель пятого поколения Д-27 (им оснащен российско-украинский оперативно-тактический военнотранспортный самолет Ан-70), турбовинтовой двигатель АИ-500, предназначенный для установки на легких летательных аппаратах различного назначения и, в частности, на амфибии Бе-103, производимой в Комсомольске-на-Амуре.

Сегодня "Салют" находится на острие научно-технического прогресса в области авиационного двигателестроения. Работы, проводимые коллективом этого предприятия, способствуют сохранению нашей страны в числе весьма немногих высокоразвитых государств, способных самостоятельно разрабатывать и производить авиационные газотурбинные двигатели. Можно без преувеличения сказать, что ФГУП "ММПП "Салют" является сегодня одним из гарантов экономической независимости и обороноспособности России.

НОВОСТИ ARBYTE

12 декабря 2005 г. компания Silicon Graphics объявила, что компания Ford Motor внедрила в трех своих центрах новые вычислительные мощности для более эффективной исследовательской работы и дизайнерских разработок. Вычислительные комплексы построены на базе систем хранения данных SGI® InfiniteStorage и серверов SGI® Altix®. Новое оборудование позволяет сократить время доступа к данным и время выполнения вычислений при использовании различных приложений для инженерного анализа. С помощью этих систем специалисты Ford Motor намечают усовершен-

ствовать свои модели оценки стойкости к ударным нагрузкам, полноты сгорания топлива и безопасности пассажиров.

"Выбор технологий SGI компанией Ford - это признание достоинств Silicon Graphics, - заявил Брайан Сэмюэлс, высокопоставленный менеджер SGI. - Наши взаимоотношения с Ford и другими компаниями позволяют нам лучше понять, как добиваться практических решений, которые в полной мере будут способствовать нашим заказчикам в их разработках".

Корпорация SGI, также известная как Silicon Graphics, Inc. (NYSE: SGI), является лидером в областях высокопроизводи-

тельных вычислений, визуализации и хранения данных. Позиция SGI - поставлять технологию, которая позволяет осуществлять наиболее существенные научные и творческие прорывы XXI века. SGI посвящает себя работе над проблемами научных, инженерных и творческих пользователей. Офисы компании разбросаны по всему миру, штаб-квартира расположена в Mountain View, Калифорния. Функции представительства SGI в России и странах СНГ выполняет группа компаний Arbyte. Узнайте больше о технологиях Silicon Graphics на сайтах www.sgi.com и www.arbyte.ru

9 декабря 2005 г. компания Silicon Graphics сообщила о внедрении в авиационной корпорации Sikorsky Aircraft вычислительной компьютерной сети, основанной на использовании серверов и систем хранения информации, которые разработаны SGI. С их помощью специалисты Sikorsky будут изучать поведение виртуальных прототипов летательных аппаратов в генерируемой компьютером среде. Корпорация Sikorsky, которая сегодня является подразделением United Technologies Corporation, - мировой лидер в проектировании, производстве и обслуживании современных вертолетов, предназначенных для использования в коммерческих и военных целях.

Инженеры корпорации Sikorsky получили в свое распоряжение систему SGI® Altix® 3700 Bx2, включающую 128 процес-

соров Intel® Itanium® 2, подсистему SGI® Altix® 350 с тридцатью двумя процессорами и банк памяти SGI® InfiniteStorage объемом 9 Тб. Возможности системы позволяют разработчикам подвергать цифровые модели лопастей новых вертолетов всем видам нагрузок, которые они будут испытывать в реальном полете.

Требования компьютерной безопасности диктуют правило разделения компьютерных ресурсов для разных проектов, для чего один проект не должен быть связан с другим. В прошлом это означало, что серверы могли работать каждый раз только с одной задачей. SGI Altix позволяет специалистам корпорации Sikorsky разделять ресурсы процессоров и памяти системы на отдельные части, эффективно обеспечивая совершенно не связанные между собой платформы, в интересах

каждого проекта. Для того чтобы поддерживать проекты, обрабатываемые на Altix, корпорация Sikorsky также закупила 9TB дисковый массив SGI InfiniteStorage TP900. Гибкость решения с хранилищем, подключаемым напрямую, также является ключевым преимуществом для инженеров Sikorsky, которые могут отвести терабайт или более на каждый проект.

Серверы SGI Altix и технология InfiniteStorage особенно хорошо подходят для сложных инженерных приложений, используемых в Sikorsky, в значительной степени благодаря архитектуре SGI NUMAflex™ третьего поколения. Эта уникальная архитектура с глобально доступной памятью позволяет инженерам держать полные пакеты данных в памяти, давая возможность производить их быстрый интерактивный анализ.

10

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



CAD
оптимизировано

UGS, Autodesk, Dassault Systemes, PTC, AECO

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



Минск	Белфорт (017) 234-20-54
Набережные Челны	Белфорт (8552) 39-85-25
Нижний Новгород	Онлайн (8312) 18-46-46
Новосибирск	Арбайт Компьютера Сибирь (3832) 12-57-79
Оренбург	Белфорт Копикомпани (3532) 70-30-64
Орск	Контакт Плюс (3537) 25-05-98
Санкт- Петербург	Симета Плюс (812) 235-17-75
Смоленск	Копикомпани (0812) 55-50-39
Улан-Удэ	ИАЦ г. Улан-Удэ (3012) 43-62-25
Уфа	Белфорт (3472) 25-37-77
Чебоксары	Копир-Сервис (8352) 74-11-00



Intel, processor Intel, Intel Inside, processor Intel Inside, Intel Core, processor Intel Core, Pentium & Intel Xeon are either trademarks or registered trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries in the United States and other countries. All other trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УМПО - ШАГ В БУДУЩЕЕ



Юрий Леонидович Пустовгаров, генеральный директор ОАО "УМПО"

Открытое акционерное общество "Уфимское моторостроительное производственное объединение" - одно из крупнейших в России двигателестроительных предприятий, основанное в 1925 году, удостоенное свыше 30 правительственных наград, в том числе двух

орденов Ленина и ордена Боевого Красного Знамени, шести международных и 18 российских конкурсных и выставочных наград, занимает неизменно высокие позиции в рейтинге крупнейших предприятий России при положительной динамике товарного выпуска продукции.

В ОАО "УМПО" работают более 18 тыс. рабочих, специалистов и служащих.

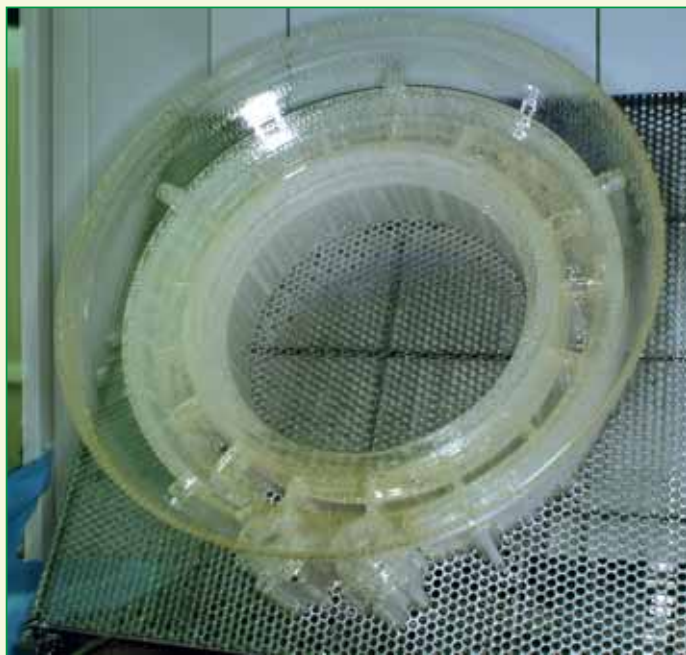
В настоящее время из авиационной тематики УМПО производит турбореактивные двигатели самолетов семейства Су-22, Су-25, Су-27, Су-30, Су-34, МиГ-21, МиГ-27, двигатель Д-436ТП для самолета-амфибии Бе-200, а также узлы трансмиссии для вертолетов типа Ми-26, Ка-32.

Новым направлением производственной деятельности ОАО "УМПО" является изготовление газотурбинных двигателей промышленного применения. На базе авиационного двигателя АЛ-31Ф освоено производство газотурбинного привода АЛ-31СТ, применяющегося в составе газоперекачивающих агрегатов мощностью 16 МВт, и АЛ-31СТЭ для блочно-модульных электростанций мощностью 20 МВт.

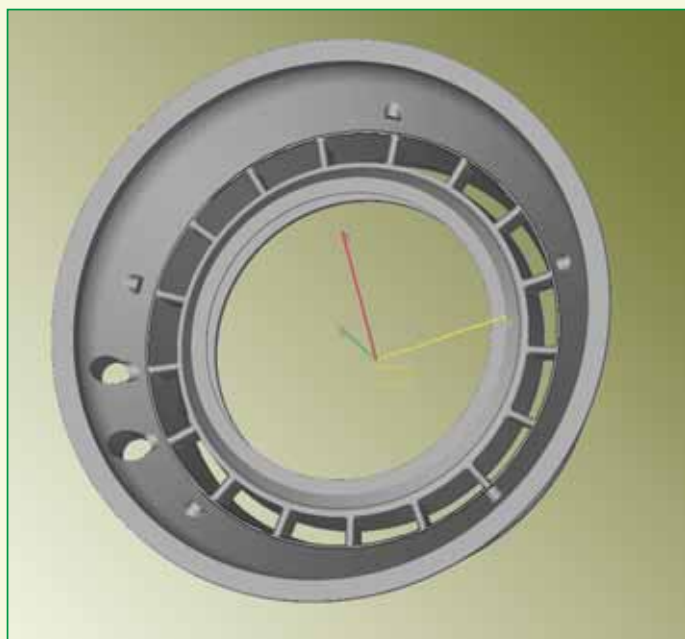
Совместно с ОАО "НПО "Сатурн" идет изготовление узлов нового двигателя АЛ-55И для учебно-тренировочного самолета.

Постановлением правительства Российской Федерации ОАО "УМПО" включено в состав предприятий, задействованных в серийном производстве авиадвигателя пятого поколения для перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации.

УМПО обеспечивает полный комплекс услуг по техническому сопровождению своих изделий: послепродажное гарантийное обслуживание, ремонт модулей, узлов и двигателей с восстановлением всех эксплуатационных характеристик, обучение персонала, модернизацию ранее выпущенной техники. Значительную долю составляет выпуск высокотехнологичной гражданской продукции, наукоемких изделий бытового назначения и товаров повседневного спроса.



Выжигаемая модель диффузора, полученная на установке SLA - 7000



Объемная математическая модель диффузора двигателя АЛ-55И



Отливка диффузора, полученная по выжигаемой модели



Вид камеры построения установки SLA - 7000



Платформа построения установки SLA - 7000 после процесса "выращивания" моделей

ОАО "УМПО" обладает пакетом лицензий и сертификатов как для производства и ремонта авиационной техники, так и проектирования и изготовления газознергетического и нефтяного оборудования.

Важнейшую роль в достижении конкурентоспособности в современном авиадвигателестроении играет скорость изготовления и доводки опытных образцов двигателей и агрегатов. Наиболее трудоемкими в изготовлении являются детали, получаемые методом литья с минимальной последующей механической обработкой (элементы корпуса, коробки агрегатов, лопасти компрессора, турбины, реактивного сопла и т. д.). Для их производства традиционным методом - с помощью моделей, полученных методами традиционной технологии обработки, - используется квалифицированный персонал модельщиков, формовщиков, литейщиков. Трудоемкость, высокая стоимость и большая длительность создания опытных деталей - основные факторы, сдерживающие выход новой продукции на рынок. По этой причине в январе 2004 года в составе ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" создано новое подразделение - Инженерный центр прототипирования (ИЦП), укомплектованный оборудованием фирм 3D Systems, GOM, ProMetal, MCP Group, которые являются мировыми лидерами в технологиях быстрого изготовления прототипов деталей и оснастки, оцифровки и измерения деталей и узлов.

Специалисты ИЦП сертифицированы по всему спектру оборудования и технологий быстрого прототипирования. Ими освоены технологии создания "быстрой" технологической оснастки, опытных образцов деталей новых изделий, мелкосерийного и единичного производства изделий сложной конфигурации, проведения анализа качества продукции, выполнения реверсивного инжиниринга.

Синтез технических возможностей оборудования и передовых технологий, которыми располагает инженерный центр, позволяет получить полную систему подготовки производства - от компьютерного проектирования до изготовления и контроля деталей и технологического оснащения, что беспрецедентно сокращает время выхода нового изделия на рынок.

Этапы изготовления опытных образцов деталей с применением технологий быстрого прототипирования являются:

- создание трехмерной твердотельной модели детали с использованием CAD систем;
- получение ("выращивание") физической модели (копии) детали на оборудовании быстрого прототипирования;
- получение готового изделия с использованием моделей - прототипов.

Модели могут быть получены различными способами из различных материалов в зависимости от задачи, которую должна решить конкретная модель (модель для отливки, функциональная, дизайн-

или мастер-модель). Ниже приведем краткие сведения об оборудовании и технологиях быстрого прототипирования, имеющихся в Инженерном центре прототипирования ОАО "УМПО".

Технология стереолитографии (установка SLA 7000)

Максимальные габариты изделия - 500x500x600 мм.

Материал - жидкий фотополимер (жидкость, имеющая свойство полимеризоваться в твердое вещество под воздействием лазерного луча).

Точность - после выращивания 0,05 мм, после доводки - 0,005 мм.

Назначение - получение полых выжигаемых моделей и монолитных прототипов деталей.

Технология послойного лазерного спекания порошковых материалов (установка "Vanguard" Si2 HS)

Размеры рабочей зоны машины 320x380x460 мм.

Материал - полистирол, полиамид, полиамид с наполнителем из стекла или алюминия, металлический композит на основе карбида вольфрама.

Точность - 0,1 мм.



Общий вид установки селективного лазерного спекания Vanguard Si2 HS

Применение - выжигаемые модели из полистирола, дизайн-модели из полиамида, детали и формообразующие элементы пресс-форм из полиамида со стеклом или алюминием, пресс-формы из металла.

(Продолжение в следующем номере).



ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ММП им. В. В. Чернышева:

**Александр Борисович Белов,
Александр Вячеславович Крайников,
Александр Федорович Львов,
Александр Григорьевич Пайкин,
Вячеслав Александрович Шулов**

НИИЭФА им. Д.В. Ефремова:

**Владимир Иванович Энгелько,
Константин Иванович Ткаченко**

НИИЯФ при ТПУ:

Геннадий Ефимович Ремнев

Разработка и внедрение высокоинтенсивных методов поверхностной обработки деталей при использовании концентрированных импульсных потоков энергии имеет ряд преимуществ перед классическими методами поверхностной (механической, химической и термической) обработки. Облучение деталей импульсными потоками энергии обеспечивает формирование уникального физико-химического состояния материала в поверхностном слое, достижение нанометровой точности изготовления и шероховатости поверхности, соответствующей $Ra \approx 0,05...0,06$ мкм, а также высокую экологическую чистоту производства. Возможность изменения площади поперечного сечения энергетических потоков от 30 см^2 до 1 м^2 при длительности импульса от 50 нс до нескольких десятков микросекунд позволяет повысить производительность метода.

Вместе с тем, применение концентрированных потоков энергии отличается высокой наукоемкостью разрабатываемых технологий, что требует проведения длительных и дорогостоящих исследований влияния режимов облучения на состояние поверхности и свойства деталей. В настоящей статье излагаются некоторые результаты таких исследований, связанные с использованием наиболее доступных и развитых методов – сильнооточного импульсного электронного пучка и мощного импульсного ионного пучка (МИИП).

1. Оборудование, материалы, методики исследования

В последнее время разработчикам оборудования удалось получить широкоапертурные (большой площади поперечного сечения) электронные и ионные импульсные пучки с высокой однородностью распределения плотности энергии по сечению. В 1996-2000 гг. сотрудниками НИИЭФА им. Д.В. Ефремова были изготовлены ускорители "GESA-1" и "GESA-2", предназначенные для поверхностной модификации материалов. Внешний вид установки "GESA-1" показан на рис. 1. Основными узлами этого ускорителя являются: инжектор электронов, высоковольтный генератор с контролируемой длительностью импульса, собранный по схеме Маркса, фокусирующие магнитные катушки, дрейфовый канал, рабочая камера, радиационная защита и система контроля. Электронный инжектор содержит высоковольтный размыкатель, взрывоземиссионный катод, сетку контроля и анод (триодная схема).

Сетка контроля соединена с заземленным анодом через резистор. Это позволяет контролировать величину тока электронного пучка в определенном интервале без изменения кинетической энергии электронов на выходе инжектора и создавать достаточно высокую напряженность электрического поля возле поверхности катода на начальной стадии формирования импульса, что необходимо для однородной эмиссии электронов.

В качестве источника электронов в ускорителе "GESA-1" используется многоострый взрывоземиссионный катод со стабилизацией катодной плазмы. Площадь поверхности, с которой эмитируются электроны, составляет 700 см^2 . Высоковольтный генератор содержит четыре каскада, каждый из которых представляет собой формирующую линию, содержащую восемь ячеек с корректирующими RL-цепочками. Длительность плоской части импульса достигает 40 мкс, а амплитуда на согласованной нагрузке – 150 кВ. Длительность высоковольтного импульса τ устанавливается и поддерживается системой стабилизации с временным инкрементом в 1 мкс. На начальной стадии действия импульса полное напряжение подается на

катодно-сжимающую пушку, так как сетка заземляется через резистор. Такое решение обеспечивает однородность эмиссии электронов. Магнитная фокусирующая система, состоящая из шести катушек индуктивности, обеспечивает формирование и транспорт пучка требуемого диаметра в диапазоне 6...10 см.

Ускоритель "GESA-1", в отличие от разработанных ранее установок, позволяет добиться больших значений энергии и длительности импульса при существенном увеличении расстояния от мишени до анода. Энергия электронов на этой установке 40...150 кэВ, длительность импульса 4...40 мкс, плотность энергии в пучке $1...50 \text{ Дж/см}^2$, площадь поперечного сечения пучка 30...80 см^2 , неоднородность плотности по сечению пучка – 5...10 %. К.п.д. передачи запасенной в накопителе энергии в энергию пучка – 45...50 %.

Процесс обработки деталей с использованием ускорителя "GESA-2" осуществляется при изменении параметров пучка в более широких пределах: энергия электронов $E = 200...400 \text{ кэВ}$; длительность импульса $\tau = 5...250 \text{ мкс}$; плотность энергии в пучке $w \approx 180 \text{ Дж/см}^2$; диаметр пучка $d = 4...6 \text{ см}$.

Ускоритель "ТЕМП-М", разработанный в 1988 г. и модифицированный в 1998 г. в НИИЯФ при ТПУ (Томск), позволяет проводить обработку мишеней пучком, содержащим ионы углерода (70 %) и протоны. Значения параметров облучения следующие: энергия ионов $E = 250...300 \text{ кэВ}$, длительность импульса $\tau = 50 \text{ нс}$, сечение пучка $S = 20...200 \text{ см}^2$, плотность ионного тока в импульсе $j = 40...200 \text{ А/см}^2$. Эта установка содержит вакуумную камеру диаметром 520 мм и дли-



Рис. 1. Внешний вид ускорителя "GESA-1"

ной 600 мм, барабан с гнездами для закрепления мишеней (26 позиций), магнито-изолированный диод, генератор импульсных напряжений Аркадьева-Маркса с длительностью импульса 30 нс (УК-100-0,4), вакуумную систему и систему электропитания. Из-за конструктивных особенностей генератора в ускорителе используется двойная формирующая линия, предназначенная для реализации двух последовательных импульсов напряжения на вакуумном диоде. Первый импульс (150 кВ) – отрицательный. Он образует у поверхности

электрода (графитовый катод) взрыво-эмиссионную плазму. Второй - положительный, создающий ускоряющий импульс (300 кВ), длительностью несколько сотен наносекунд.

В ускорителе "ТЕМП-М" для генерации импульсных ионных пучков применяется магнитоизолированный диод совмещенного типа с самоизоляцией и внешней магнитной изоляцией. Полупроницаемый катод размером 50x200 мм выполнен из нержавеющей стали с вырезами в форме эллипсов, что обеспечивает свободную транспортировку ионов к мишени. При этом электроны дрейфуют вдоль поверхности катода, практически не достигая мишени. Состав пучка (70 % - ионы углерода, остальное - протоны) определяется материалом анода (графит) и продуктами его поверхностной адсорбции (сложные углеводороды при использовании средств диффузионной откачки). Внешняя изоляция обеспечивается переменным магнитным полем, формируемым при прохождении тока из внешнего конденсатора КУ7И вдоль катода. Скважность импульсов составляет $Q = 3...10$ при их длительности $\tau = 50...100$ нс.

В качестве объектов исследования использовались образцы и лопатки компрессора и турбины ГТД из жаропрочных титановых сплавов ВТ6, ВТ8М, ВТ9 и сталей ЭП888ш и ЭП718ИД, а также никелевых сплавов ЖС6У и ЖС26НК. На поверхность образцов и лопаток из сплавов ЖС6У и ЖС26НК вакуумно-плазменным методом на установке МАП-1 наносилось покрытие СДП-2 толщиной 50 мкм. Физико-химическое состояние поверхностных слоев исходных и облученных мишеней исследовались методами электронной Оже-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и оптической металлографии. Кроме того, проведены сравнительные испытания на усталостную прочность, коррозионную и эрозионную стойкость, включая испытания на двигателе.

2. Влияние облучения на физико-химическое состояние поверхностных слоев лопаток компрессора и турбины ГТД

В зависимости от режимов облучения в поверхностных слоях возможно протекание следующих процессов:

- очистка поверхности и образование тонкодисперсных преципитатов карбидов или оксикарбидов в приповерхностной зоне толщиной до $h = 0,2...0,3$ мкм;
- высокоскоростное плавление при $j > 40$ А/см² ($h = 1...2$ мкм);
- сублимация и плазмообразование ($h = 0,2...0,4$ мкм за импульс при больших плотностях тока $j > 200$ А·см⁻²);
- дефектообразование ($h \sim 10$ мкм, отмечается уширение и смещение дифракционных линий, а также увеличение интенсивности экзотермической эмиссии);
- высокоскоростная перекристаллизация, сопровождающаяся перераспределением элементов при облучении большим числом импульсов, когда плотности тока в импульсе не превышают 100 А/см²;
- распад и измельчение упрочняющих фаз (карбиды: TiC, (Ni, Me)₂₃C₇, (Ni, Me)₇C₃ и другие; β -фаза в ($\alpha + \beta$)-титановых сплавах; γ и γ' -фазы в никелевых сплавах);
- кратерообразование (образование поверхностных микродефектов в форме кратеров $j > 80...100$ А/см²);
- образование и рост подповерхностных и поверхностных микротрещин при высоких величинах плотности ионного тока ($j > 100...160$ А/см²) в зависимости от типа сплава, термической и механической обработки заготовок.

Ряд интересных и имеющих важное практическое значение эффектов был зафиксирован при исследовании образцов и лопаток из жаропрочных сплавов после облучения МИИП и низкотемпературного вакуумного отжига (300...600 °С), который был реализован для стабилизации структуры, снятия остаточных растягивающих напряжений и дисперсионного упрочнения перекристаллизованного и отпущенного материала:



Рис. 2. Внешний вид ускорителя "Темп-М"

- рекристаллизация с образованием равноосных зерен размером около 40...60 мкм (титановые сплавы);
- полный отжиг дефектов, сформированных на стадии облучения;
- коагуляция карбидов и выделение новых преципитатов;
- образование пластинчатой (сплавы ВТ18У и ВТ25У) или бимодальной (ВТ9 и ВТ8М) структур с высокой степенью однородности ориентации α -пластин в пределах каждой α -колонии;
- "идеализация" кристаллической

решетки (этот эффект проявляется в резком снижении межплоскостного расстояния и уменьшении полуширины рентгеновских линий, причем величины этих характеристик оказались ниже соответствующих значений, характерных для исходного необлученного состояния и даже для состояния после диффузионного вакуумного отжига при температуре 750 °С);

- интенсивный рост зародышей новых фаз в кратерах (в форме как идеальных кристаллов, так и дендритов);

- вторичный распад β -фазы в α -пластинах с образованием "субпластинчатой" микроструктуры в каждой первичной α -пластине при высокой степени однородности ориентации вторичных α -пластин, образующих α -колонии (титановые сплавы).

Очевидно, что практически идентичные процессы должны протекать в поверхностном слое деталей из жаропрочных сплавов при облучении их сильноточным импульсным электронным пучком (СИЭП). Влияние плотности энергии и числа импульсов на химический состав поверхностных слоев лопаток ГТД исследовалось методом электронной Оже-спектроскопии. Из этих данных, а также результатов дополнительно проведенных экспериментов вытекает следующее:

- в исходном состоянии поверхностные слои лопаток после виброабразивной обработки загрязнены примесями углерода и кислорода, концентрации которых достигают 5 и 3 ат. % даже на глубине $h = 200$ нм;
- образцы и лопатки, прошедшие тонкое ручное полирование на алмазной пасте (или электрополирование) и высоковакуумный отжиг ($T = 600$ °С, $p < 10^{-7}$ мм рт. ст.) характеризуются значительно более высокой степенью чистоты по кислороду и углероду ($h = 15...50$ нм);
- подготовленные к облучению образцы и лопатки из сплавов ВТ8М и ЖС26НК обеднены с поверхности алюминием до глубин ~ 150 нм, что является особенностью деталей из титановых и никелевых сплавов, прошедших механическую и термическую обработку, что, собственно, и предопределяет их относительно низкую жаростойкость при повышенных температурах на начальной стадии окисления;
- лопатки из стали ЭП866ш после механической обработки характеризуются низким содержанием хрома и никеля в поверхностных слоях толщиной до 200 нм;
- облучение при относительно низких плотностях энергии $w = 18...20$ Дж/см² способствует значительному уменьшению концентраций примесных элементов (углерода и кислорода), а также в преимущественном выходе на поверхность таких легирующих элементов, как алюминий (15...22 ат. %) для сплавов ВТ6, ВТ8М и ВТ9, никеля и хрома для сталей ЭП866ш, ЭП718ИД и никелевых сплавов ЖС6У и ЖС26НК с покрытием СДП-2;
- при $w > 20...22$ Дж/см² на поверхности лопаток образуются отдельные микрократеры, что приводит к заметному различию профилей распределения элементов по глубине в различных точках поверхности. При этом на свободной от кратеров поверхности распределения элементов близки к распределениям, полученным при $w = 18...20$ Дж/см²;
- в микрократерах зафиксировано очень высокое содержание углерода и кислорода при почти полном отсутствии алюминия (ВТ6, ВТ8М, ВТ9) и хрома (ЭП866ш, ЭП718ИД, ЖС6У и ЖС26НК).

(Продолжение в следующем номере).

ИСПЫТАНИЯ ПЕРВОГО ОБРАЗЦА ДВИГАТЕЛЯ ПС-90А2

ОАО "Авиадвигатель": **Александр Николаевич Семенов**, заместитель генерального конструктора - главный конструктор
Софокл Харлампиевич Полатики, начальник отдела термодинамических расчетов
Алексей Владимирович Ежов, начальник бригады отдела термодинамических расчетов

С июля 2005 года ОАО "Авиадвигатель", одно из основных предприятий Пермского моторостроительного комплекса, проводит успешные испытания первого опытного образца нового двигателя ПС-90А2, разработка которого ведется в рамках Федеральной целевой программы "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002 - 2010 годы и на период до 2015 года". Двигатель является глубокой модификацией серийного двигателя ПС-90А и предназначен для установки на самолеты Ту-204-100, Ту-204-300, Ту-214, Ил-96-300, Ил-96-400Т и их модификации.

Основными целями программы создания двигателя ПС-90А2 являются:

- сертификация двигателя на соответствие требованиям Авиационных правил АП-33;
- обеспечение соответствия нормам ИКАО 2004 года по эмиссии и соответствия самолетов нормам ИКАО 2006 года по шуму;
- снижение стоимости жизненного цикла на 37 %;
- получение разрешения на полеты ETOPS для двухдвигательных самолетов;
- локализация разрушений при обрыве рабочей лопатки вентилятора под корень;
- повышение пожаробезопасности путем замены части гидравлических топливных агрегатов пневматическими;
- повышение надежности в 1,5...2 раза;
- повышение надежности системы автоматического управления и бортовой системы контроля состояния двигателя;
- уменьшение трудоемкости обслуживания в эксплуатации в 2 раза;
- повышение стабильности параметров в процессе эксплуатации;
- обеспечение возможности форсирования по тяге до 18 000 кгс;
- введение многократного использования максимального чрезвычайного режима с увеличением взлетной тяги не менее чем на 10 %.

По сравнению с двигателем ПС-90А основные изменения внесены в конструкции турбины высокого давления (ТВД) и компрессора высокого давления (КВД), камеры сгорания, системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток турбины.

В новой ТВД двигателя ПС-90А2 для повышения коэффициента полезного действия были перепрофилированы рабочие и сопловые лопатки обеих ступеней. В целях существенного улучшения теплового со-

стояния рабочих и сопловых лопаток ТВД, увеличения ресурса ТВД изменена система вторичных потоков. Так, для охлаждения корпуса и профиля лопаток соплового аппарата второй ступени, а также ротора ТВД и рабочей лопатки второй ступени используется воздух, отбираемый за десятой ступенью КВД вместо седьмой ступени КВД двигателя ПС-90А.

Отбор охлаждающего воздуха из области с более высоким давлением не только исключил возможность проникновения газа в охлаждаемые лопатки, но и позволил реализовать новые, более эффективные схемы охлаждения лопаток.

Изменение места отбора воздуха на охлаждение рабочих и сопловых лопаток второй ступени ТВД потребовало внесения конструктивных изменений в конструкцию КВД. В феврале и апреле 2004 года модифицированный КВД успешно

прошел испытания в составе газо-

генератора. Параметры воздуха, отбираемого за десятой ступенью КВД, полностью соответствовали расчету.

Таким образом, были обеспечены необходимые условия для проведения испытания новой ТВД.

Испытания новой ТВД также первоначально прошли в составе газогенератора [1]. В ходе этих испытаний было подтверждено соответствие характеристик ТВД проекту; так, к.п.д. ТВД практически совпал с расчетным значением, а коэффициент расхода ТВД был несколько выше проектного значения, что объяснялось отсутствием теплозащитного покрытия на лопатках соплового аппарата первой ступени.

На первом двигателе ПС-90А2 № 93-01 было установлено беспрецедентное число датчиков информации (384 датчика давления и 1032 термодатчиков, термосопротивлений и тензодатчиков). Конечно, это привело к некоторому ухудшению характеристик узлов, к дополнительным потерям давления в канале наружного контура из-за его загромождения дополнительными трубами вывода кабелей, но примененное



техническое решение позволило успешно решить поставленные задачи этого испытания.

Дроссельные характеристики, снятые в процессе испытаний, показали хорошую сходимость экспериментальных данных с проектом. Основные параметры двигателя на взлетном режиме практически совпали с расчетными величинами.

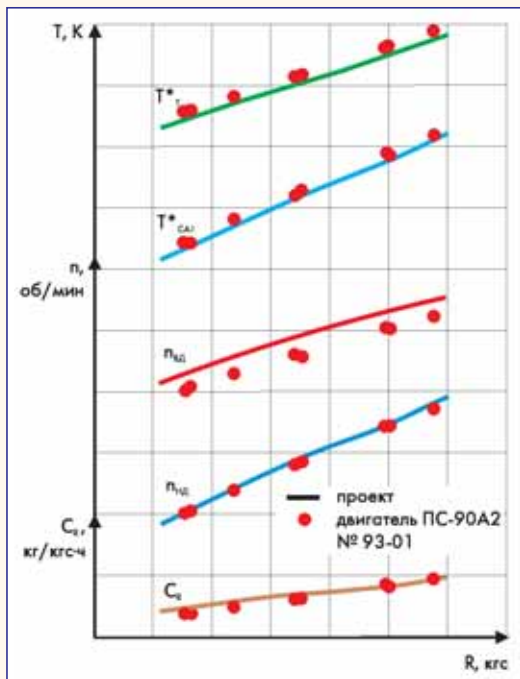
При этом по результатам испытаний после оценки вторичных потоков выяснилось, что отборы воздуха на охлаждение турбины от седьмой и тринадцатой ступеней КВД больше проектных значений на 0,5 и 1,5 %, соответственно.

Поскольку корпус КВД претерпел изменения в связи с доработкой, проведенной для обеспечения отбора воздуха от десятой ступени на охлаждение ТВД, а сама ТВД имела измененную конструкцию, в ходе испытаний была исследована эффективность систем активного управления радиальными зазорами (САУРЗ) КВД и турбин.

В проекте было заложено ухудшение к.п.д. КВД на 0,5 % по сравнению с прототипом из-за ожидаемого ухудшения эффективности САУРЗ КВД. Полученные результаты показали, что эффективность САУРЗ КВД действительно снизилась, но меньше, чем было заложено в проекте ($\Delta\eta_{\text{КВД}} = -0,3 \%$). Эффективность САУРЗ турбин осталась практически на уровне САУРЗ прототипа, что и было заложено в проекте.

В конструкции двигателя ПС-90А2, как и у его прототипа ПС-90А, для существенного повышения экономичности двигателя на крейсерском режиме в высотных условиях реализовано частичное охлаждение турбины.

Так, отбор воздуха за десятой и тринадцатой ступенями КВД на высоте уменьшается примерно на 2 %. Это единственный двигатель в мире, применяемый в гражданской авиации, на котором реализовано регулирование количества отбираемого воздуха от КВД на охлаждение как сопловых, так и рабочих лопаток ТВД в зависимо-



Основные расчетные данные двигателя ПС-90А2 и данные по результатам испытаний двигателя № 93-01
(T_{CA1}^* — температура газа перед ТВД,
 T_T^* — температура газа за ТНД,
 $n_{\text{НД}}$ — частота вращения ротора НД,
 $n_{\text{ВД}}$ — частота вращения ротора ВД,
 C_R — удельный расход топлива)

сти от условий полета и режима работы двигателя. Такое техническое решение дает уникальную возможность снижения теплонапряженности горячей части двигателя благодаря возможности отбора воздуха в необходимом количестве на охлаждение турбины на взлетном режиме, на режимах набора высоты без ущерба для экономичности на крейсерских режимах полета.

Результаты испытаний двигателя ПС-90А2 № 93-01 подтвердили расчетные оценки влияния эффективности частичного охлаждения ТВД на основные данные, заложенные в проект ГТД.

Таким образом, подводя предварительные итоги экспериментальных исследований характеристик первого образца двигателя ПС-90А2 № 93-01, можно говорить о том, что полученные основные данные не только соответствуют проекту, но, с учетом негативного влияния дополнительного специального препарирования и повышенного расхода воздуха на охлаждение ТВД и ТНД, у двигателя имеются значительные резервы, позволяющие уменьшить удельный расход топлива и снизить температуру газа перед турбиной.

Кроме того, при проведении прочностных и тепловых расчетов в проекте были заложены значительные запасы по T_{CA1}^* , что объяснялось наличием рисков при создании модифицированных и новых узлов (КВД, ТВД, камеры сгорания).

С учетом вышесказанного, запас по T_{CA1}^* составит не менее 50 К, что является хорошей основой для увеличения тяги двигателя ПС-90А2 в перспективе.

Список литературы

1. Полатида С.Х., Ежов А.В. Методика проведения испытания новой высокотемпературной турбины двигателя ПС-90А2 // Программа и тезисы докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции "Аэрокосмическая техника и высокие технологии - 2005". Пермь: ПГТУ, 2005, С.130.



В НЕБЕСАХ, НА ЗЕМЛЕ И НА МОРЕ



Андрей Леонидович Аршавский,
генеральный директор, главный конструктор ОАО "НПП "ЭГА"

65 лет прошло с тех пор, как была создана уникальная школа разработки агрегатов регулирования авиационными двигателями под руководством Главного конструктора Федора Амосовича Короткова (1908-1988 гг.).

Опыт проектирования беспоплавковых карбюраторов, систем топливпитания поршневых авиационных двигателей всех боевых самолетов Великой Отечественной войны и создание первых систем автоматического управления (САУ) газотурбинными двигателями (ГТД), обеспечили лидерство коллектива в авиационном агрегатостроении. Это подтверждается многими Государственными премиями и более чем 60 мировыми авиационными рекордами летательных аппаратов с двигателями, оборудованными САУ нашей разработки. Практически вся военная и значительная часть гражданской авиации России и стран СНГ оснащена двигателями с САУ, разработанными коллективом нашего предприятия.

Высокие тактико-технические и летные качества известных во всем мире семейств боевых самолетов ("МиГ", "Су" и ряда других) обеспечиваются благодаря совершенству разработанных нами САУ.

Создание новых поколений самолетов и двигателей потребовало развития электронно-гидравлических САУ. Применение электронных цифровых регуляторов (ЭЦР) дает ряд преимуществ в системах регулирования:

- уменьшение габаритов и массы системы;
- повышение быстродействия и точности регулирования;
- обеспечение возможности применения интеллектуальных систем контроля и диагностики технического состояния САУ и ГТД;
- наличие возможности изменения программного обеспечения по представляемым заказчиком алгоритмам и разработ-

ки программно-аппаратной оболочки системы диагностики и настройки ее под заданную серию двигателей и некоторые конкретные экземпляры этой серии;

- обеспечение формирования и передачи информации в системы самолета и наземного обслуживания.



Регулятор сопла с управляемым вектором тяги

В частности, для двигателя АЛ-31Ф по заказу ФГУП "ММПП "Салют" были разработаны:

- электронно-гидравлическая система управления с полной ответственностью САУ-235С. Двухканальный ЭЦР-235Д устанавливается на двигателе, что, в отличие от установки ЭЦР в самолетном отсеке, позволяет сократить длину проводной связи и значительно уменьшить время монтажа и демонтажа двигателя в гондole самолета;

- САУ управления реактивным соплом с всеракурсным управлением направления вектора тяги. Система обеспечивает высокие тактико-технические характеристики управления самолетом.

Коллектив предприятия имеет большой задел оригинальных, не имеющих аналогов в мировом агрегатостроении разработок топливных насосов, узлов измерения частоты вращения, температуры и давления, а также технологий изготовления механических узлов и электронных устройств. Это касается также программного обеспечения ЭЦР, оригинального стенда для проведения полунатурных испытаний САУ с использованием математической модели разрабатываемого ГТД.

Опыт разработки авиационных САУ успешно используется для создания высокоэффективных силовых приводов наземных энергетических и газоперекачивающих установок на жидком и газообразном топливе. Подобное оборудование с маркой "ЭГА" установлено более чем на 400 предприятиях России



Конструкторский зал



и СНГ, в ряде стран Западной Европы и Юго-восточной Азии. Электронные гидромеханические системы "ЭГА" устанавливаются на газотурбинных электростанциях, газокompрессорных и газораспределительных станциях, насосных станциях для нефтедобычи.

Большая экономическая выгода может быть достигнута в случае применения электронных цифровых регуляторов, аналоговых тем, какие производит "ЭГА", для управления двигателями наземных, речных и морских средств передвижения, в том числе аппаратов на воздушной подушке и экранопланов.



Электронный регулятор для наземных установок

Работу наших конструкторов и инженеров отличают нестандартность и высокий уровень технических решений. На предприятии успешно используются современные интегрированные интеллектуальные системы проектирования, производства и управления. Знаменателен и факт преемственности. Эстафету руководства Федор Амосович Коротков передал своему ученику и заместителю Виктору Ивановичу Зазулову,

успешно руководившему предприятием 20 лет. В 2004 году во главе предприятия стал их ученик Андрей Леонидович Аршавский. Эта преемственность присуща всем подразделениям нашего коллектива. Молодежь охотно перенимает опыт старшего поколения, так как, выполняемая нами работа всегда интересная и творческая.

Среди партнеров и заказчиков НПП "ЭГА" - известные и авторитетные во всем мире российские и зарубежные предприятия и фирмы, в частности, французские, германские, китайские, индийские и южнокорейские. Мы гордимся сотрудничеством с ними и делаем все для укрепления наших связей, а также для поиска новых партнеров, которые оценят высокий уровень нашей продукции.

НПП "ЭГА" имеет государственные лицензии на разработку, изготовление и осуществление авторского надзора в области электронно-гидравлических систем управления и топливоподачи газотурбинных двигателей. Система контроля качества нашего предприятия сертифицирована на соответствие международным стандартам ISO 9001-2000.

НПП "ЭГА" обладает не только громадным опытом, большим заделом современных разработок, но и большим творческим потенциалом, возможностью разрабатывать, испытывать и сдавать работу заказчику "под ключ". Это относится к системам управления ГТД и системам управления технологическими процессами (АСУ ТП) во всех трех стихиях - в воздухе, на земле и на воде.



ОАО "НПП "ЭГА"
Россия 127015, г. Москва,
ул. Правды, д. 23
Тел.: (495) 257-0111
Факс: (495) 257-1606
E-mail: nppeha@nppeha.ru
www.nppeha.ru



Механосборочный корпусной цех



Стенд для полунатурных испытаний АСУ ГТД

РАКЕТЕ - ВТОРУЮ ЖИЗНЬ

Специалисты Воронежского конструкторского бюро химавтоматики (КБХА), где создают жидкостные двигатели для ракет-носителей различного назначения, встретили Новый год с особыми надеждами и волнением. Именно в 2006 году жидкостный ракетный двигатель РД-0124 - новинка российской конструкторской мысли - должен получить путевку в большую жизнь.

Создание двигателя РД-0124, предназначенного для установки на верхних ступенях ракет-носителей, ведется в КБХА в рамках выполнения государственного заказа. Двигателем планируют оснащать третью ступень ракеты-носителя "Союз-2" разработки ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс" (Самара), а также вторую ступень ракеты-носителя "Ангара", проектированием которой занимаются в ГНППЦ им. Хруничева (Москва). "Союз-2" должен заменить знаменитую ракету-носитель "Союз", которая вот уже более 40 лет исправно выводит на орбиту искусственные спутники и пилотируемые корабли нашей страны. На третьей ступени ракеты-носителя "Союз" в течение всего срока ее эксплуатации работает надежный ракетный двигатель РД-0110, созданный в КБХА и серийно производимый на Воронежском механическом заводе. Именно его должен заменить более совершенный двигатель РД-0124, который позволит выводить на орбиту почти на тонну больше полезной нагрузки или перенести запуски ракеты с казахстанского Байконура на расположенный севернее российский космодром в Плесецке.

В настоящее время на испытательных стендах КБХА идут огневые испытания двигателя, которые должны окончательно подтвердить работоспособность и надежность конструкции. Одновременно проводятся приготовления к испытаниям двигателя в составе ступени. Успешное завершение этого процесса и переход к летным испытаниям ракеты являются важной государственной задачей, так как Россия помимо внутренних планов использования нового носителя имеет соглашение с Францией о запусках ракеты "Союз-2" с космодрома Куру во французской Гвиане. В июне 2005 года на 46-м международном авиасалоне Paris airshow в Ле Бурже было объявлено о дате первого запуска российской раке-

ты-носителя "Союз-2-1б" ("Союз-2-1б" - это вариант ракеты "Союз-2" с новым двигателем РД-0124 на третьей ступени) с космодрома Куру во французской Гвиане. Произойдет это в конце 2008 года. А первым с помощью нового двигателя РД-0124 должен полететь французский спутник с космодрома "Байконур" в конце 2006 года. Таким образом, ракета "Союз-2", а вместе с ней и двигатель РД-0124, впервые в мировой истории космонавтики получат возможность взлетать с космодромов трех разных государств. Это накладывает особый отпечаток и придает особую ответственность той деятельности, которая легла на плечи воронежских разработчиков.

Несмотря на приоритетный характер работ, связанных с завершением отработки двигателя РД-0124 и переходом к его серийному производству, воронежцы не забывают и о заделе на будущее. За счет собственных средств и государственного финансирования в КБХА ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, среди которых создание и отработка кислородно-водородного безгенераторного двигателя РД-0146, предназначенного для верхних ступеней ракет-носителей и разгонных блоков, разработка ракетного двигателя с соплом принципиально новой конструкции, гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя, позволяющего в 5-6 раз превышать скорость звука в атмосфере, и др.

Специалисты и рабочие воронежского КБ успешно справлялись с задачами, которые ставила страна в нелегкие годы Великой Отечественной войны, а также в годы "холодной войны" и гонки вооружений. Сегодня КБХА готово подтвердить высокий уровень профессионализма и статус одного из крупнейших мировых КБ, занимающегося созданием жидкостных ракетных двигателей. 

ОАО "ТЕХПРИБОР"

В СОВРЕМЕННОМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ



ОАО "Техприбор" - одно из старейших предприятий авиационного приборостроения, образованное в 1942 г. Со дня основания оно специализируется на разработке, производстве и эксплуатационном сопровождении бортовой аппаратуры.

Топливоизмерительная аппаратура "Техприбора" может быть установлена на всех типах самолетов и вертолетов, выпускаемых в России и странах СНГ. Нашим предприятием выпускаются:

- комплексы и системы измерения массы топлива, измерения массового расхода топлива, управления распределением топлива и центровкой самолета по топливу;
- системы измерения количества гидрожидкости, масла и других авиажидкостей;
- датчики расхода, уровня, количества и температуры топлива и масла;
- датчики наличия водного отстоя в топливных баках.

ОАО "Техприбор" - один из трех в мире и единственный в России сертифицированный разработчик и производитель аппаратуры контроля вибрации авиационных ГТД.

Для контроля вибростояния всех типов отечественных двигателей, устанавливаемых на самолетах и вертолетах, выпущенных в СССР и выпускаемых в РФ, используется либо штатная бортовая аппаратура типа ИВ, либо отдельные датчики вибрации, работающие в составе других авиационных систем. В настоящее время начат выпуск аппаратуры с высокотемпературными (до 400 °С) датчиками для вибрационного контроля наземных ГТУ.

С 1980-х годов "Техприбор" занимается разработкой и производством бортовых систем БСКД контроля газотурбинных двигателей ПС-90А и ТВ7-117С, устанавливаемых на самолетах Ил-96-300, Ил-114, Ту-204, Ил-76 и их модификаций.

Системы БСКД обеспечивают контроль и диагностику двигателей на всех режимах работы, формирование предупредительной и аварийной сигнализации и запись информации в энергонезависимой памяти.

"Техприбор" успешно подключился к судовой тематике. В течение последних лет была разработана и освоена в серийном производстве система САД автоматизации и контроля судового дизеля. Система предназначена для контроля судового дизеля, его аварийной защиты и регистрации информации в энергонезависимой памяти. В настоящее время разработана СДУ - система дистанционного управления судовым дизелем из ходовой рубки.

В последние годы "Техприбор" освоил новое направление работ по системам сбора, обработки и регистрации полетной информации.

Продукция ОАО "Техприбор" соответствует требованиям отечественных и международных стандартов и сертифицирована

Авиационным и Морским регистрами.

196084, Санкт-Петербург, Варшавская ул., д. 5А.

Тел.: (812) 389-5897.

Факс: (812) 389-5897.

e-mail: kb_tis@infopro.spb.su



БСКД90 - система бортового контроля авиадвигателей



ДРТ - датчики расхода топлива



МВ - бортовые датчики вибрации



ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА ООО "ДИАМЕХ 2000"

С ПРЕДПРИЯТИЯМИ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

ООО "ДИАМЕХ 2000": Игорь Иосифович Радчик, Дмитрий Александрович Успенский

ООО "ДИАМЕХ 2000", являясь малым предприятием, тем не менее приносит авиационной промышленности большую пользу своей многогранной производственной деятельностью. Важнейшим направлением сотрудничества между "ДИАМЕХ 2000" и предприятиями авиационного двигателестроения является замена устаревшего морально и физически парка балансировочных станков новыми современными станками серии ВМ, разработанными и произведенными "ДИАМЕХ 2000".

Одним из первых предприятий, которое приобрело станки модели ВМ 300 еще в 1996 г., было ОАО "ММП им. В.В. Чернышева". На сегодняшний день на этом предприятии уже шесть таких станков. Они позволяют решать проблемы уравнивания роторов авиационных двигателей. Балансировка осуществляется с очень высокой точностью. Величина дисбаланса после таких работ недостижима на ранее применявшемся оборудовании. Аналогичные станки различных моделей успешно эксплуатируются на ОАО "УМПО", ОАО "НПО "Сатурн", ФГУП "Завод им. В.Я. Климова", ФГУП "ММП "Салют" и др. В 2003 г. по заказу "Салюта" были спроектированы и изготовлены балансировочные станки новой модели с вертикальной осью вращения для уравнивания деталей типа дисков. Эти станки хорошо себя зарекомендовали на ФГУП "ММП "Салют" и ОАО "НПО "Сатурн". Для уравнивания с высокой точностью роторов новейших газотурбинных двигателей АЛ-55 конструкторами "ДИАМЕХ 2000" разработан станок модели ВМ 050. В настоящее время этот станок в рамках сотрудничества передан для проведения экспериментальных работ в ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова".

Опыт эксплуатации балансировочных станков на различных предприятиях показал, что высокоточный станок может использоваться не только для уравнивания ротора, но и для определения качества самой сборки и выявления различных дефектов, возникающих в ходе этого процесса.

Контроль и анализ вибрационного состояния газотурбинных агрегатов является другим немаловажным аспектом в сотрудничестве "ДИАМЕХ 2000" с предприятиями авиационной промышленности, организациями, ремонтирующими и эксплуатирующими газотурбинные установки и двигатели. Вибрационная диагностика технического состояния газотурбинных двигателей на различных этапах их производства, установки и эксплуатации имеет большое значение.

Широкая гамма переносных виброизмерительных приборов производства "ДИАМЕХ 2000" с успехом используется на различных предприятиях авиадвигателестроения. С их помощью производится измерение и анализ вибрации газотурбинных двигателей в сборе, выполняется контроль сборки и

балансировки роторов, контроль монтажа подшипников качения, проверка качества сборки зубчатых передач коробок приводов и т.п. Выпускаемые "ДИАМЕХ 2000" виброанализаторы позволяют по рекомендуемым методикам с достаточно высокой степенью вероятности диагностировать техническое состояние различных узлов газотурбинных двигателей и других механизмов.

Эффективное использование современной виброанализирующей аппаратуры и балансировочных станков невозможно без наличия квалифицированного персонала на предприятиях. Поэтому был создан и постоянно развивается Учебный Центр на базе "ДИАМЕХ 2000" в Москве. Центр был открыт в 1999 году и с тех пор проводит подготовку по программам I и II уровней специалистов предприятий по работе на балансировочных станках, вибродиагностике и балансировке роторов в собственных опорах. Несколько раз в год проводятся выездные курсы на предприятиях заказчиков, если там набираются группы численностью более 10 человек. В 2005 году Учебный Центр подготовил более 60

специалистов 1-го уровня по работе на балансировочных станках и вибродиагностике на ОАО "НПО "Сатурн" в Рыбинске. В ближайшее время планируется проведение еще ряда курсов по повышению квалификации специалистов предприятия.

С момента создания Учебным Центром были подготовлены специалисты для многих предприятий авиационной промышленности, организаций, эксплуатирующих и ремонтирующих газотурбинное оборудование, таких как ФГУП "ММП "Салют", ОАО "Авиадвигатель", ОАО "НПО "Сатурн", ГосНИИГА, ОАО "Уральский завод гражданской авиации" и других. В планах развития Учебного Центра намечено создание новых программ подготовки к работе на стационарных системах непрерывного контроля вибрации, обучения современным методикам диагностики состояния подшипников качения, экспертным системам и пр.

Можно отметить, что на сегодняшний день ООО "ДИАМЕХ 2000" видит одной из приоритетных задач своего развития укрепление сотрудничества с предприятиями авиационной промышленности и отмечает неоценимый вклад в содействие этому процессу со стороны АССАД и других структур российской авиации. В активизации сотрудничества ООО "ДИАМЕХ 2000" с различными предприятиями авиационной отрасли за последние три года АССАД и лично президент его В.М. Чуйко играют большую роль. 



109052, Москва, ул. Подъемная, 14
Тел.: 673-13-16, 361-09-10
Факс: (495) 361-00-38
E-mail: diamech@diamech.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>



ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ BRETON

Александр Вячеславович Трудов, руководитель проекта "Breton" ЗАО "Росмарк-Сталь"

К вопросам поставки металлорежущего оборудования компания Breton всегда подходила с позиции комплексного решения задач Потребителя, т.е. поставки "под ключ". Указанный подход возлагает высокую ответственность на европейского производителя оборудования за качество и надежность, но именно такой путь позволяет Breton быстро освоить российский рынок металлообработки и зарекомендовать себя как сильнейшего поставщика оборудования.

О КОМПАНИИ

Многим российским специалистам, связанным с металлообработкой, имя итальянской компании Breton уже известно. Тем не менее, прежде чем рассказать о возможностях и особенностях станков, необходимо коротко представить компанию.

Компания Breton была основана Марчелло Тончелли в 1963 г. Первоначально основными направлениями деятельности компании являлись разработка и производство станков и линий для камнеобработки. Несколькими годами позже Тончелли убедился в большом коммерческом потенциале своей фирмы на рынке металлообрабатывающего оборудования. В составе Breton было создано специальное подразделение, занимающееся производством высокоскоростных обрабатывающих центров с числовым программным управлением и со специальной технологией обработки. Используемые технологические и конструктивные инновации в станках позволили предприятию за короткий период стать поставщиком оборудования, соответствующего мировому стандарту качества. В 1992 г. компания Breton одной из первых в данной отрасли прошла сертификацию по системе ISO-9000.

За несколько лет Breton заняла подобающее ей положение в инструментальной промышленности, авиастроении и автомобилестроении, оснастила своим оборудованием крупные промышленные концерны, известные во всем мире.

В настоящее время численность персонала предприятия составляет около 450 человек, производственные площади - 80 000 м², из которых 38 000 м² - крытых.

Заслуги Марчелло Тончелли были отмечены на родине и за рубежом, он был удостоен звания Кавалера Труда Республики Италия, а также он стал членом Международной академии наук Евразии в Москве и Международной академии наук в Санкт-Петербурге.

Компания Breton всегда рядом со своими клиентами. Она предлагает помощь при выборе и изучении оборудования, оказывает поддержку на этапах установки и наладки станков. Специалисты фирмы консультируют при обучении работников, при передаче ноу-хау, и в том числе - на этапе послепродажного технического сопровождения.

В конструкторском бюро рождаются новые идеи, а в исследовательском центре, оборудованном по последнему слову техники, создаются процессы и производственные технологии, многие из которых запатентованы на международном уровне и потом воплощены в станках и производственных участках.

Все механические, электрические и электронные узлы разрабатываются многочисленной командой инженеров и техников, специализирующихся в различных отраслях, что создает условия для постоянного совершенствования продукции. Проекты, разработанные с учетом современных технологий CAD-CAE (автоматизированное проектирование и констру-

ирование), обеспечивают необходимую быстроту их реализации в готовом изделии.

В производственных цехах используются современные станки с программным управлением и прогрессивные технологические процессы, которые позволяют достигать требуемых высоких стандартов качества и сокращать производственное время, предлагая при этом оптимальную цену в соответствии с потребностями рынка. Высокий профессионализм, регулярный контроль качества при изготовлении и обязательные испытания конечного продукта гарантируют безотказность и надежность станков компании Breton.

Превосходный послепродажный сервис Breton обеспечивается работой более 50 специалистов, занимающихся установкой оборудования и помощью клиентам и их техническому персоналу. Разумно подобранный и хорошо оснащенный склад запасных частей позволяют Breton быстро реагировать на запросы клиента из любой точки мира.



ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОГРАММА

В настоящее время производственное подразделение Breton по изготовлению металлорежущих станков выпускает следующие модели станков:

- Xceeder, Ultrix, Xceeder Micron - высокоскоростные обрабатывающие центры портального типа со встроенным столом;
- Matrix, Flymill - высокоскоростные обрабатывающие центры портального типа с фундаментным столом.

Говоря о конструктивных особенностях станков, следует упомянуть, что станки обладают предельно высокой жесткостью, точностью и отличной динамикой перемещений.

Жесткость станка обеспечивается прежде всего применением портальной конструкции станка с верхним расположением шпиндельной каретки. Такая конструкция, в отличие от консольной или С-образной типов станков, обладает более высокой жесткостью. Кроме того, отпадает необходимость в использовании противовесов. Подвижные узлы портальной компоновки обладают также и меньшими инерционными моментами, что позволяет применять более мощные приводы и, соответственно, работать при более высоких скоростях перемещений и ускорениях.

Одной из отличительных особенностей станков является использование станины, изготовленной из нового материала - "металлокварца", разработанного и изготавливаемого компанией Breton. Металлокварцевая станина обеспечивает удвоенную жесткость по отношению к станинам, изготовленным из стали методом сварки или чугуна, или простого полимерного композита (полимербетона). По сути, по сравнению с первыми, эта конструкция имеет значительно более высокую степень демпфирования вибраций, таким образом, обеспечивая лучшее качество обработки деталей. По сравнению со вторыми, особенный состав



Обработка "моноколеса" на "Xceeder-1200/RT"

композиционного материала, усовершенствованный компанией Breton, допускает минимальное содержание полимерной связки для того, чтобы практически сравнять коэффициент теплового расширения агломерата с коэффициентом теплового расширения стали и, следовательно, обеспечивать более высокую точность и размерную стабильность станка. Коэффициент термического расширения станин из агломерированных материалов - 24...25 мкм/м.°C, из чугуна - 10 мкм/м.°C, из стали - 12 мкм/м.°C, а у станин из металлокварца компании Breton - 12...14 мкм/м.°C.

Для обеспечения постоянства линейных размеров приводов станка во время высокоскоростной обработки или при особо нагруженных режимах обработки приводы линейных и поворотных осей оснащаются системой термостабилизации. Кроме того, размещение приводов линейных осей в верхней части станка позволяет предохранить их от попадания стружки и брызг

СОЖ и тем самым увеличить их долговечность.

Шпиндели оснащаются уникальной системой контроля и компенсации изменения линейных размеров, необходимой при длительной обработке или обработке при частотах вращения, превышающих 12 000 об/мин. Система компенсирует изменение длины шпинделя вследствие нагревания и инерционных явлений, которое, в свою очередь, влияет

вающего центра модели "Xceeder-1200/RT" с технологией обработки элементов двигателя пятого поколения флагману российской промышленности - ФГУП "ММПП "Салют" (Москва).

Техника компании Breton, с ее продуманностью и законченностью всего технологического процесса, была с воодушевлением и восторгом принята специалистами "Салюта", видевшими до этого немало подобных станков и имеющими большой опыт в области обработки соответствующих деталей.

Решение задачи по обработке моноколеса не было ограничено только выбором соответствующей модели станка, режимов резания и инструмента. Для черновой обработки моноколеса специалистами компании Breton была предложена новая стратегия, до этого не использовавшаяся в этой области, - стратегия "плунжерного фрезерования". В отличие от фрезерования проходами такой метод позволил уменьшить время обработки благодаря применению более скоростных режимов резания и увеличить стойкость инструмента, так как при использовании указанного метода фреза работает как сверло, т. е. все нагрузки направлены вдоль оси инструмента.

При чистовых операциях для исключения возможности дефлексии - отклонения лопаток при обработке - был использован специальный компаунд, имеющий высокую температуру плавления, который заполнял межлопаточное пространство. Применение компаунда вызвало необходимость замены первоначально выбранного стружечного конвейера на конвейер с системой сепарации и очистки СОЖ от титановой стружки и компаунда.

Специалистами Breton было также сконструировано и изготовлено специальное зажимное приспособление цангового типа, позволяющее быстро переустанавливать детали на станке. Кроме того, разработанная конструкция приспособления позволяет использовать его для фиксации различных размеров моноколес практически всей производственной программы предприятия Заказчика.

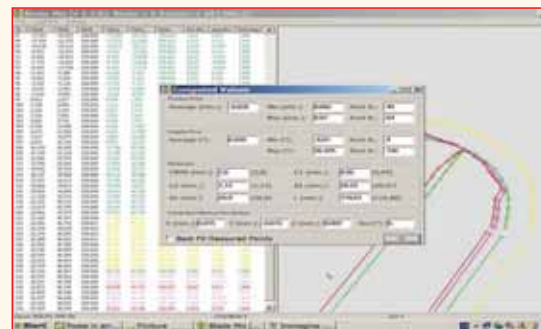
Для повышения качества обработки и уменьшения процента брака компания Breton предложила специальное программное обеспечение, которое позже было запатентовано. Программное обеспечение предназначено для контроля геометрии заготовки (детали) непосредственно на станке и последующей автоматической корректировки управляющей программы с учетом дефектов поверхностей, выявленных на предыдущих операциях. Уникальность данной программы заключается в том, что она позволяет контролировать геометрию моноколеса или импеллера в различных сечениях вдоль высоты лопатки, а также задавать различное число точек контроля по сечению с постоянным или переменным шагом. Геометрические размеры заготовки сравниваются с заданными конструктором значениями и при наличии отклонений управляющая программа автоматически пересчитывается. Тем самым исключается необходимость снятия заготовки на промежуточных операциях для контроля ее геометрии на КИМ, что, в свою очередь, уменьшает общее время изготовления детали благодаря сокращению вспомогательного времени.

В заключение необходимо отметить, что для предприятий, предъявляющих высокие требования к качеству своей продукции, производительности и надежности работы оборудования, команда профессионалов компании Breton предлагает наилучшие комплексные решения.

Дополнительную информацию об оборудовании компании Breton Вы можете получить в офисе ЗАО "Росмарк-Сталь" по адресу: Санкт-Петербург, ул. Челиева, 13, бизнес-центр "Мак Тауэр", офис 603, или по телефону (812) 336-27-27, факсу (812) 336-27-14.



Обработка в центре
"Xceeder-900/RT Micron"



Диалоговое окно программы контроля геометрии и
автоматической корректировки управляющей программы

на геометрию и точность обработки заготовки. Кроме того, шпиндели оснащаются системой термостабилизации, внутренним и внешним подводом СОЖ, защитой от попадания пыли и грязи во внутреннее пространство при нарушении герметичности манжет, устройством контроля установки несбалансированного или негодного инструмента, защитой от столкновения.

Компоновка станков позволяет разместить инструментальный магазин вне рабочей зоны - на задней стороне станка для моделей Xceeder и Ultrix или на боковой стойке для моделей Matrix и Flymill. Такое расположение инструментального магазина обеспечивает защиту инструмента от попадания грязи и позволяет оператору станка заменять изношенный или сломанный инструмент в процессе работы станка, т. е. уменьшить вспомогательное время и повысить производительность. На станке могут быть установлены инструментальные магазины различной емкости следующих типов: карусельного, реечного, цепного.

Применение на станках современных систем ЧПУ (например, Siemens, Heidenhain) позволяет работать с NURBS-интерполяциями и работать в системе координат заготовки с помощью функции "TRAORI", что предоставляет Пользователю возможность минимизировать погрешности аппроксимации и повысить точность обработки.

Несмотря на все вышеуказанные инновационные и передовые конструктивные решения, ценовой диапазон станков компании Breton не относится к дорогой категории, что создает дополнительную привлекательность для российских предприятий, и особенно:

- в авиационной промышленности - для изготовления "моноколес" (рабочих колес, изготовленных вместе с лопатками и валом), рабочих колес компрессоров, турбин и насосов, турбинных дисков, шнеков, корпусов агрегатных узлов, элементов фюзеляжа и др. из нержавеющей стали, титановых, никелевых и алюминиевых сплавов;
- в инструментальной и штамповочной промышленности для изготовления пресс-форм, штампов и др. из стали или алюминиевых сплавов;
- на заводах общего машиностроения для обработки корпусов агрегатных узлов и др.

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КЛИЕНТА

В качестве одного из примеров комплексного решения задач по обработке можно привести поставку пятиосевого обрабаты-

ПРОГРАММА *DYNAMICS R4.0* ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ ТУРБОМАШИН И СИСТЕМ ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

разработка ООО "Альфа-Транзит"

Назначение

DYNAMICS R4.0 является новым программным продуктом разработчиков известной программы **DYNAMICS R3.1**.

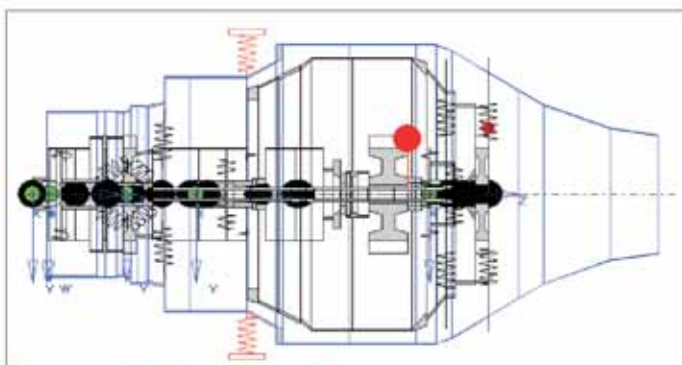
Применяется для решения широкого спектра практических задач многовальной роторной динамики.

Рассчитываются собственные и вынужденные совместные изгибно-продольно-крутильные колебания соосных и пространственных роторных систем в линейной, нелинейной постановках с учетом корпусных элементов и подвески.

Объекты исследования - газотурбинные двигатели, турбонасосные агрегаты, силовые и энергетические установки, коробки агрегатов и другие.

Программа **DYNAMICS R4.0** может быть использована на различных этапах проектирования, доводки и эксплуатации конструкций.

Полную информацию Вы можете получить на нашем сайте.



Для разработчиков турбомашин

Программный комплекс является математическим стендом, на котором можно провести исследование вибрационных свойств любого двигателя, провести его варианты исследования и оптимизацию.

Мощный интерфейс, большое количество различных элементов, описывающих конструкцию, позволяют быстро и с большой точностью создавать сложные математические модели различных турбомашин.

Среди задач, которые в первую очередь интересуют разработчиков газотурбинных двигателей и без решения которых невозможно провести их сертификацию, - задача о совместных колебаниях роторов и корпусов. В частности, **DYNAMICS R4.0** позволяет рассчитывать:

- резонансные режимы двигателя;
- частоты собственных колебаний;
- критические частоты вращения;
- дисбалансное поведение;
- характеристики устойчивости;
- реакции на внешние возмущения.

Кроме того, **DYNAMICS R4.0** позволяет решать множество других задач.



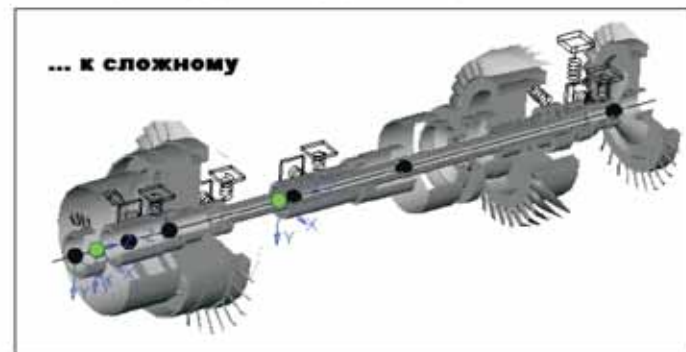
Для разработчиков систем вибрационной диагностики

Возможность решения задач нестационарных и нелинейных колебаний позволяет моделировать отклик динамических систем ГТД на различные источники возмущений.

В среде **DYNAMICS R4.0** можно строить математически обоснованные алгоритмы вибрационной диагностики без проведения большого количества специальных и дорогостоящих экспериментов.

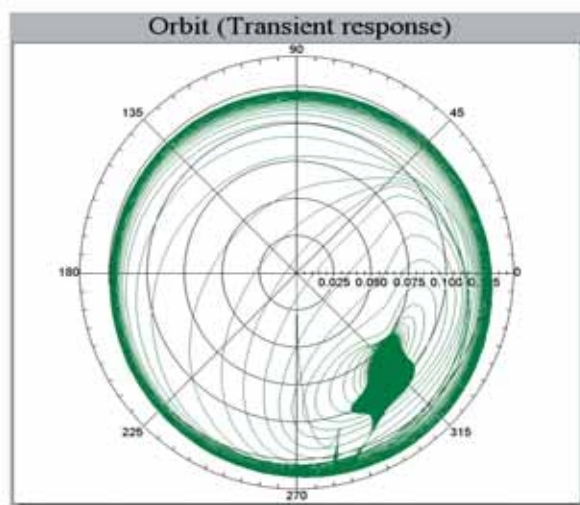
К числу дефектов, которые интересуют разработчиков систем вибрационной диагностики и которые можно промоделировать с помощью **DYNAMICS R4.0**, следует отнести:

- разбалансировку роторов;
- обрыв лопаток;
- касания движущихся элементов ротора со статором;
- касания элементов роторов;
- несоосность роторов;
- смещение опор роторов любого вида;
- потерю жесткости роторных элементов;
- ослабление подвески;
- дефекты подшипников качения;
- дефекты подшипников скольжения;
- дефекты упругодемпферных опор и т. д.



Наши партнеры:

- ОАО "НПО "Сатурн" (Рыбинск);
- НТЦ им. А. Люльки ОАО "НПО "Сатурн" (Москва);
- ФГУП "ММП "САЛЮТ" (Москва);
- TECHWIN (SAMSUNG AEROSPACE, Южная Корея);
- SCHAEFFLER GROUP (Luk, INA, FAG, Германия) и другие.



ООО "Альфа-Транзит" предлагает свои услуги для проведения углубленных исследований турбомашин различных типов, решения конкретных задач динамики для разработчиков ГТД и их систем вибрационной диагностики.

© Все права защищены
ООО "Альфа-Транзит"® 2000-2006
www.alfatran.com
e-mail: support@alfatran.com



ООО "Всеобщая страховая компания" Universal Insurance Company



В январе 2006 г. исполнилось 15 лет деятельности Всеобщей страховой компании на рынке страховых услуг. Накануне юбилея компании редакции журнала "Двигатель" удалось взять блиц-интервью у Айсы Ахметовича Муллина - президента компании.

"Двигатель": Айса Ахметович, можно ли коротко охарактеризовать результат 15-летней деятельности Вашей страховой компании?

А.А. Муллин: Всеобщая страховая компания - одна из первых негосударственных страховых компаний новой России.

За время, прошедшее с момента ее создания в 1991 году, компания динамично развивалась и ежегодно увеличивала свою долю на рынке страховых услуг. За 15 лет своего существования Всеобщая страховая компания заслужила репутацию надежного партнера в нашей стране и за рубежом.

"Д": 15 лет стабильной работы - это несомненный успех. В чем секрет такого успеха?

А.А.М: В основе деятельности нашей компании - обеспечение первоклассного страхового покрытия. Большие, ответственные риски перестраховываются в крупных российских перестраховочных компаниях, а также на лондонском рынке, где позиции Всеобщей страховой компании укрепляются год от года. Подобная политика дает свои результаты. Достаточно отметить, что за последние годы объем страховых сумм увеличился в несколько раз.

"Д": Что является характерной чертой Всеобщей страховой компании?

А.А.М: Всеобщая страховая компания предоставляет страховые услуги по многим видам страхования как физическим, так и юридическим лицам, но главным в ее деятельности в течение многих лет была и остается защита имущественных интересов крупных промышленных предприятий России с высоким экспортным потенциалом. Всеобщая страховая компания является участником военно-технического сотрудничества и имеет все необходимые для подобного сотрудничества лицензии. Страховые полисы Всеобщей страховой компании известны и признаны в странах Европы, Азии, Африки и Америки. Поэтому есть все основания утверждать, что Всеобщая страховая компания - признанный и надежный партнер.



Россия, 101990, Москва, Петроверигский пер., 4
Тел./факс: (495) 623-2102
E:mail: univc@caravan.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ ГТД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

НТЦ им. А. Люльки "ОАО НПО "Сатурн":

Игорь Николаевич Иванов, ведущий инженер-конструктор,
Борис Иванович Мамаев, главный конструктор, д.т.н.

Нередко из-за ограниченных возможностей препарирования ГТД при стендовых испытаниях выполняются измерения небольшого числа параметров, которые могут быть использованы для верификации термогазодинамических моделей двигателя и его узлов. Как правило, измеряются частоты вращения роторов, сила тяги, расходы топлива и воздуха двигателя, давление и температура в некоторых контрольных сечениях, например, перед и за компрессором и в газовоздушных полостях, связанных с проточной частью. В то же время в процессе и после каждого такого испытания проводится анализ параметров двигателя: выявляются их отклонения от ожидаемых величин, оценивается влияние изменений, внесенных в конструкцию узлов, накапливаются статистические данные об интегральных характеристиках двигателя и его узлов и т.п. В итоге уточняются термогазодинамические модели узлов и двигателя в целом.

Разумеется, при таком анализе используются результаты предыдущих расчетных и экспериментальных исследований, в частности, расходные характеристики системы охлаждения турбины, утечки через лабиринтные уплотнения и негерметичные стыки деталей, термомеханические деформации ротора и статора. Без использования этого накопленного материала достоверный анализ совместной работы узлов двигателя невозможен.

По математическим моделям нетрудно получить коэффициенты влияния, отражающие изменения основных параметров двигателя и его узлов при единичном изменении какого-либо определяющего параметра. Эти коэффициенты помогают понять изменения в работе двигателя, обусловленные изменениями рабочих режимов и конструкции узлов. Сопоставление прогнозов изменения характеристик двигателя с результатами его испытаний позволяет уточнить используемые математические модели.

В настоящей статье описывается подобный инженерный анализ авиационного ГТД с регулируемой системой охлаждения турбины. Это регулирование, как известно, применяется для улучшения топливной экономичности двигателя в крейсерском полете благодаря снижению расхода охлаждающего воздуха и уменьшению радиальных зазоров в турбине [1]. Именно такое регулирование в условиях малого числа измеряемых параметров позволяет провести содержательный анализ работы турбины.

При снятии дроссельной характеристики двигателя на стенде можно зафиксировать экспериментальные значения удельного расхода топлива C_R при полном и частичном охлаждении турбины и постоянных значениях силы тяги или частоты вращения одного из роторов на режимах, приблизительно соответствующих крейсерскому полету (в частности, по температуре газа перед турбиной). Очевидно, при этом изменение C_R практически полностью определяется влиянием турбины.

Таким образом, располагая расчетными или экспериментальными оценками изменения расходов охлаждающего воздуха при частичном отключении охлаждения турбины, можно определить влияние расхода воздуха на изменение удельного расхода топлива ΔC_R (непосредственно через термодинамический цикл двигателя и через к.п.д. турбины). Располагая оценками изменения радиальных зазоров в турбине, полученными на основе ранее проведенных автономных продувок элементов системы охлаждения, лабиринтных уплотнений, термо- и тензометрирования дисков и рабочих лопаток, можно определить влияние изменения зазора на величину ΔC_R (через к.п.д. турбины). Общая величина ΔC_R определяется суммой влияний изменения расходов охлаждающего воздуха и радиальных зазоров во всех ступенях турбины. Удовлетворительное совпадение экспериментального значения ΔC_R (или относительного изменения $\delta C_R = \Delta C_R / C_R$) с его расчетной оценкой свидетельствует об адекватности математических моделей двигателя и турбины.

Основные этапы такого исследования рассмотрены ниже.

1. Определение изменения расходов охлаждающего воздуха (важнейший и трудоемкий подготовительный этап).

Проводится на основе использования результатов расчетных и

экспериментальных исследований гидравлических характеристик элементов системы охлаждения (сопловых и рабочих лопаток, аппаратов закритики, теплообменников, лабиринтных уплотнений и др.).

2. Определение коэффициентов влияния изменения расходов охлаждающего воздуха на величину δC_R .

Выполняется с использованием результатов термодинамического расчета двигателя на режимах, соответствующих полному и частичному охлаждению турбины.

3. Определение коэффициентов влияния изменения расходов охлаждающего воздуха на к.п.д. турбин (в частности, для турбин высокого и низкого давления - $\eta_{ТВД}$, $\eta_{ТНД}$).

Проводится путем расчета характеристик турбин при значениях расходов охлаждающего воздуха, соответствующих полному и частичному охлаждению.

4. Определение изменения радиальных зазоров в турбине.

Изменение зазоров при частичном отключении охлаждения обусловлено, в основном, разницей радиальных смещений корпуса и роторов под влиянием изменения их температурного состояния. При этом радиальные деформации корпуса от избыточного давления и ротора от центробежных нагрузок практически не изменяются. Для определения изменения радиальных зазоров в турбине необходимо провести соответствующие газодинамические, тепловые и прочностные расчеты. В процессе газодинамических расчетов вычисляются распределения давления, скорости и температуры газа вдоль поверхностей дисков, лопаток и корпуса. Тепловые расчеты позволяют определить распределения коэффициентов теплоотдачи от газа вдоль поверхностей дисков, лопаток и корпуса, коэффициентов теплоотдачи к воздуху в каналах охлаждаемых деталей и их температурное состояние. Посредством прочностных расчетов определяются радиальные смещения дисков, лопаток и корпуса. Точность таких расчетов повышается при использовании результатов термо- и тензометрирования дисков, рабочих лопаток и корпуса.

5. Определение коэффициентов влияния изменения радиальных зазоров на к.п.д. турбин.

Проводится на основе результатов расчета характеристик турбины при различных значениях радиальных зазоров.

6. Определение коэффициентов влияния изменения к.п.д. турбин на величину $\delta \bar{C}_R$.

Выполняется с использованием результатов расчета термодинамического цикла двигателя при различных значениях к.п.д. турбин.

В итоге удовлетворительное совпадение расчетного и экспериментального значений $\delta \bar{C}_R$ позволяет, в первом приближении, сделать вывод о правильности оценок изменения расходов охлаждения, радиальных зазоров в турбине, а также о возможности надежного прогнозирования характеристик турбины и двигателя с использованием упомянутых коэффициентов влияния.

Относительное изменение $\delta \bar{C}_R$ при частичном отключении охлаждения турбины определяется следующими составляющими:

$$\delta \bar{C}_R = \delta \bar{C}_R^{ТВД} + \delta \bar{C}_R^{ТНД}, \quad (1)$$

где $\delta \bar{C}_R^{ТВД}$, $\delta \bar{C}_R^{ТНД}$ - вклады турбин высокого (ТВД) и низкого (ТНД) давления в относительное изменение удельного расхода топлива;

$$\delta \bar{C}_R^{ТВД} = (\delta \bar{C}_R^{ТВД})_q + (\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\eta} + (\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\delta \Delta}, \quad (2)$$

$$\delta \bar{C}_R^{ТНД} = (\delta \bar{C}_R^{ТНД})_q + (\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\eta} + (\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\delta \Delta}, \quad (3)$$

где $(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_q$, $(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_q$ - относительные изменения удельного расхода топлива, вызванные уменьшением относительных расходов охлаждающего воздуха при его частичном отключении (влияние изменения q на термодинамический цикл изделия);

$(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\eta}$, $(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\eta}$ - относительные изменения удельного расхода топлива от приращений к.п.д. ТВД и ТНД, вызванных уменьшением относительных расходов охлаждающего воздуха при его частичном отключении;

$(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\delta \Delta}$, $(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\delta \Delta}$ - относительные изменения удельного расхода топлива от приращений к.п.д. ТВД и ТНД, вызванных уменьшением радиальных зазоров в турбинах при частичном отключении охлаждения;

$$(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_q = (\delta \bar{C}_R / \delta q_{ТВД}) \cdot \delta q_{ТВД}, \quad (4)$$

$$(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_q = (\delta \bar{C}_R / \delta q_{ТНД}) \cdot \delta q_{ТНД}, \quad (5)$$

где $\delta q_{ТВД}$, $\delta q_{ТНД}$ - суммарные относительные изменения расходов охлаждающего воздуха ТВД и ТНД при частичном отключении охлаждения;

$\delta \bar{C}_R / \delta q_{ТВД}$, $\delta \bar{C}_R / \delta q_{ТНД}$ - коэффициенты влияния приращения на 1 % суммарных относительных расходов охлаждающего воздуха ТВД и ТНД на относительное изменение удельного расхода топлива.

$$(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\eta} = (\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТВД}^*) \cdot \delta \eta_{ТВД}^*, \quad (6)$$

$$(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\eta} = (\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТНД}^*) \cdot \delta \eta_{ТНД}^*, \quad (7)$$

где $\delta \eta_{ТВД}^*$, $\delta \eta_{ТНД}^*$ - изменения к.п.д. ТВД и ТНД, вызванные изменениями расходов охлаждающего воздуха;

$$\delta \eta_{ТВД}^* = \sum \{ [\delta \eta_{ТВД}^* / \delta (q_{ТВД})_i] \cdot \delta (q_{ТВД})_i \}, \quad (8)$$

$$\delta \eta_{ТНД}^* = \sum \{ [\delta \eta_{ТНД}^* / \delta (q_{ТНД})_j] \cdot \delta (q_{ТНД})_j \}, \quad (9)$$

где $\delta (q_{ТВД})_i$, $\delta (q_{ТНД})_j$ - относительные изменения расходов i -го компонента охлаждения ТВД и j -го компонента охлаждения ТНД;

$\delta \eta_{ТВД}^* / \delta (q_{ТВД})_i$, $\delta \eta_{ТНД}^* / \delta (q_{ТНД})_j$ - коэффициенты влияния приращения на 1 % i -го компонента охлаждения ТВД и j -го компонента охлаждения ТНД на к.п.д. соответствующих турбин (при расчете характеристик турбин необходим учет влияния изменения каждой составляющей охлаждающего воздуха) на к.п.д.;

$$(\delta \bar{C}_R^{ТВД})_{\delta \Delta} = (\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТВД}^*) \cdot \sum \{ [\delta \eta_{ТВД}^* / \delta (\Delta_{ТВД})_i] \cdot \delta (\Delta_{ТВД})_i \}, \quad (10)$$

$$(\delta \bar{C}_R^{ТНД})_{\delta \Delta} = (\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТНД}^*) \cdot \sum \{ [\delta \eta_{ТНД}^* / \delta (\Delta_{ТНД})_j] \cdot \delta (\Delta_{ТНД})_j \}, \quad (11)$$

где $\delta (\Delta_{ТВД})_i$, $\delta (\Delta_{ТНД})_j$ - изменения радиальных зазоров в i -ой ступени ТВД и j -ой ступени ТНД;

$\delta \eta_{ТВД}^* / \delta (\Delta_{ТВД})_i$, $\delta \eta_{ТНД}^* / \delta (\Delta_{ТНД})_j$ - коэффициенты влияния единичного приращения радиальных зазоров в i -ой ступени ТВД и j -ой ступени ТНД на к.п.д. турбин;

$\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТВД}^*$, $\delta \bar{C}_R / \delta \eta_{ТНД}^*$ - коэффициенты влияния приращения на 1 % к.п.д. ТВД и ТНД на относительное изменение удельного расхода топлива.

Описанная методика была использована для анализа параметров двухвального высокотемпературного ТРДД (схема турбины 1+1). Во время одного из стендовых испытаний на режиме, соответствующем крейсерскому полету, были измерены параметры двигателя при полном и частичном охлаждении

турбины. При этом получено относительное изменение удельного расхода топлива $\delta \bar{C}_R = -3,90 \%$.

В анализе коэффициенты влияния изменений расходов охлаждающего воздуха и к.п.д. турбин на изменение удельного расхода топлива определены в соответствии с [2]. Изменения к.п.д. турбин рассчитаны при помощи компьютерной программы, которая была успешно протестирована на обширных экспериментальных данных [3]. В этой программе влияние охлаждающего воздуха учтено с использованием экспериментально-аналитических зависимостей [4]. Изменения радиальных зазоров в турбине определены в соответствии с рекомендациями [5]. Основные результаты анализа приведены в таблице.

Параметр	ТВД	ТНД
Относительное изменение $\delta q_{ТВД}$, %	-3,86	-0,06
Коэффициент влияния $\delta \bar{C}_R / \delta q$	0,70	0,85
Относительное изменение $(\delta \bar{C}_R)_q$ по (4) и (5), %	-2,70	-0,05
Изменение к.п.д. турбины $\delta \eta^*$ по (8) и (9), %	0,92	0,06
Коэффициент влияния $\delta \bar{C}_R / \delta \eta^*$	-0,85	-0,50
Относительное изменение $(\delta \bar{C}_R)_{\eta}$ по (6) и (7), %	-0,78	-0,03
Изменение радиального зазора рабочих лопаток $\delta \Delta$, мм	-0,50	0
Коэффициент влияния $\delta \eta^* / \delta \Delta$, %/мм	-1,03	-0,56
Относительное изменение $(\delta \bar{C}_R)_{\delta \Delta}$ по (10) и (11), %	-0,44	0
Относительное изменение $\delta \bar{C}_R$ по (2) и (3), %	-3,92	-0,08
Суммарное относительное изменение $\delta \bar{C}_R$ по (1), %	-4,00	

Полученная расчетная оценка $\delta \bar{C}_R = -4,00 \%$ хорошо согласуется с экспериментальным значением. При этом основной вклад в изменение удельного расхода топлива данного двигателя при частичном отключении охлаждения турбины вносит ТВД ($\delta \bar{C}_R^{ТВД} = -3,92 \%$). Вклад ТНД в изменение топливной экономичности пренебрежимо мал.

Результаты проведенного анализа позволяют сделать важные выводы:

- о соответствии ожидаемых и реальных расходных характеристик системы охлаждения турбины;
- об удовлетворительном прогнозировании изменений температурного и напряженно-деформированного состояния ротора и статора, определяющих изменения радиальных зазоров в турбине;
- об удовлетворительной точности коэффициентов влияния, полученных при помощи математических моделей двигателя и турбины.

Опираясь на сделанные выводы, можно с большей надежностью использовать в доводке имеющиеся математические модели для прогнозирования характеристик и разработки мероприятий, направленных на улучшение параметров турбины и двигателя. □

Список литературы

1. Киржнер Р.А., Мамаев Б.И. Исследование управления радиальными зазорами в турбине высокотемпературного ТРДД. // Тепловое состояние охлаждаемых деталей высокотемпературных газотурбинных двигателей: Межвузовский сборник / Казань: КАИ, 1984, с. 8-12.
2. Дружинин Л.Н., Швеиц Л.И., Ланшин А.И. Математическое моделирование ГТД на современных ЭВМ при исследовании параметров и характеристик авиационных двигателей. // Труды № 832 / М.: ЦИАМ, 1979., 45 с.
3. Мамаев Б.И., Рябов Е.К., Трифонов С.А. Расчет характеристики охлаждаемой турбины. // XI Всероссийская межвузовская НТК "Газотурбинные и комбинированные установки и двигатели". Тезисы докладов. М.: МГТУ, 2000, с. 49-50.
4. Венедиктов В.Д. Газодинамика охлаждаемых турбин. М.: Машиностроение, 1990, 240 с.
5. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. М.: Машиностроение, 1979, 702 с.



К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ УЧЕНОГО - ОРГАНИЗАТОРА ВАЛЕРЬЯНА РОМАНОВИЧА ЛЕВИНА

Александр Григорьевич Романов,
ведущий научный сотрудник ЦИАМ

Роман Иванович Рыжов-Левин и Варвара Александровна, родители Валериана Романовича, жили во Владимирской губернии в поселке при станции Дрезна Московско-Нижегородской ж.д. и работали на местной текстильной фабрике. В семье уже был один сын - Сергей, 1902 г.р. Валерьян появился на свет 30 января 1906 г. Когда в 1910 г. отец был уволен с фабрики за участие в революционных выступлениях, семья переехала в Крым, в Ялту. Отец стал работать каменотесом на стройках города. В семье Левиных было уже четверо детей: в 1910 г. родилась дочь Надя, а в 1912 г. - сын Олег.

Во время Гражданской войны в 1919 г. Ялта была занята белыми. Варвара Александровна осталась в городе с тремя детьми, а отец и старший сын ушли с отрядами Красной Армии. В 1920 г. Красная Армия освободила Ялту, вскоре вернулся отец, а старший брат Валерьян остался в рядах Красной Армии.

В 1917 г. Валерьян окончил начальную школу, а в 1921 г. вступил в комсомол. До 1924 г. он работал заведующим отделом РКСМ Ялты. В 1924 г., будучи кандидатом в члены РКП(б), Валерьян переехал на родину к родителям. В этом же году местный комитет комсомола направляет его в деревню - в Борисовскую область, для руководства политико-просветительской деятельностью. В 1925 г. его принимают в партию и по спецразверстке направляют учиться на рабфак во Владимир. В 1928 г. Валерьян успешно заканчивает рабфак и поступает учиться в МВТУ им. Баумана. Как видно, мальчик из рабочей семьи благодаря своим способностям, напряженной учебе у старших товарищей, советам отца и старшего брата Сергея сумел подготовиться к поступлению в один из лучших вузов страны. Он избрал своей специальностью создание авиационных моторов.

Когда решением Советского правительства в 1930 г. на базе факультета МВТУ был создан Московский авиационный институт (МАИ), студент В.Р. Левин продолжал учебу уже в этом институте. В МАИ ему пришлось совмещать учебные занятия с партийной работой заместителя председателя партийного комитета института по агитации и пропаганде. Эта деятельность укрепляла и усиливала его организаторские способности. После успешного окончания МАИ Валерьян Романович в 1932 г. поступил в аспирантуру МАИ, совмещая учебу с преподавательской деятельностью. По совместительству поступил в научно-испытательный институт НИИ ВВС КА, где работал до 1938 г.

В НИИ ВВС Левин провел ряд научных исследований, важнейшим из которых было изучение работы авиационных моторов в высотных (горных) условиях, потребовавшее организации двух специальных экспедиций на Памир. Результаты работы экспедиций изложены в большом научном труде, написанном В.Р. Левиным совместно с В.П. Кузнецовым - "Вы-

сотные испытания авиационных моторов М-25, АМ-34Н, М-85 и М-100" (1935-1937 гг.).

15 апреля 1938 г. на Ученом совете моторостроительного факультета состоялась успешная защита В.Р. Левиным диссертационной работы "Влияние температуры воздуха на работу авиационного невязотного карбюраторного двигателя". Ему присуждается ученая степень кандидата технических наук. В этом же году новым начальником Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ им. П.И. Баранова) назначается бывший старший военпред генерал-майор ИТС А.В. Каширин. В.Р. Левин утверждается заместителем нового начальника ЦИАМ по научной части. В это же время приказом Всесоюзного комитета по делам высшей школы ЦИАМ предоставлялось право принимать к защите диссертации и присуждать ученую степень кандидатов наук по трем специальностям. В соответствии с этим специальным приказом Народного комиссариата авиационной промышленности (НКАП, позже - МАП) назначался состав Ученого совета ЦИАМ. Председателем этого совета стал начальник института А.В. Каширин, а его заместителем - В.Р. Левин. Весной 1941 г. Ученым советом успешно проведена первая отраслевая научно-техническая конференция, посвященная десятилетию работы ЦИАМ и награждению института орденом Ленина - за достигнутые успехи и в связи с 10-летием. В приказе НКАП, изданном по этому поводу, отмечалось: "...особенно отмечаю и выношу благодарность за большую работу по проведению научно-технической конференции тов. Левину В.Р. - зам. начальника ЦИАМ по НТЧ, кандидату тех. наук". В 1941 г. В.Р. Левин награжден орденом Трудового Красного Знамени.

С началом Великой Отечественной войны работа ЦИАМ резко перестраивается - 5 июля 1941 г. распоряжением комитета по эвакуации ЦИАМ В.Р. Левин назначается начальником одного из эшелонов, отправлявшихся в Уфу. В его обязанности входило обеспечение безопасности семей сотрудников института, своевременная погрузка оборудования на платформы и обеспечение надежной сохранности его при всех обстоятельствах. О своих переживаниях, о трудностях своей семьи и всех сотрудников института в пути, о жизни в Уфе и возвращении Валерьян Романович не мог говорить спокойно. Самым обидным и мучительным было для него ощущение того, что он мало чем мог помочь людям в этих тяжелых условиях. После возвращения в Москву в 1942 г. постепенно, хоть и с большими трудностями, жизнь стала налаживаться.

27 июня 1942 г. приказом начальника 8 ГУ НКАП В.Р. Левин назначается начальником лаборатории № 3 (испытательная станция моторов), занимавшей в ЦИАМ одно из ответственных мест работы в военное лихолетье. Проводился большой комплекс

исследований, связанных с устранением дефектов авиамоторов, обнаруживаемых в боевых условиях на фронтах Великой Отечественной войны. Особенно много проблем оказалось связано с топливно-масляными системами двигателей М-105П, АШ-82, АШ-82ФН. Работы велись круглосуточно, необходимы были срочные решения. Представители института выезжали в войсковые части. Необходимо было учить ЦИАМовских инженеров всех уровней тому новому, что внедрялось в узлы двигателей и оборудование. В этих условиях особенно проявляются знания Левиным новых материалов и двигателей, а также организационные способности, умение определить главное в данный момент. 28 ноября 1942 г. ВАК утвердил к.т.н. В.Р. Левина в звании старшего научного сотрудника по специальности "Эксплуатация авиационных двигателей".

В это же время под руководством В.Р. Левина проводятся исследования антидетонационных свойств авиационных топлив, разрабатываются и внедряются в практику новые методики их оценки: выпущена работа "Методики сравнительной оценки антидетонационных свойств топлива при испытаниях авиационных моторов" (Труды ЦИАМ № 52). По требованию фронтовых эксплуатационников улучшаются и совершенствуются маслосистемы, вводится применение центрифуги для отделения масла от газа на серийных двигателях АШ-62, АШ-73, АШ-82 и АШ-82ФН.

Для разрабатываемого нового высотного бомбардировщика Ту-4 в ОКБ главного конструктора А.Д. Швецова создавался самый мощный в мире высотный двигатель АШ-73ТК. При его испытаниях на стендах ЦИАМ В.Р. Левин познакомился с Андреем Николаевичем Туполевым, который следил за созданием этого двигателя и требовал сокращения сроков его создания. Как вспоминал В.Р. Левин, перед первым полетом самолета Ту-4 на аэродроме в Мячково, когда возникли какие-то трудности с регулировкой мотора АШ-75ТК, присутствовавший тут же А.Н. Туполев обратился к В.Р. Левину и просил именно его, как наиболее компетентного специалиста, самого разобраться и устранить неполадки. Валерьян Романович вспоминал, с какой ответственностью и с каким напряжением душевных сил он отнесся к этой просьбе и поручению академика. С нескрываемой гордостью, улыбаясь, он говорил о том, что двигатель был выведен на расчетные обороты и взлет состоялся. На лице А.Н. Туполева Левин уловил удовлетворение.

В тот же период времени на стендах лаборатории 12 проводилась напряженная работа, связанная со снятием характеристик и отладкой систем для создания уникального поршневого комбинированного 24-цилиндрового двигателя с импульсными турбинами, использующими энергию выхлопных газов в реактивном сопле. Этот двигатель разрабатывался в ОКБ главного конструктора В.А. Добрынина.

В 1945 г. В.Р. Левину было поручено возглавить большую группу специалистов МАП, направленную на территорию по-



Вручение Н.М. Шверником в Кремле награды В.Р. Левину

бежденной Германии для отбора оборудования, документации, различных материалов, которые предполагалось использовать в интересах СССР, и организации отправки отобранного к пересылке в нашу страну. В.Р. Левин в чине подполковника имел большие полномочия, но и нес большую ответственность. Полученные материалы и оборудование позволили силами работников ЦИАМ добиться коренного улучшения материальной основы экспериментальной базы института, наметить перспективу дальнейшего развития и определить пути совершенствования научных исследований в авиационном двигателестроении. Коллектив исследователей ЦИАМ обеспечил испытания трофейных ТРД и помог освоению и изготовлению лицензионных двигателей и первых образцов отечественных двигателей уже в 1946 г.

4 декабря 1945 г. вышел указ Президиума Верховного Совета СССР о награждении сотрудников ЦИАМ за успехи в научно-исследовательских работах в годы Великой Отечественной войны. Семь сотрудников института, в том числе и В.Р. Левин, были награждены орденами Ленина, а общее число награжденных составило 89 человек.

25 февраля 1946 г. по решению МАП газотурбинная тематика стала основным перспективным направлением научных работ ЦИАМ. Коллектив лаборатории В.Р. Левина подготовил комплекс установок для испытаний и снятий характеристик авидвигателей до рабочих высот $H = 6$ км. Начиная с 1946 г. создаются методики испытаний турбореактивных двигателей - вначале трофейных ЮМО-004, БМВ-003, затем лицензионных "Нин-1", "Дервент" V, а позднее отечественных РД-10, РД-20, РД-500, РД-45, ВК-1, ВК-1Ф, ТР-3.



М.И. Калинин с группой сотрудников ЦИАМ, получивших государственные награды в связи с 10-летием института. В верхнем ряду слева В.Р. Левин. Весна 1941 г...



Сотрудники: В.Р. Левин и Генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов

С 1948 г. В.Р. Левин, по совместительству с руководством исследованиями в ЦИАМ, вел преподавательскую работу в Академии авиационной промышленности. В 1949 г., за успешную работу в этой области он был удостоен звания профессора.

На основе обобщения работ ЦИАМ, НИИ-1, ОКБ промышленности начальник ЦИАМ, академики М.В. Келдыш, Л.И. Седов, главный конструктор А.М. Люлька обратились 20 мая 1949 г. с письменной просьбой в ЦК ВКП(б) о необходимости ускорения создания экспериментальной базы института в Подмоскowie. С 1946 по 1951 г. коллективом Валерьяна Романовича проделана большая творческая работа, связанная с разработкой руководящих материалов по методикам стендовых испытаний ТРД, что являлось насущной задачей для создания новых двигателей, требующихся для перевооружения ВВС страны. За участие в работах по созданию комбинированного турбопоршневого двигателя ВД-4К главного конструктора В.А. Добрынина в 1951 г. присуждено звание Лауреата Государственной премии сотрудникам ЦИАМ: А.Н. Борсуку, В.Р. Левину, М.М. Масленникову.

В 1952 г. продолжалась организационная перестройка ЦИАМ. Коллектив НИИ-1 в марте был выделен из состава ЦИАМ и приказом МАП перепрофилирован на создание ракетных двигателей.

В 1952 г. сложившийся научный коллектив лаборатории, усиленный сотрудниками отдела профессора В.В. Уварова, возвращенными с завода № 41, сумел подготовить материалы к ведомственной научно-технической конференции по высокотемпературным (охлаждаемым) турбинам, состоявшейся в январе 1953 г. Конференция проводилась с участием академика Л.И. Седова, зам. начальника ЦИАМ К.В. Холщевникова и В.Р. Левина. Доклады сотрудников ЦИАМ были восприняты с интересом работниками ОКБ и других организаций. Было показано, что наиболее успешно освоить повы-

шение температуры газа и соответственно - степени повышения давления в компрессоре можно в двухконтурных ТРДД и ТРДДФ.

Выбор ТРДД в качестве двигателя третьего поколения проходил в ОКБ главного конструктора П.А. Соловьева с участием сотрудников лаборатории № 12. Начало эксплуатации этих двигателей на самолетах Ту-124 показало целесообразность повышения температуры газа в камерах ГТД. В дальнейшем ОКБ П.А. Соловьева и Н.Д. Кузнецова разработали целую серию двигателей на базе Д-30 и НК-8.

В 1952-1955 гг. коллектив лаборатории № 12 во главе с В.Р. Левиным выполнил большой объем исследований, связанных с освоением ТВД. Валерьян Романович установил тесные творческие связи с коллективом главного конструктора Н.Д. Кузнецова. Это ОКБ на базе опыта работы немецких специалистов и отечественного моторостроения к 1954 г. сумело создать самый мощный турбовинтовой двигатель ТВ-12, а позднее - НК-12, с соосными винтами, вращающимися в разные стороны, мощностью 12 000 л.с. В то время это был самый экономичный турбовинтовой двигатель. Для его приемки организовали специальную экспертную комиссию под председательством заведующего кафедрой "Газотурбостроение" МВТУ им. Баумана профессора В.В. Уварова и других специалистов страны. От ЦИАМ в комиссию входил В.Р. Левин. Комиссия подтвердила все данные стендовых испытаний в ОКБ Н.Д. Кузнецова. В 1953 г. были оборудованы три само-



В.Р. Левин на научно-техническом совете ЦИАМ

лета Ту-4лл, на которых проведены успешные летные испытания двигателей НК-12.

25 декабря 1953 г. НК-12 успешно прошел 100-часовые государственные испытания. Началась подготовка завода к серийному производству. В 1955 г. на стендах ЦИАМ под руководством В.Р. Левина проводился цикл испытаний этого двигателя для снятия прочностных и переходных характеристик двигателя.

Триумфом советского моторостроения было прибытие в США на XV сессию Генеральной Ассамблеи ООН Н.С. Хрущева на самолете Ту-114 с двигателями НК-12 и его обратный перелет на Родину без дозаправки горючим.

В.Р. Левин по совместительству продолжал успешно передавать свой опыт молодым работникам авиационной промышленности, одновременно он руководил аспирантами в ЦИАМ. В 1956 г. проводилась научно-техническая отраслевая конференция, посвященная созданию и исследованию элементов ТРД, на которой Левин выступал с докладом, с интересом воспринятым представителями промышленности. К сорокалетию Октябрьской революции на основе обобщения всех работ лаборатории № 12 был подготовлен и выпущен (1959 г.) в издательстве оборонной промышленности четырехтомник "Высокотемпературные авиационные двигатели и охлаждаемые турбины" под редакцией профессора В.Р. Левина, к.т.н. О.И. Голубевой, к.т.н. К.М. Попова.

(Окончание в следующем номере).



В.Р. Левин с руководством института

90 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ КОНСТРУКТОРА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВАЛЕНТИНА ТИМОФЕЕВИЧА КОЗЫРЕВА

(1916 - 1997)

Валентин Тимофеевич Козырев родился в городе Вязьма Смоленской области. Окончил Вяземскую профтехшколу, затем Рыбинский авиационный институт по специальности "авиационные двигатели". Работал в ведущих опытно-конструкторских бюро (ОКБ), руководимых генеральными конструкторами, академиками В.Я. Климовым, Н.Д. Кузнецовым, А.Г. Ивченко.

В ОКБ В.Я. Климова В.Т. Козырев создавал компоновки силовых элементов авиационных двигателей, проводил расчет их динамики, прочности, крутильных, изгибных и продольных колебаний под научным руководством академика Украины С.В. Серенсена, а также занимался экспериментальной отработкой элементов конструкций и доводкой боевых авиационных комбинированных моторов с турбонаддувом ВК-105ПФ, М-120, ВК-107А, ВК-108Ф.

Работая в ОКБ Н.Д. Кузнецова, В.Т. Козырев принимал участие в освоении первых отечественных газотурбинных авиационных двигателей РД-10 и РД-45.

В 1949 г., после реорганизации ОКБ В.Я. Климова, В.Т. Козырев как специалист по технической помощи был командирован Министерством авиационной промышленности СССР на Украину - в ОКБ А.Г. Ивченко, где проработал более четверти века.

В начальный период работы В.Т. Козырев участвовал в совершенствовании конструкции двигателей М-11ФР, АШ-62ИР, АИ-26В, РД-45Ф, РД-500.

В 50-х годах сдерживающим фактором для увеличения ресурса всех ПТД являлась невысокая долговечность роторных подшипников качения. В.Т. Козырев, назначенный председателем межведомственной комиссии по технической помощи 1-му и 4-му государственным шарикоподшипниковым заводам, способствовал решению проблемы увеличения ресурса авиационных подшипников путем внедрения в массовое производство "прозрачной стали" - электрошлакового переплава с изотропными свойствами для высокоскоростных шарикоподшипников - и стали двойного вакуумно-дугового переплава для теплостойких роликоподшипников. Гарантийный ресурс подшипников вырос с 200 до 15 тыс. ч. Способ выплавки "прозрачных сталей" был разработан учеными Института электросварки АН Украины им. Е.О. Патона и внедрен в массовое производство на заводе "Днепроспецсталь".

В 1956 г. В.Т. Козырев защитил в МВТУ им. Н.Э. Баумана кандидатскую диссертацию по проблеме обеспечения боль-



шого ресурса авиадвигателей в условиях серийного производства.

В 1964 г. В.Т. Козырев опубликовал монографию "Пути создания машин большого ресурса высокой эксплуатационной надежности". Идеи, изложенные в этой монографии, послужили основой для решения проблемы обеспечения большого ресурса серийного газотурбинного двигателя. В ОКБ академика А.Г. Ивченко при участии В.Т. Козырева была создана конструкция турбовинтового двигателя АИ-20К с беспрецедентными для того времени эксплуатационными параметрами: по гарантийному ресурсу - 5 тыс. летных часов, по надежности - более 98 % и долговечности - 20 тыс. летных часов с пятью капитальными ремонтами.

Работая в ОКБ А.Г. Ивченко, Валентин Тимофеевич проводил в ряде авиационных организаций исследования процессов горения в камерах сгорания турбореактивных двигателей лазерно-доплеровским, акустическим, тензометрическим и другими методами, а также изучал причины отказов двигателей в полетных условиях. Перед выходом на пенсию В.Т. Козырев работал по совместительству научным руководителем филиала Общественного института энергетической инверсии, а впоследствии - его научным руководителем.

В.Т. Козырев создал теорию автоколебаний аэротермоакустических систем ПТД. Теория позволяет решать проблему катастроф и аварий правильно эксплуатируемых самолетов в случаях стихийно сформировавшегося при массовой эксплуатации неблагоприятного

сочетания конструктивно-производственных и эксплуатационно-метеорологических факторов. В Институте проблем прочности АН Украины эта теория была защищена как докторская диссертация. На основе теории В.Т. Козыревым были разработаны инженерные методы расчета термоакустических параметров многих классов двигателей на стадии проектирования, установлен ряд основных критериев, определяющих работоспособность двигателя в эксплуатации. Среди них - критерий заглохания двигателя в полете, возникновения в нем вибрационного горения, нормального горения, квазистационарности системы, оптимальной долговечности и другие. По этой проблематике опубликовано 22 работы, из них 5 монографий.

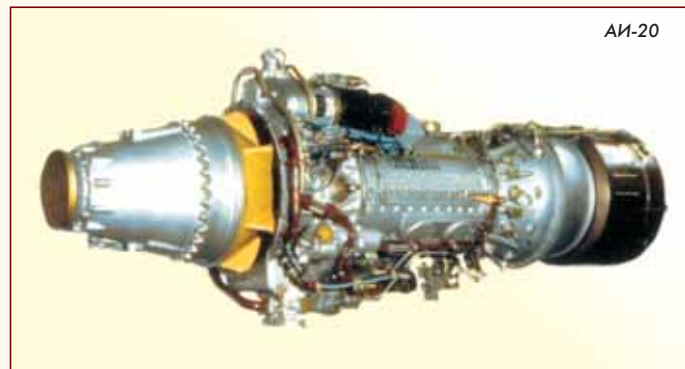
К 90-летию со дня рождения ученого вышла в свет монография: Козырев В.Т. Автоколебательная аэротермоакустика газотурбинных двигателей. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005, 456 с.



АШ-62



РД-45



АИ-20

GLOBATEX AG:

НОВЫЕ СТАНКИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

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

В современных условиях жесткой конкуренции модернизация и техническое перевооружение предприятий является необходимым условием их выживания и рентабельности. При возросшем в последнее время спросе оборудования в России и других

странах СНГ компания Globatex AG делает упор на поставку новых технологий на основе использования высокопроизводительных прецизионных станков, нового оборудования и программных продуктов европейских фирм, а также фирм Японии и США. Компания Globatex AG работа-

- Rüdgers (Германия) - прецизионные высокоскоростные фрезерные многоцелевые станки с компьютерным (CNC) управлением (до 5 одновременно управляемых осей) для выполнения операций фрезерования, сверления, координатного и контурного шлифования и др.;

- Unisign (Голландия) - высокопроизводительные трех- и пятиосевые 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 и вращающейся планшайбы диаметром более 3 м);

- Zimmer + Kreim (Германия) - высокопроизводительные прецизионные электроэрозионные копировально-прошивочные станки с CNC управлением, системы автоматической смены инструментов и деталей, гибкие производственные ячейки и системы;

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

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

- Voumard (Швейцария) - шлифовальные центры для обработки



Рис. 1. RFM 600DS



Рис. 2. RFM 1000S



Рис. 3. RHP 600

ет на рынке СНГ более 14 лет (прежнее название фирмы - Charmilles & Mikron Diffusion), обеспечивая переоснащение предприятий оборудованием, сертифицированным в соответствии с Европейскими стандартами. За это время предприятиям СНГ поставлено более 1000 высококачественных станков.

Развитие рынка и потребности в новом технологическом оборудовании, в т. ч. в прецизионных станках, вынудило изменить стратегию компании и тактику поставок в сторону более широкой номенклатуры оборудования.

Компания Globatex AG предлагает станки и оборудование фирм:

Таблица 1

Технические характеристики станков фирмы RÜDERS

Характеристика	RXP 300	RXP 500	RXP 500DS	RFM 600	RFM 600 DS	RHP 600	RFM 760	RP 800	RHP 800	RFM 1000	RFM 1000 S
Размеры стола, мм	370x350	550x450	250	700x550	Ø 405	700x650	860x550,	900x700	900x838	1200x1000	1200x1000
Макс. высота заготовки при макс. длине инструмента, (включая оправку), мм	300 (90)	340 (110)	200 (110)	385 (110)	350 (110)	350 (114,8)	485 (180)	450 (110)	560 (110)	600 (110)	700 (110)
Макс. масса заготовки, кг	200	400	60	800	125	800	800	800	800	2000	2000
Перемещения по осям, мм											
X	320	500	425	600	405(300)	600	760	800	800	1000	1000
Y	300	400	400	450	450	540	550	600	750	800	800
Z	200	240	240	300	300	300	400	400	500	500	500
Поворотная ось C, °	-	-	360	-	360	-	-	-	-	-	-
Наклонная ось B, °	-	-	+/-95	-	-2 ... +92	-	-	-	-	-	-3 ... +45
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	50 000	42 000	42 000	42 000	42 000	36 000	42 000	36 000	36 000	36 000	36 000
Мощность привода шпинделя, кВт	3,4	14	14	14	14	17	14	17	17	17	17
Конус шпинделя	HSK E25	HSK E40	HSK E40	HSK E40	HSK E40	HSK E50	HSK E40	HSK E50	HSK E50	HSK E50	HSK E50
Число позиций в магазине инструментов (дополнительно)	16 (38)	21 (42)	21 (42)	18	26	30	24	30	30	18	18
Наличие лазерной системы автоматического измерения инструмента	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Масса станка, кг	3800	5500	5500	5200	7000	11 000	6500	12 000	16 000	11 000	13 000

наружных и внутренних (в т.ч. одновременно) цилиндрических, конических поверхностей, плоских торцевых и др. деталей, как правило, с одной их установки;

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

- Rollomatic (Швейцария) - высокоточные шлифовальные и расточные станки с CNC управлением для производства сверл, концевых фрез, бор-фрез и т.п.

Компания Globatex AG предлагает станки более 100 моделей с возможностью объединения некоторых из них в гибкие производственные системы (ГПС) 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 (ПО), которые также призваны существенно повысить технический уровень производства предприятий:

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

тестирования, маркировки и упаковки готовых полупроводниковых приборов;

- 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 трехмерных моделей и опытных образцов деталей;

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

Ниже приведены основные данные о станках фирм Rödgers, Zimmer + Kreim и Seibu.

Фирма Rödgers, отметившая в 2000 г. свой 300-летний юбилей, является одной из ведущих фирм по производству форм для литья под давлением и пресс-форм. Используя свой огромный опыт в области фрезерования, фирма создала в 1991г. первый в мире прецизионный высокоскоростной станок мод. RFM 520 с CNC-системой управления собственной разработки. Этот станок до настоящего времени используется в инструментальном цехе фирмы.

Фирма Rödgers предлагает 11 моделей фрезерных станков серий RFM, RXP, RHP и RP (табл. 1).

Станки серии RFM: мод. RFM 600, RFM 760 и RFM 1000 оснащены шпинделями с максимальной частотой вращения 36 000 мин⁻¹ или 42 000 мин⁻¹ мощностью, соответственно, 17 кВт и 14 кВт. Максимальные значения подачи по осям - 30 000 мм/мин.

Станок мод. RFM 600DS (рис. 1) - 5-осевой прецизионный станок портальной конструкции с высокими динамическими свойствами с наклонно-поворотным столом. Максимальные значения подачи по осям - 60 000 мм/мин, ускорения - до 1,5 g.

Станок мод. RFM 1000S (рис. 2) с наклоняемой шпиндельной головкой предназначен для обработки заготовок с 4 и 5 сторон с одной установки.

Станки серии RXP: RXP 300, RXP 500, RXP 500DS оснащены шпинделями с максимальной частотой вращения 42 000 мин⁻¹ или 50 000 мин⁻¹ мощностью, соответственно, 14 кВт и 4,2 кВт. Максимальные значения подачи по осям - 40 000 мм/мин.

Станки серии RHP: RHP 600 (рис. 3) и RHP 800 - прецизионные высокоскоростные фрезерные станки с возможностью осуществления на них операций скоростного фрезерования, координатного и контурного шлифования трехмерных поверхностей, а также измерений. Эти станки, в которых применены линейные электроприводы, гидростатические направляющие, противовесы с вакуумными устройствами, уравновешивающие шпиндельные головки станков, системы термостабилизации и охлаждения, отличаются высокими динамическими свойствами. Станки обеспечивают особо высокую точность и высокое качество поверхности без образования на ней выступов и



Таблица 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОПИРОВАЛЬНО-ПРОШИВОЧНЫХ СТАНКОВ ФИРМЫ ZIMMER + KREIM					
Характеристика	genius 602	genius 700	genius 850	genius 1200	genius 1700
Высота, мм	2540	2530	2780	2710	3550
Ширина, мм	840	1213	1110	1540	2060
Глубина, мм	1680	2326	1840	1520	1960
Масса, кг	1950	3200	2750	3700	8000
Стол: длина x ширина, мм	576 x 400	575 x 500	840 x 600	1200 x 850	1700 x 1200
Масса обрабатываемой детали, кг	500	700	1000г	3000г	3000
Уровень диэлектрика над столом, мм	365	420	360	410	550
Т-образн. пазы: кол-во x ширина, мм	4 x 10	4 x 10	6 x 10	6 x 12	6 x 12
Расстояние: стол - шпинд. головка без патрона макс./мин., мм	550 / 240 (опция 615/305)	550 / 200	595 / 180 (опция 660 / 245)	650 / 235 (оптим. 750 / 325)	935 / 420
Макс. перемещения по осям X x Y, мм	350 x 250	400 x 350	565 x 400	900 x 680	1250 x 1000
Макс. перемещение по оси Z, мм	315	350	415	405	515
Разрешающая способность по осям X, Y, Z, мм	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Разрешающая способность по оси C, °	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Скорость быстрого перемещения по осям X, Y, мм/мин	2000	18	2000	2000	2000
Скорость быстрого перемещ. по оси Z, мм/мин	4000	18	4000	4000	2000
Масса электрода без вращения, кг	50	100	100	100	500
Масса электрода с вращением, кг	50	50	50	50	50
Объем диэлектрика, л	250	355	400	800	1800
Сменный бумажный картридж для фильтров, шт.	3	2 x 2	4	6	12
Тип генератора	genius	genius (встроенный)	genius	genius	genius

местах сопряжений, обычно требующих дополнительной ручной доводки. Значения подач - 60 м/мин по осям, ускорений - 1,2 ... 1,5 g.

Система CNC-управления типа RMS6 на базе Windows NT, обеспечивает время обработки кадра программы, меньшее 0,1 мс и просмотр программы вперед более чем на 10 000 кадров. Система имеет специальные динамические функции согласования оптимальной подачи инструмента по заданной траектории с динамикой станка.

Фирма Röders создала ряд роботизированных комплексов - гибких производственных систем с использованием некоторых станков указанных выше серий.

Оборудование фирмы Röders может быть эффективно использовано для обработки графитов, пластмасс, закаленных сталей, титановых сплавов и других материалов при изготовлении электродов, матриц, пуансонов, деталей пресс-форм, автомобильных и авиационных двигателей и т.п.

Фирма Zimmer + Kreim предлагает системные решения: автоматизации (смены электродов и деталей), программного обеспечения для электроэрозионных копировально-прошивочных станков (S-EDM) и гибких производственных ячеек (ГПЯ) и систем. Фирма является лидером на рынке Германии в области S-EDM станков и мировым лидером в области систем загрузки/разгрузки станков.

Технические характеристики S-EDM станков фирмы представлены в табл. 2.

Все станки поставляются с неподвижными столами, подъемными рабочими ваннами, а также со встроенной осью С.

Станки мод. genius 1200 и genius 1700 (рис. 4) имеют порталную конструкцию. Каждый из них оснащен двумя одновременно действующими приводами перемещения портала по оси Х. Оба станка оснащены 5-осевой CNC-системой управления.

Станок мод. genius 602. На станке также возможна скоростная прошивка отверстий малого диаметра с использованием насоса высокого давления и направляющей электрода-трубки. Свободный доступ к станку genius 602 с трех его сторон позволяет оснащать его новыми системами смены электродов и деталей. Фирма предлагает ГПЯ типа COCOON (рис. 5), состоящую из S-EDM станка, робота и магазина для электродов и деталей. Внедрение этого комплекса, может стать для потребителей первым простым шагом к автоматизации и основой высокоэффективного производства.

Станок мод. genius 700 (рис. 6). Соотношение "размеры стола/величина хода", в настоящее время непревзойденное на рынке, обеспечивает полное использование поверхности стола. Станок genius 700 в своем классе станков обеспечивает наибольшее мак-

симальное расстояние от поверхности стола до верхнего уровня диэлектрической жидкости. Момент инерции оси С станка, равный 0,6 кг·м², значительно превышает момент инерции оси С аналогичных S-EDM станков других фирм. В отличие от других S-EDM станков серии genius скорости быстрых перемещений по осям в нем наибольшие и равны 18 м/мин.

Фирма уделяет большое внимание объединению S-EDM станков с новыми системами загрузки/разгрузки и их оснащению различными опциями интеллектуального ПО.

Другие станки, используемые в производстве у потребителя, могут быть объединены с системой линейного типа Chameleon, обеспечивающей транспортировку, загрузку/разгрузку электродов, режущих инструментов и деталей.

Фирма предлагает различные опции для S-EDM систем, расширяющие их технологические возможности, в том числе:

- О-модуль для получения обрабатываемой поверхности с шероховатостью, меньшей 0,8 мкм Ra;
- С-модуль для производительной обработки труднообрабатываемых материалов, например, твердых сплавов, и для обработки вращающимся электродом;
- вращающуюся головку для скоростного и точного прошивания глубоких полостей полыми электродами диаметром от 0,6 до 6 мм с использованием С-модуля и с прокачкой жидкости под высоким давлением;
- Q-ось, являющаяся 5-ой полноценной осью для электроэрозионной обработки;
- адаптер для тяжелых электродов, устанавливаемый в головке без снятия стандартного патрона.

Опция genius^{transfer} с джойстиком позволяет измерять обрабатываемые детали и электроды непосредственно на станке, аналогично измерению на измерительной машине. Значения офсетов (смещений) по результатам измерений определяются непосредственно системой управления genius.

Фирма предлагает устройства смены инструментов с магазинами на 16, 24, 50 и более позиций. Некоторые устройства смены предлагаются с опцией идентификации электродов с использованием радиометок.

Система управления genius оснащена базой данных, которую можно использовать как при обработке полостей на отдельном станке, так и при работе группы станков для реализации их максимальных возможностей.

Для решения различных задач управления предлагается система ПО, включающая следующие ее составляющие:

- SUPzuk - ПО для поддержки потребителя;
- SMSzuk - ПО для телеинформации о состоянии работающего оборудования;
- PROGzuk - ПО для подготовки управляющих программ для станков серии genius;
- ПО JOBzuk - для оптимизации работы станков;
- ПО JOBzuk^{genius} - для оптимизации работы станков серии genius;
- ПО JOBzuk^{POCON} - для модернизации систем управления станков фирмы Zimmer + Kreim, находящихся в эксплуатации, путем установки в них нового ПО;
- ПО JOBzuk^{MILL} - для эффективного фрезерования;
- ПО JOBzuk^{CM} - для измерений на станке фирмы Zimmer + Kreim.

Фирма Seibu, впервые предложившая свои электроэрозионные проволочно-вырезные (W-EDM) станки на рынке Японии в 1972 г.,

Таблица 3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНКОВ ФИРМЫ SEIBU			
Характеристика	M350S	M500S	M750S
Тип станка	погружной	погружной	погружной
Размеры заготовки (дл. x шир. x выс.), мм	600 x 550 x 220	800 x 650 x 230	950 x 700 x 300
Макс. масса заготовки, кг	350	800	1000
Перемещения X x Y x Z, мм	350 x 250 x 230	500 x 350 x 310	750 x 500 x 310
Перемещения U x V, мм	120 x 120	120 x 120	120 x 120
Макс. угол наклона проволоки при конусной резке, °	±32	±32	±32
Угол наклона проволоки при конусной резке при макс. высоте заготовки, °	±10	±10	±10
Наилучшая чистота поверхности Ra, мкм	0,05	0,05	0,05
Скорость перемотки проволоки, мм/сек	от 50 до 250	от 50 до 250	от 50 до 250
Натяжение проволоки, Н	от 3 до 18	от 3 до 18	от 3 до 18
Макс. масса заготовки, кг	350	800	1000
Монитор TFT (сенсорного типа)	12,1" цветной		
Интерфейсы	RS232C, PCMCIA, Ethernet		
Автоматическая заправка проволоки	Имеется, в месте обрыва		
Охлаждающее устройство для диэлектрика	Опция	Опция	Опция
Габариты станка (шир. x глуб. x выс.) с приставным оборудованием, мм	2980 x 2250 x 1990	3080 x 3020 x 2070	3385 x 3345 x 2190
Масса станка, кг	2500	3500	5000



Рис. 7. MM 500S

а в Европе в 1978 г. первой в мире создала W-EDM станки с компьютерным управлением в 1972 г. Фирма предлагает прецизионные станки для струйной обработки (серия "М"), погружные станки (серия "MS") и супер-прецизионные погружные станки (серия "MMS").

В табл. 3 приведены основные технические характеристики станков серии "MS". Станки

серии "М" для струйной обработки конструктивно аналогичны станкам погружного типа серии "MS" и отличаются от последних меньшим объемом диэлектрика, количеством фильтр-элементов и деионизационной смолы.

Станки оснащены генератором с антиэлектролизным блоком для бездефектной обработки материалов, содержащих кобальт, титан и др.

Станки имеют совершенную систему управления вырезкой участков контура детали с углами.

Автоматическая заправка проволоки осуществляется первоначально в стартовое отверстие, а в месте ее случайного обрыва - на траектории ее движения. Поскольку проволока не возвращается в стартовую позицию для заправки, обеспечивается практически непрерывная обработка детали с высокой эффективностью.

Благодаря отжигу проволоки в сухом состоянии она сохраняет прямой, заправляется точно и надежно, даже находясь в погруженном в воду состоянии. Отпадает необходимость слива воды из рабочей ванны и последующего ее наполнения. Заправка осуществляется без использования струи жидкости.

Режимы вырезки устанавливаются автоматически с использованием данных о материале детали, ее высоте, диаметре проволоки и форме вырезаемого контура.

О высокой точности станков серии "MS" можно судить по результатам измерений межцентровых расстояний вырезанных

отверстий и сравнения их с заданными, равными 300, 150 и 100 мм. Отмечены максимальные отклонения, составляющие +1 мкм, и минимальные отклонения, равные -1 мкм. Круглость вырезанных отверстий - меньше 0,89 мкм, шероховатость поверхности - 0,05 мкм Ra.

О высокой точности обработки на W-EDM станках серии "MMS" свидетельствуют результаты измерений обработанной на станке мод. MMS 350S матрицы штампа высотой 20 мм для рамки интегральной схемы с внешними выводами, имеющей отверстия, расположенные точно по шагу 50 мм: по оси X - 8 отверстий и по оси Y - 6 отверстий. Обработка велась проволокой диаметром 0,2 мм, число проходов - 7.

Максимальная и минимальная погрешности по оси X равны +1 мкм и -0,7 мкм, соответственно.

Минимальная погрешность по оси Y равна -0,8 мкм, а максимальная составляет +0,7 мкм.

По отдельному заказу W-EDM станки серии "MS" комплектуются устройством для электроэрозионной прошивки стартовых отверстий, устанавливаемым на станке менее чем за 1 мин. Позиционирование по осям X и Y осуществляется вручную с пульта управления.

Информация о других станках и оборудовании, предлагаемых компанией Globatex AG, будет опубликована в следующих номерах журнала.



Рис. 8. Устройство прошивки стартовых отверстий типа Ana-aka Taro

Globatex AG



**Россия, 125130, Москва, Старопетровский проезд, 7а.
Тел./Факс: (+7-495) 739-0375, 739-0376. Факс: (+7-495) 232-3625.
www.globatex.ru**

VI МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН ИННОВАЦИЙ И ИНВЕСТИЦИЙ

Когда мы заканчивали верстку этого журнала, на ВВЦ в Москве в павильоне № 69 открылся Московский международный салон инноваций и инвестиций, анонс которого мы уже давали в предыдущих номерах.

Эта выставка, проводящаяся с 2001 года при поддержке Правительства Российской Федерации и правительства Москвы (а с 2004 г. - под патронажем Торгово-промышленной палаты Российской Федерации), - крупнейшее в России научно-техническое выставочное мероприятие. Так, в 2005 году в работе Салона приняли участие представители более чем 400 организаций и предприятий из 56 регионов Российской Федерации, площадь выставочной экспозиции составила 5 200 метров.

Цели проведения Салона - содействие изобретателям, разработчикам и производителям высокотехнологической продукции в

представлении изобретений и инновационных проектов в интересах продвижения перспективных технологий и продукции на отечественный и зарубежный рынки, развитии взаимовыгодных деловых контактов. Еще одной целью является привлечение внимания потенциальных инвесторов и заказчиков к конкурентоспособным разработкам, активизация предпринимательской инновационной деятельности, определение возможностей эффективного использования интеллектуальных ресур-



сов, научно-технологического, производственного, кадрового потенциала научных организаций и промышленных предприятий.

По заявлению организаторов, в составе выставочной экспозиции представлено около 1800 изобретений и инновационных проектов и разработок, объединенных в 20 тематических направлений во всех областях деятельности.

Программа Салона включает большое число различных конкурсов: инновационных проектов, изобретений, разработок, товарных знаков, выставочных проектов, СМИ и др.

В работе Салона принимают участие представители федеральных, региональных и муниципальных органов власти, Всемирной организации по охране интеллектуальной собственности, делегации из Канады, Бельгии, Китая, Южной Кореи, Франции, Украины, Белоруссии, Болгарии, Польши, Румынии, Эстонии, ряда стран СНГ.

На официальной церемонии открытия Салона присутствовали: министр образования и науки Российской Федерации А.А. Фурсенко, секретарь Исполкома СНГ В.Б. Рушайло, помощник руководителя Администрации Президента Российской Федерации Е.В. Попова, руководитель Роспатента Б.П. Симонов, а также официальные лица из России, Белоруссии, Украины, Франции, Бельгии, Польши, Венгрии, Эстонии, Иордании, Чехии и Румынии.

Соб. инф.

ГАЗОТУРБИННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ГТЭУ-300

Прошедшая холодная зима, вызвавшая многочисленные перегрузки и отключения централизованных энергосетей, заставила искать альтернативные варианты энергоснабжения. Наиболее реальной и экономически выгодной оказывается система автономного энергоснабжения на модульных источниках питания. Она особенно эффективна и удобна для объектов, удаленных от централизованных систем, где надежность энергоснабжения является важнейшим требованием: для небольших деревень и поселков, приисков и промыслов, предприятий, санаториев, пансионатов и медучреждений.

Научно-производственным предприятием "Аэросила" - ведущей российской фирмой по разработке и производству самолетных воздушных винтов, винтовентиляторов, вспомогательных газотурбинных двигателей (ВГТД), а также авиационных агрегатов самого различного назначения - для решения указанной задачи предлагается модульная газотурбинная теплоэнергетическая установка для выработки электрической и тепловой энергии ГТЭУ-300. Установка может одновременно вырабатывать до 315 кВт электрической и 0,6 Гкал/ч тепловой энергии. Она предназначена для автономного питания электрической энергией и теплом небольших промышленных и бытовых объектов. Заметим, что в настоящее время газотурбинные установки указанного класса мощности серийно не выпускаются. Благодаря надежности элементов установка, предлагаемая "Аэросилой", не требует постоянного внимания специально обученного персонала высокой квалификации. ГТЭУ-300 может использоваться как стационарно, так и в качестве резервной, устанавливаемой параллельно существующей энергосистеме для компенсации перебоев энергоснабжения.

При разработке ГТУ использован многолетний опыт ОАО "НПП "Аэросила" в области создания вспомогательных газотурбинных двигателей. В качестве привода в системе используется авиационный газотурбинный двигатель ТА18-100. Это современный вспомогательный газотурбинный двигатель, предназначенный для ис-

пользования в составе ВСУ самолетов и вертолетов. В штатной поставке им обеспечивается воздушный запуск маршевых двигателей летательных аппаратов, электропитание переменным током, а также подача воздуха в систему кондиционирования кабины и салонов.

ВГТД ТА18-100 имеет сертификат типа № СТ211-ВД Авиарегистра МАК, выданный в 2002 г. Двигатель представляет собой одновальный ГТД с отбором сжатого воздуха от компрессора газогенератора. Оптимизация турбокомпрессора (центростремительной турбины), камеры сгорания, редуктора и навесных агрегатов позволила обеспечить экономию топлива на 30 % и существенное (в 2 раза) уменьшение массы двигателя по сравнению с разработанными ранее аналогами.

ВГТД в качестве привода ГТЭУ-300 имеет ресурс по горячей части 25 000 ч при полном ресурсе 100 000 ч. Применение модульной конструкции позволяет эффективно осуществлять диагностику и ремонт двигателя.

Эффективность установки при использовании модуля для получения электрической энергии составляет 24 %, а при использовании модуля для выработки тепловой энергии - 86 %.

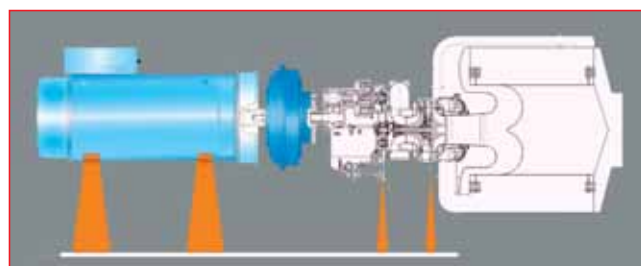
В качестве топлива для работы ГТУ используется дизельное топливо и природный газ.

Энергетическая установка может поставляться в виде одного или двух контейнеров (6х2,33х2,61 м и 4х2,33х2,41 м), а также монтироваться на существующих площадях заказчика.



Основные технические характеристики

Эффективный к.п.д.	86 % (24 %)
Расход топлива, кг/ч	94,6
Масса, т	около 8
Уровень выбросов вредных веществ	
NO _x , ppm	30
CO _x , ppm	17
CH ₄ , ppm	36
Габариты установки:	
электрический модуль, м	3,9х1,2х1,6
тепловой модуль, м	4,9х2,15х1,5
По электрической энергии:	
Номинальная мощность, кВт	315
Номинальное напряжение, В	400
Номинальная частота, Гц	50
Частота вращения ротора генератора, об/мин	1500
По тепловой энергии:	
Номинальная теплопроизводительность, кВт	650
Напор воды, м	90
Рабочее давление, кгс/см ²	6
Мин. температура воды на входе, °С	5
Макс. температура воды на выходе, °С	95



Научно-технический журнал **Двигатель**



выходит с XX века

ОТКРЫТА ПОДПИСКА
на 1907 годъ

на двухнедельный, популярный, научно-технический журналъ

<http://www.dvigately.ru>

E-mail: engine@zebra.ru

Тел./Факс: (495) 362-39-25

111116, Москва, Авиамоторная, 2

Журналъ служить дѣлу

Мы вместе уже который год...



Оставайтесь с нами!

НАШИ УВАЖАЕМЫЕ ДРУЗЬЯ И КОЛЛЕГИ!

С таким заведомо неприбыльным делом, как выпуск научно-технического журнала, могут связываться только увлеченные чудаки, которые считают это дело своим. Своим - и необходимым для всех остальных. Именно такие неравнодушные люди создают наш журнал. Знаем: для таких же людей все мы работаем. В марте 2006 года семь лет, как мы вместе с вами и для вас каждые два месяца выпускаем свежий номер "Двигателя". Земля держится на увлеченных и талантливых людях; одна только красота их дел и спасает этот мир от разных напастей.

По нашему глубокому убеждению, именно двигатель является тем элементом любого устройства, который превращает конструкцию из набора безжизненных элементов в автомобиль, самолет, корабль, ракету, станок, блендер и многое другое, без чего современный человек уже не представляет своего существования. Желание объединить всех конструкторов, изготовителей и потребителей двигателей любого типа определило облик журнала. Хотелось, кроме того, дать слово разработчикам узлов и агрегатов, топлив и масел, создателям новых материалов и технологий, без которых работа была бы невозможна. Наш "Двигатель" с самого начала заявил о себе как о межотраслевом научно-популярном издании. Мы с большим удовольствием размещаем на его страницах самые разные повествования, связанные с историей и перспективами развития как самых различных двигателей, так и всех тех устройств, на которых они работают. При более серьезном анализе прессы оказалось, что (хотя мы и не стремились к тому) журнал такой специализации - единственный в мировой издательской практике.

Задуманное нами, кажется, получилось: внимательно знакомятся с журналом и его интернет-версией специалисты самых разных областей. Для одних мы - источник сведений, необходимых для более глубокого понимания проблем, существующих в промышленности, и путей их разрешения, а для других - кладезь информации о новых изобретениях, проектах и технических новинках, финансовые вложения в которые могут принести ощутимую прибыль. Именно по этой причине все наши статьи подаются в форме, понятной специалисту любой отрасли: ученым и исследователям НИИ, разработчикам из КБ, рабочим, инженерам и технологам предприятий, эксплуатантам, студентам и преподавателям ВУЗов, руководителям всех рангов, менеджерам, экономистам и политикам. И, даже не являясь техническими специалистами, многие читатели с интересом встречают проблемные, исторические и обзорные статьи журнала.

С прошлого года в журнале добавился обширный раздел, специально введенный, чтобы заинтересовать работой с техникой подрастающее поколение: школьников и молодежь. Авторы нового раздела - известные ученые, инженеры, создатели и испытатели новых машин. Следуя классическим заветам, статьи сюда пишутся "так же, как для взрослых, только лучше". Нашу перспективу мы должны предопределять сами: кто же еще?

Благодаря "Двигателю" немало разработок одних отраслей нашли применение в других. Иностранные компании внимательно изучают публикации в нашем журнале. Это подтверждение того факта, что наши конструкторы и технологи много чего еще могут и умеют делать.

Впрочем, не так давно мы, в результате многолетних упорных поисков, нашли в архивах Политехнической библиотеки следы трудов наших прямых предшественников: с 1907 по 1917 годы также в столице (тогда это был Санкт-Петербург) группой энтузиастов издавался ... журнал "Двигатель". И самое интересное, что цели, задачи, методы их решения и даже способ изложения материалов таковы, что мы сами стали сомневаться - а не скалькировали ли мы всю структуру издания у предков?

Но мы - не потомки. Мы - продолжатели. Просто все мы: инженеры, ученые, экспериментаторы и практики - звенья неразрывной цепи инженерной мысли, начала которой уходят глубоко в прошлое, а концы простираются в самое дальнее будущее.

И тем не менее, на самом деле журналу "Двигатель" уже в следующем году... 100 лет! Неожиданно для нас самих, но похоже, что это - старейший из действующих отечественных научно-технических журналов. Воспроизводим рекламную страничку самого первого "Двигателя".

Потенциал нашей промышленности велик, и надо только способствовать его реализации. Для этого мы и работаем. Как и сто лет назад, наш "Двигатель" предназначен для всех, кому не только на словах небезразлично состояние нашей Родины, для тех, кто собирается и дальше жить и работать именно здесь. Мы будем стараться и дальше не обмануть Ваших надежд.

**Читайте наш журнал,
пишите нам,
пишите для нас.**

Останемся друзьями и впредь.

Всегда Ваши:

издатели журнала "Двигатель"

ОТКРЫТА ПОДПИСКА
на 1907 годъ

на двухнедельный, популярный, научно-технический журналъ

ДВИГАТЕЛЬ

Журналъ служить дѣлу
націонализаціи рус-
ской промышленно-
сти, расцвѣтъ которой
неразрывно связанъ съ
распространеніемъ здра-
выхъ понятій о надле-
жащемъ выборѣ и пра-
вильной эксплуатаціи

ДВИГАТЕЛЕЙ и СТАНКОВЪ.

Сообразно съ этимъ:

- „ДВИГАТЕЛЬ“ даетъ обзоръ всѣхъ изобрѣтений и усовершенствованій въ области моторостроенія.
- „ДВИГАТЕЛЬ“ знакомитъ читателей съ новостями машиностроительнаго рынка въ области всевозможныхъ станковъ.
- „ДВИГАТЕЛЬ“ указываетъ лучшіе способы эксплуатаціи двигателей и станковъ всякаго рода, даетъ правила ухода за ними и совѣты относительно ремонта ихъ.
- „ДВИГАТЕЛЬ“ не оставляетъ безъ вниманія всѣ остальныя области техники.
- „ДВИГАТЕЛЬ“ стремится къ тому, чтобы помѣщаемый имъ матеріалъ былъ интересенъ и доступенъ всякому технику.

Условія подписки: за годъ 8 руб., полъ года 4 руб.
Адресъ редакціи и конторы: Петроградъ, Невскій проспектъ, 68-изъ 22.
Издатель А. Нагель. Редакторъ Н. Кузнецовъ.

СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СЕРВИСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Назначение системы

Система предназначена для проведения тяговых испытаний локомотивов, их системы управления двигателями и сервисного оборудования в полевых условиях при наличии мощных электромагнитных помех. Система осуществляет мониторинг и запись 96 тестовых параметров, включая время набора скорости, токи якорей и напряжение возбуждения двигателей постоянного тока.

Особенности конструкции

Система построена на базе двух блоков (крейтов) PXI-1044, установленных в специально разработанном пластиковом корпусе. В левом крейте смонтированы контроллер NI PXI-8175, интерфейс MXI-4 модуль NI PXI-8336, две многофункциональные платы сбора данных М серии NI PXI-6254, цифровая плата ввода-вывода NI PXI-6258, а также специализированные источники питания и блоки связи, предназначенные для изоляции и подключения датчиков тока и напряжения. Во втором крейте смонтированы MXI-4 модуль NI PXI-8336, две платы М серии PXI-6254 и плата цифрового ввода/вывода PXI-6258.

Программное обеспечение разработано в среде LabVIEW 7.1 с использованием драйвера NI-DAQmx.

Обзор системы

Система обеспечивает проведение испытаний электрических двигателей и сервисного оборудования локомотивов. Она состоит из нескольких модулей ввода-вывода, к которым подключены датчики силы тока (до 750 А), датчики напряжения (до 3 кВ) и цифровые линии (до 50 В). Датчики контролируют параметры шин питания двигателей, шины контактной сети, шин питания системы охлаждения сервисного оборудования и вспомогательной аккумуляторной батареи. Программное обеспечение осуществляет сбор и хранение релейных сигналов управления электрическими двигателями и сигналов управления вспомогательным оборудованием. Внешний вид крейта в ударопрочном корпусе приведен на рис. 1.

Система смонтирована в компактном надежном ударопрочном корпусе и может быть размещена в непосредственной близости от датчиков. Важно отметить, что хорошая электромагнитная совместимость крейтов PXI позволяет эксплуатировать систему при наличии высокого уровня электромагнитных помех в локомотиве.

Различные PXI-крейты располагаются в центре каждой секции локомотива и соединя-



Рис. 1. Система для проведения испытаний электрических двигателей локомотивов, выполненная в специализированном ударопрочном корпусе

ются друг с другом оптоволоконным кабелем. Внутренний вид секции локомотива представлен на рис. 2. Вся собранная информация сохраняется на жестком диске PXI-контроллера и отображается на экране монитора, расположенного в кабине машиниста. Система работает под управлением операционной среды WindowsXP с использованием технологии Remote Desktop, что позволяет использовать любой компьютер для предоставления информации машинисту. Внешний вид экрана монитора в кабине машиниста представлен на рис. 3.

Основными достоинствами системы явились возможность ее использования при наличии мощных электромагнитных помех, создаваемых оборудованием локомотива, а также минимальное время, необходимое для установки системы в локомотив и подключения датчиков, - все операции занимают не более 20 минут. Следует отметить, что установка ранее использовавшихся систем занимала около 8-16 часов.

Заключение

Использование расширенных возможностей драйвера NI-DAQmx, а также гибкости среды LabVIEW в сочетании с рядом новейших технологий, реализованных в платах сбора данных М серии и интерфейсных модулях MXI-4, позволило создать распределенную, гибкую, простую в установке недорогую высокопроизводительную тестовую систему. Хорошая электромагнитная совместимость крейтов PXI позволяет эксплуатировать систему при наличии высокого уровня электромагнитных помех в локомотиве. Разработанная на базе модульной структуры PXI с использованием возможностей среды LabVIEW система может быть легко модернизирована для удовлетворения новым требованиям или для решения новых задач.



Рис. 2. Внутренний вид секции локомотива



Рис. 3. Панель программного обеспечения

Разработка компании
"Автоматизированные Системы Контроля",
National Instruments Alliance Member.
National Instruments Russia.
119361, Москва, ул. Озерная, 42, оф. 1101.
Тел.: (495) 783-68-51.
Факс: (495) 783-68-52.
e-mail: info.russia@ni.com

WELCOME, ABROAD!

(ПРИВЕТ, ЗАГРАНИЦА!)

Лев Ио

Часть 2

Тем временем Лойола принес к проектору последний слайд: "Принятые и планируемые меры", среди которых Ион отметил два: "...1. М. Лойола, К. Ввола и И. Одров (Surcom RU) провели экстренное совещание 18.06" (т.е. на второй день после аварии! Вот главный смысл срочного вызова Одрова!)... "5. В Surcom RU для аналитического исследования причины дефекта создана firing team (пожарная команда, англ.) в составе И. Одрова..."

- Кого еще добавим, Ион? - спросил Мауро.

- В. Коваль, В. Федотов, - бодро отрапортовал Одров. "Это пока единственное, что я внес сам, от фирмы Surcom RU, всю остальную презентацию Мауро и Ввола подготовили без моего участия, но этот "вклад" можно было бы внести просто по телефону или по электронному письменному ящику. В общем эти, весьма заметные затраты на "ионопутешествие", понесенные фирмой - матерью Surcom France, нужны лишь для показухи", - подвел для себя (и внутри себя) итог всего совещания Ион и невольно глянул на часы, переведенные еще в самолете на местное время: 19.55.

- ...Да, да ты устал, с дороги же... Спасибо большое, что прилетел, - воспользовался Мауро жестом Одрова, заканчивая таким образом официальную часть честного собрания. "Неужели в ресторан поволокут?" - подумал с ужасом Ион. (Надо сказать, что французские, немецкие, да и русские сотрудники Surcom'ов с удовольствием использовали представительские фонды своих бюджетов для прокормления коллег-гостей и себя, а иногда также и своих жен и даже детей как сочувствующих). В какое другое время Ион был бы и не прочь, но он и правда к этому времени заметно потерял форму. Слава богу, Мауро имел какие-то иные планы на вечер, а кушать по системе 1+1 (т.е. Ввола + Ион) было в концерне не принято, так как такие вот "тет-а-тет посиделки" могли быть истолкованы как встреча для обсуждения коррупционных делишек.



Всю эту информацию Ион подобрал из быстрого обмена репликами Мауро и Квина, исполненного на своем родном французском (те думали, что Одров галльского не знает).

- Еще раз большущее спасибо, Ион, за то, что прилетел, - подвел итог на английском Мауро. - Сейчас тебя Квин отвезет в отель "Блумасон" (мы тебе там заказали номер), а завтра ты с ним составишь план проекта и возьмешь сгоревший образец лопатки в Москву.

- Спасибо, - ответил Одров. - Но отвезти нужно не в "Блумасон", а в "Верасон", номер в который я забронировал, будучи еще в Москве.

Возникла немая сцена... Французы в значительной части своей ужас как прижимисты (как, между прочим, многие западники). Причина замешательства Лойолы заключалась в том, что стоимость номера в "Верасоне" была на 50 FF больше, чем в "Блумасоне", и Мауро с Квином было жаль потери этой малой толики денег (составлявшей всего 0,6 % от стоимости всего "ионопутешествия"). ("Кто всю жизнь экономит на спичках, в конце своего жизненного пути останется с большим количеством спичек", - тут же сочинил Ион новую поговорку). С большим интересом Ион ждал: как братья-французы выйдут из щекотливого положения? Первым, как всегда, нашелся Лойола:

- Одну из двух броней нужно отменить, - строго сказал Мауро, глядя на Одрова и перебрасывая мяч на ионову половину корта. "Не на тех напали", - усмехнулся внутри себя Одров, а вслух с туповатым видом произнес: "Так как вы использовали электронное бронирование, а я, не владеющий этим искусством, звонил лично, то поеду в "Верасон", а там попрошу портье связаться с "Блумасоном" и снять заказ".

- Договорились, - вздохнул не привыкший к поражениям Лойола. - До завтра...

Автомобиль, ведомый Квином, преодолел расстояние от фирмы Surcom France до отеля за 10 минут, и тут ортодоксальный Ввола попал в затруднительное положение: движение здесь строго регламентировалось, поэтому подъехать к дверям отеля "Верасон" было не так-то просто...

- Давай, Квин, я сам дойду, - предложил Одров (путь до отеля составлял метров пятьдесят по прямой, а весь "ионобагаж" весил не более трех кило, даром что сумка была дорожная, но маленькая).

- Ион, и не думай, для меня, француза, доставить гостя к подъезду отеля - это дело чести, - горделиво-надменно ответил Квин и тут же заехал под "кирпич", стукнув, однако, по тормозам десятью метрами дальше знака... Откуда в 8.20 вечера из пустынного околоотельного пространства взялись два дорожных полицейских Одров так и не понял (он потом из любопытства исследовал место поимки квиновского "Пежо", но никакого укрытия, никакого мало-мальски заметного бара или кафешки не нашел. Ну, точно: из знака "кирпич" материализовались...) Слабенький французский Иона тем не менее позволил ему понять, что ошибка Квина будет стоить последнему 400 FF (около \$80) в качестве штрафа за нарушение... Сам неожиданно для себя Ион вдруг на английском языке стал упрашивать полицейских не наказывать Квина, объяснив и квиновское гостеприимство и нечаянность нарушения... Ввола возмущенно ел глазами Иона (во-

дила-то он, Квин!), а полицейские... полицейские слушали (это, как потом выяснил Ион, ничего не значило: обычно, если провинившийся начинал говорить, то вежливые западные гаишники всегда слушали, и если речь нарушителя сводилась к простой оправдательной болтовне, то приговор не менялся, если же словоизвержение нарушителя содержало угрозу или попытку подкупа, то штраф значительно увеличивался...). Удивительным оказалось другое: выслушав сбивчивую, но правдивую речь Иона о том, как его, иностранца, гостеприимный г-н Ввола хотел доставить к дверям отеля "Верасон", да вот заплутал, через 10 метров после совершенной ошибки сам тормознул и теперь не знает, что делать, полицейские переглянулись и, видимо, старший из них сказал Квину: *"Подавай назад, потом свернешь направо, через перекресток опять направо, затем снова направо и Вы у отеля. Штраф платить не нужно"*.

Сам офигевший Ион (он начал балаболить чисто рефлекторно, привыкший в России, что главное при общении с сотрудниками ГИБДД это то, как ты ведешь самое Общение) сказал Квину: *"Смотри, и у Вас можно результативно общаться с полицией"*.

- Да нет, у них, наверное, был *lucky day* (счастливый день, англ.), - смущенно ответствовал Ввола, подтрунивая к отелю "Верасон".

- Ну да, выскочили бы они тогда, как двое из ларца, - подумал Ион, но вслух ничего не сказал...

Войдя в отель, Ион первым делом позвонил Ковалю домой. Владимир, понятное дело, с нетерпением ждал "ионозвонка"... Он тоже страшно обрадовался факту невиновности группы "Охлаждение" в аварии и попросил узнать наработку (суммарное время эксплуатации) турбины и привезти хотя бы один полусгоревший сопловой аппарат. Затем Одров принял душ и спустился в холл отеля с целью перекусить в приятельском же ресторане. Однако оказалось, что сегодня вся Франция (или только провинция Лион) отмечает-таки какой-то праздник. Одров понял только, что не "Божоле пришло" (по причине этого торжества он видел толпы французов, пляшущих на площади где-то поздней осенью - ранней зимой в один из прошлых визитов) и не день взятия Бастилии (14 июля, эту дату Ион помнил почему-то хорошо). По поводу этого праздника хозяин угощал постояльцев отеля весьма приличным местным вином и тарталетками совершенно бесплатно. У нас в России по случаю праздника взвинтили бы цены (как на цветы перед восьмым марта), чтобы больше бабок из населения за те же услуги срубить, а здесь, вишь ты, деньги фактически раздают... Ион с грустью вспомнил одно из "преимуществ" социализма: в СССР гос. вспомоществование и допаяк нашим малоимущим академикам выдавали, а ихние академики (многие из которых, как и наши, были руководителями крупных научных центров) сами делали и делают регулярные взносы в Академию в фонд поддержки исследований молодых ученых. И советские пропагандисты не понимали (или врали, понимая, - да какая на фиг разница, разве что дурак лучше сволочи), что эти взносы означают, что у них академики получают немерено и не халатные государственные деньги большей частью.

...Утром в восемь по местному времени Ион уже был в офисе Surcom France. Контора была полна народу, поскольку многие начинали работу в 7.30, а то и раньше. Такой распорядок дня (ранний приход и ранний же уход) вообще свойственен работникам Запада, и это разумно, так как высвобождает время для вечерних мероприятий. А у нас: начало работы в 9...10 утра, окончание в 18..19. А тогда часть сооружений уже закрыта, промтоварные магазины - тоже в большинстве своем не работают. Домой попадаешь где-то после 8 вечера. И на какое культурное времяпровождение остаются время и силы?

...Однако Квин Ввола, который по замыслу Мауро Лойолы должен был полдня с Одровым провести, все старался сдвинуть эти полдня на послеобеденное время... А Иону нужно было отправляться на электричке Лион - Париж в 16.30, чтобы успеть на вечерний рейс Париж - Москва. От фирмы до железнодорожно-



го вокзала добираться недолго и пешком, но по тридцатиградусной жаре, так что Surcom France должен быть покинут не позднее 16.00 (и билет ведь на электричку еще надо купить).

- Ничего, ничего, - сказал Квин Иону в ответ на изложенный Одровым план самозащиты, - *задержимся до 17 часов, и я сам отвезу тебя на своей машине в аэропорт*.

Одров с удовольствием принял предложение Вволы и занялся своими другими служебными обязанностями: он подходил к французским инженерам, как ведущим совместные работы с Surcom RU (узнать все ли в порядке, не требуется ли организационная или техническая помощь и т.д.), так и к не работающим в настоящий момент с россиянами, но могущими стать Заказчиками... Наконец, в 15.30 к Одрову подбежал Квин.

- Извини Ион, времени совсем мало, с португальцами (фирмой-изготовителем лопаток SARU была "Porto" из Лиссабона) договариваемся о срочном производстве новых лопаток, а то как бы резервные турбины в Роквеле тоже не вышли из строя...

Опытным менеджерам Вволе и Одрову хватило на обсуждение 40 минут: за первую половину этого времени они составили план проекта, за вторую - согласовали цену работы. Сгоревших железок Одров, как он и ожидал, не получил ("Они в обработке для препарирования", - сказал Ввола), на второй важный вопрос, очень интересовавший Ковалю: какая суммарная наработка изделий перед катастрофой, Ввола ответил: *"Что-то около 2000 часов"*. В итоге где-то в 16.10 обсуждение было закончено, и тогда Квин вдруг возьми и весело скажи: *"А за двадцать-то минут ты успеешь доскакать до вокзала"* ("Это по жаре-то!" - подумал Ион и догадался, что Ввола слегка мстит за вчерашнюю победу Одрова в диалоге с французскими гаишниками).

Не сказав ничего, кроме "Прощай", он двинул на вокзал в режиме "аллур три креста", несмотря на то, что вчерашнюю поездку по маршруту "аэропорт - Лион" он проделал на taxi. *"Такая вот наша любовь - без всяких сантиментов: когда мы нужны - к сердцу прижмет, а иначе на фиг пошлет"*, - успел подумать Одров, вскакивая в трогавшуюся электричку...

3. В понедельник, ранним утром 22 июня, состоялось совещание Одрова, Ковалю и Федотова, на котором Ион кратко изложил результаты поездки и свое впечатление об оной... Коваль, как обычно, начал свой спич с внесения сумятицы: *"А где сгоревшие лопатки? Тащить тяжело было?"*

- Тащить было бы действительно тяжело, и, видимо, Квин меня пожалел - не дал этой тяжести с собой: сказал, что они сделают из лопаток SARU продольные нарезки и пришлют фотографии почтой.

- Ну хорошо, а где эксплуатационный рекорднинг, нужный, чтобы понять наработку и характер эксплуатации детали, - уже по делу спросил Владимир.

- А мы обойдемся без рекорднинга - пиши электронное письмо Квину: "Как передал на словах Одров, наработка SARU перед поломкой составила 2000 часов." Указываешь в адресах рассылки также меня и Лойолу в копиях, вот и все - готов документ.

- ОК, а чего же от нас хотят?

- Вот с этого и начинать надо... Слушайте сюда. - Ион наконец взял лист бумаги (Коваль ужас как не любил писать, даром что Одрова комиссаром - болтуном обзывал). - Вы берете лопатку SARU и проверяете, что будет, если использовать сниженный расход на охлаждение α_1 при номинальной температуре T_2 . Моделируется прогар, а затем настроенная таким образом модель лопатки используется для вариантных расчетов:

1) проектного режима (α_2, T_2),

2) состояния детали при наличии производственных отклонений $d = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$.

- Ну, все ясно... больно ты умный, - багровея, произнес Коваль, и Ион понял, что постановка задачи правильна, но придется выслушать словесный понос Владимира (Виктор Федотов во время совещания молчал). Он будет молчать и во время поучений Ковалем малокомпетентного в охлаждении Иона относительно сложностей в настройке модели и т.д., а потом они, Федотов и Коваль, пойдут делать свою толковую и нужную работу. "За непрофессионализм можно и пострадать слегка", - думал Ион, направляясь на свое рабочее место через десять "поносных" минут...

В этот же день Ион получил, как адресат "СС" (то есть копии) письмо от Коваля в Surcom France насчет фиксации цифры 2000 как приблизительном количестве наработанных SARU часов до катастрофы. Единственная неточность, допущенная Ковалем, заключалась в том, что в качестве главного адресата он указал Лойолу. Это было мгновенно исправлено последним в письме-ответе Мауро: "In future Memos please make K. Voila as main addresser" ("В будущих письмах, пожалуйста, указывайте К. Ввола как главного получателя", англ.). "Но почему?" - спросил Коваль у Одрова. "Менеджер менеджера чувствует издадека", - усмехнулся про себя Ион, а вслух объяснил: "Мауро не хочет быть главным адресатом, поскольку ответственность за сгоревшие лопатки он перекладывает полностью на Квина"...

Прошел месяц. Ион и думать позабыл об этом, в общем-то небольшом проекте...



Напоминания пришли сразу аж с трех сторон. Первой позвонила Варова, фининспектор компании, с вопросом: "Почему вы не закрываете проект № 666 (тот самый: "Исследование причин катастрофы в Роквеле и параметрический анализ функционирования сопловых лопаток SARU")?" Ион поморщился. Во-первых, потому что в голове у него сразу возникла модифицированная картина М. Чюрлениса "Весть", где Варова была карикатурой вестника. Одров вообще не любил Варову: последняя все время совалась в кабинеты Верховных менеджеров с различными подлыми наветами на финансовую деятельность Иона. Будучи разоблаченной, она продолжала подгаживать более мелкими фрагментами: например, затягивая подписание бумаг отдела посредством выдумывания различной околесицы, якобы могущей помочь фирме сэкономить расходы. "Ты, Ион, напиши "Обоснование...", прежде чем просить покупку себе нового кресла... Ну и что же, что старое сломалось, сидеть можно и на стоящем в гардеробе потертом временем стуле (предназначенном для участия в Процессе Одевания и Раздевания сотрудников отдела, - прим. автора)!"... Вообще с фининспекторами компании не особенно везло... Так, Шарова, фининспектор отдела 12, сидела в голове Иона с эпитафией "Анна, еще не на шее, но уже на голове", поскольку с вульгарностью простолюдинки, оказавшейся около царского трона в результате схожей с Анной I карьеры, попирала своими каблуками всю производственную вселенную, постоянно мучая всех смесью некомпетентности с бабской вздорностью.

Во-вторых, в данном случае Варова была права: безалаберный во всем, что касается бухгалтерии проектов, Коваль постоянно плодил перерасходы. Только Одров успел отбрезжаться от Варовой, сказав, что взял этот вопрос на контроль и собирается сегодня же провести совещание с Владимиром, как материализовалось второе напоминание. Коваль явился сам и сразу начал жаловаться на отсутствие посылки с обещанными Квином фотографиями нарезок.

- А ты к начальнику архива Фуину обращаешься? - спросил Ион, вспомнив сразу Аркадия Гайдара с его "Военной тайной". Дело в том, что на предприятии была высоко поставлена борьба за предохранение от потери коммерческой тайны. Возглавлял же эту борьбу г-н (скорее, все-таки, товарищ) Фуин. Печальный образ этого рыцаря по безопасности слегка забавлял Одрова: в полудомашней клетчатой рубашке, с выражением беспредельной деловой озабоченности на красном, видимо, от постоянной и беспокойной бдительности, лице все время к месту и нет вещал о коммерческой тайне. Был отличен благодаря служебному усердию, венцом которого явилось обнаружение в мусорном мешке залитых спитым чаем и усыпанных окурками страниц из технического отчета. Последние, хотя и не имели никакого грифа конфиденциальности, но потенциально могли же ведь его и удостоиться!..

Незадолго до этого, правда, страж конфидента не дрогнувшей рукой сломал бумагорезательного "крокодила" в результате сильно абстрактных "опытов чистого разума": из полупрофессионального любопытства засовывал туда различные плотные бумагородственные предметы. Этим он лишил сотрудников отдела возможности уничтожить бумаги указанным способом... Иностранному клиент, для которого собственно и изготавливался упомянутый отчет, удивленно спросил рассказавшего ему этот эпизод Иона: "А что, на фирме были случаи, когда посторонние такие вот мусорные мешки изучали?" - "Да нет," - ответил Ион, - "это у нас ученья идут, пока один Фуин лазает". Так вот, поскольку Фуин импортных языков не знал, он, случалось (будучи, видимо, в припадке особой, буйной бдительности), загружал переводом входящих документов (задерживая тем самым доставку почты, иногда весьма срочной) единственного отдельского переводчика, подчиненного почему-то Начальнице ГОМ (Группы Офис - Менеджеров)...

Ион догадывался, почему это случилось...Как-то Мылова, начальница ГОМ, попав во временную немилость к Г-НО и желая показать свою востребованность, со служебным рвением

вкупе, отчаянно попыталась (и безуспешно в итоге) стать, как минимум, посредником между Ионом и переводчиком. Она и не подозревала даже, что сам Ион давно доверил общение с переводчиком всем ответственным сотрудникам отдела, вmeshиваясь в его деятельность лишь для указания приоритетов при перегрузке переводчика. Под знаменем борьбы за здоровье пожилого (но очень молодого и практически не болеющего) переводчика Виктора Мироновича и без всякой поддержки этого начинания последним потребовалась перед переводом на немецкий набрать на компьютере весь рукописный русский отчет, написанный главным специалистом группы "Прочность" Владимиром Сундыриным... В результате чуть было не сорвали поставку отчета в Германию и едва не оказались по уши в том, в чем положено. Впрочем, Мылова - всегда в белом... Иона каждый раз подмывало приветствовать ее: "Здорово, вредитель".

Вторая жалоба Владимира была куда более серьезной: он доложил Иону, что им (сотрудникам "Охлаждения") так до сих пор не удалось смоделировать прогар.

- Понимаешь, Ион, мы и так и эдак в разумных пределах меняли коэффициенты внутренней и внешней теплоотдачи для случая (α_1, T_2) , ну не прогорает лопатка SARU ни через 2000 часов, ни через 20 000, и что с этим делать неясно. Стоим на этапе верификации модели, и все тут...

- Что, так хорошо охлаждение узла спроектировано? - улынулся Одров.

- А может португалы так сильно отклонились от чертежных данных, что мы и не представляем себе, - растерянно произнес Коваль...

- Отличная мысль, - возбудился Одров, - Володя, а возможно попробовать поискать эти отклонения, которые иностранцы, быть может, произвели?

- Так ведь время проекта истекло, да и бюджет мы уже перерасходовали...

- Это я беру на себя, сегодня же свяжусь с Квином или Мауро по этому поводу.

- Договорились. Я пошел к Фуину за письмом, а потом к Федотову ставить новые граничные условия... - и Коваль удалился, даже не произведя очень уж много шума, как зачастую.

- Это потому, что у самого рыльце в пушку, - подумал Ион, - Сам хрен знаешь, что делать...

Третье напоминание пришло звонком самого Квина: "Bon jour, Ion. Тут мне счет не очень понятный пришел на 7850 FF за твоё путешествие месяц назад, не мог бы ли ты объяснить, почему так много?"

- Мог, - начал веселиться Одров, - если нужно, фининспектор компании тебе пришлет детальную разбивку до сантимата ("Пусть Варова потрудится, посидит хоть на месте немного, все меньше будет подличать," - подумал Ион), но на память я тебе и так скажу: приблизительно 4000 FF - билеты на самолет, около 3000 FF - плата за наземный транспорт (такси в Лион и электричка из Лиона в парижский аэропорт), 550 FF - за ночь в "Верасоне" и 400 FF, извини, суточные.

- Так-то понятно, - задумчиво протянул Ввола, - А что такое суточные?

- Это, Квин, то, что я могу в вашей Франции потратить безотчетно, то есть на себя: например, съесть чего-нибудь, купить сигарет и прочее.

- Да-да, у нас на фирме тоже есть нечто подобное, но я знаю, что мы платим Вашим сотрудникам эти суточные здесь, во Франции.

- Это тем, кто прикомандирован к Surcom FR на долгий срок, а кто прилетает на короткое время, как я, наша финчасть выплачивает суточную мзду здесь, а опосля фининспектор Вам сие сообщает.

- А, ну ясно, но пусть ваш фининспектор пришлет полную разбивку...

Забегая вперед, скажем, что Квин на этом, однако, не остановился - через десять минут после окончания ионо-квиновского



разговора к Одрову подошел смущенный Остап Родин, кандидат наук, бывший сотрудник ЦИАМа, и спросил: "Вы не знаете, Ион Александрович, как объяснить звонок г-на Квина Ввола, который, протелефонировав мне только что, спросил, получали ли я суточные в Москве, когда летал в Лион три месяца назад на неделю?"

- Ну и что Вы ответили? - холодея от ужаса за возможную языковую ошибку, поинтересовался Ион.

- В Москве, конечно.

- А что еще спросил?

- Да ничего больше.

("Бог мой, совсем нас за быдло держат, даже повод для звонка Родину поленился придумать", - раздраженно подумал Одров)...

Вернемся, однако, к телефонному общению Квина с Ионом. Ион, воспользовавшийся случаем, продолжил разговор: "Квин, мы тут в затруднении: никак прогар SARU через 2000 часов наработки смоделировать не можем..."

- Почему через 2000? Он сгорел по истечении всего 50 часов...

- Вот это да!

- А Вам что за печаль? Прогар, он и есть прогар...

- Ну как же, Квин, ты же классный физик (тут Ион польстил Вволе: физик-то тот был не очень. Однажды он поразил Одрова своим непониманием того, как внутри канала может возникнуть область со сверхзвуковым течением, если на входе и выходе из канала скорость потока дозвуковая, - и "элементарно, Ватсон" для тех, кто знает основы аэродинамики), ты должен понимать, как важно знать, КОГДА началась катастрофа: фактически сразу (50 часов наработки) или спустя некоторое, довольно продолжительное время (2000 часов эксплуатации), ведь прогар настолько нестационарный и неустойчивый процесс...

- Хорошо, хорошо, пришли мне обоснование на дополнительные затраты, связанные с перемоделированием SARU.

- ОК, а как с фотографиями нарезок?

- Пока никак, ждите, лабораторный отдел загружен до предела другими, более срочными, заказами. Пока.

Ввола положил трубку, свертывая разговор. "Уй", - подумал Ион, - "пусть теперь Коваль увидит, что значит хороший король". Ион чувствовал себя востребованным руководителем, а не просто посредником, когда передавал разговор с Квином ошавшему от таких новостей (50 часов вместо 2000) Ковалю...

(Продолжение следует)

О СОПРОТИВЛЕНИИ СРЕДЫ ПРИ ОБТЕКАНИИ ТЕЛ

Юрий Михайлович Кочетков, д. т. н.

При движении аппаратов и механизмов в различных средах возникает сопротивление, тормозящее движение. При этом энергия двигателей аппаратов используется не полностью. Часть теряется – рассеивается, переходит в тепло и нагревает окружающую среду.

Соппротивлением среды движущемуся в ней телу люди интересуются очень давно. Известно, что еще древнегреческий философ Аристотель, изучая движение различных тел в воде, выдвинул гипотезу о сопротивлении жидкостей. Великий ученый сделал два важных заключения: во-первых, чем тяжелее тело и чем меньше площадь его поперечного сечения, тем быстрее оно падает (площадь $F \downarrow \Rightarrow$ скорость $V \uparrow$) и, во-вторых, чем плотнее и гуще среда, в которой движется падающее тело, тем сильнее она замедляет его падение. Из второго заключения следует, что с уменьшением плотности среды скорость падения увеличивается (плотность $\rho \downarrow \Rightarrow$ скорость $V \uparrow$) и, как далее утверждал Аристотель, – в пустоте все тела падают с одинаковой скоростью.

Впоследствии великий итальянский ученый Галилео Галилей, проводя изящные исследования процессов движения тел в плотных средах, логически доказал равенство скоростей падающих тел. Но вся сила галилеевского гения проявилась в другом – в открытии принципа инерции, одного из самых неочевидных принципов в истории физики. Если движение происходит в вакууме и отсутствуют все виды сопротивления, то тело может сколь угодно долго двигаться равномерно и прямолинейно даже тогда, когда сила на него больше не действует. Это открытие легло в основу механики, практически все математические описания физических процессов основаны на этом принципе.

Свои философские умозаключения Галилей и его многочисленные ученики блестяще подтвердили опытами, бросая с высоты тяжелые ядра. Они установили важный факт: чем больше скорость движения, тем больше сопротивление, оказываемое на него средой (скорость $V \uparrow \Rightarrow$ сопротивление $R \uparrow$).

Если ядро бросать горизонтально, то на него будет действовать сила сопротивления в двух направлениях: в направлении, противоположном направлению бросания, и в вертикальном направлении. По просьбе своего друга – канонира из старого замка итальянский математик Николо Тарталья первым исследовал траекторию артиллерийских снарядов с целью определения их наибольшей дальности полета. Он построил таблицу зависимости дальности полета от угла вертикальной наводки орудия. Однако теория Н. Тартальи была очень приближенной, так как в то время он еще не знал законов свободного падения тел и зависимостей для сил сопротивления.

Следующим "шаробросателем" стал величайший английский ученый Исаак Ньютон, который не только лично провел обширные опыты с падением шаров, но и привлек к подобным экспериментам своих учеников. Один из них – Ж. Дезаюлье получил наиболее убедительные доказательства утверждения Аристотеля. Используя воздушные насосы, Дезаюлье сумел откачать воздух из стеклянной трубы длиной около 5 м. Он по-

казал, что золотая монета и кусок бумаги при падении в сильно разреженном воздухе достигают дна трубы одновременно. В заполненной же воздухом трубе бумага отстает от монеты на половину высоты. Первые опыты Дезаюлье носили чисто демонстрационный характер. В дальнейшем его последователями были получены более строгие количественные результаты. Знаменитый французский ученый Декарт исследовал движение тела в эфире, воздухе и воде. Ученый полагал, что плотность этих веществ значительно различается и увеличивается по направлению от эфира к воде. Декарт показал, что поток частиц, ударяясь о лобовую поверхность тела, образует уплотнение, а за хвостовой частью, наоборот, возникает разрежение потока. Частицы, стремясь переместиться из зон уплотнения в зоны разрежения, обтекают тело и создают вихри. На их создание расходуется часть энергии движения тела, и это есть главная причина возникающего сопротивления, которое в конце концов останавливает тело. По мнению Декарта, величина сопротивления R должна быть пропорциональна первой степени скорости течения V ($R \sim V$).

Качественное предсказание Декарта было подвергнуто экспериментальному анализу величайшим исследователем из Голландии Христианом Гюйгенсом. Путем чисто умозрительных рассуждений Гюйгенс пришел к выводу, что сопротивление воздуха или воды движению твердого тела должно быть пропорционально не первой степени, как думал Декарт, а второй. Он провел эксперименты, в которых осуществлял буксирование под водой деревянного цилиндра при помощи падающего груза, и первым в истории показал, что сопротивление пропорционально квадрату скорости ($R \sim V^2$).

Понимая важность экспериментальных исследований, Ньютон, как и многие его коллеги – ученые того романтического времени, неустанно экспериментировал. Его эксперименты охватывали широкий диапазон параметров, влияющих на сопротивление потока движущимся телам. Эксперименты проводились в воздухе, воде, ртути, других средах и были блестящими для своего времени, но Ньютон считал более важным, чем эксперименты, теоретическое обобщение. Он первым гениально положил в основу механизма сопротивления инерцию массы жидкости. Ньютон показал, что сопротивление движущемуся телу пропорционально массе набегающих на него частиц жидкости. Оно должно быть тем больше, чем больше поперечное сечение тела F , плотность жидкости ρ и сила удара каждой частицы V^2 . Следовательно, сопротивление пропорционально произведению:

$$R \sim \rho V^2 \cdot F$$

Получив такую умозрительную зависимость, Ньютон столкнулся с трудностью получения количественных результатов. Для того, чтобы вычислить вели-

чину силы сопротивления в единицах силы, например в фунтах, мало знать, чему она пропорциональна. Нужно найти математическое соответствие сил инерции силам сопротивления. Ньютон ввел понятие коэффициента сопротивления, которое явилось самым важным достижением великого гения в этом разделе физики. Именно в этом коэффициенте пропорциональности оказались скрыты многие головоломные задачи гидродинамического сопротивления, раскрытие которых составило существо гидроаэродинамических исследований последующих столетий.

Дальнейший расцвет науки гидродинамики связан с именами трех величайших ее основоположников: француза Жака Лерона Даламбера и петербургских академиков Даниила Бернулли и Леонарда Эйлера. Работы этих трех теоретиков легли в основу всей современной гидродинамики. Заслуга Даламбера состояла в том, что он сформулировал знаменитый принцип о том, что все законы, теоремы и уравнения движения системы могут быть получены из законов, теорем и уравнений простым добавлением сил инерции к внешним силам, действующим на систему. Этот принцип называется принципом Даламбера. С Даламбера начинается история развития динамики систем.

Гидродинамика Даниила Бернулли - пестрый набор необычных задач, тонких наблюдений, неожиданных открытий и остроумных рассуждений. Он рассматривал движение жидкостей в трубах и каналах, их истечение из отверстий, колебания жидкости в сообщающихся сосудах, изменение формы водной поверхности в ускоренно движущихся и вращающихся резервуарах. Как теоретик Даниил Бернулли ярко проявился при исследовании общеметодических вопросов гидродинамики. Он первым интуитивно применил к течению жидкостей фундаментальный закон сохранения суммы потенциальной и кинетической энергии. Этот принцип Бернулли позволил ему вывести фундаментальное уравнение гидро- и газодинамики - уравнение Бернулли, которое устанавливает сохранение полного давления потока в системе и выражается в виде суммы статического давления - давления из-за упругости газов или жидкостей - и динамического давления, возникающего вследствие скоростного напора,

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{ст}} + \rho V^2/2.$$

Это уравнение используется во всех современных прикладных гидродинамических науках.

Леонард Эйлер вместе с Петром I и Ломоносовым стал добрым гением петербургской академии наук. Именно он поставил на твердые теоретические основы науку гидродинамику. В своих трактатах Эйлер при помощи дифференциальных уравнений изложил ньютоновские зависимости движения жидкостей. Ученый сделал важный шаг в теории, рассматривая движущуюся жидкость как сплошную, непрерывную среду. Такое представление позволило установить систему гидродинамических переменных, без которых развитие науки было бы невозможным. Уравнения Эйлера стали базовыми при разработке основных уравнений гидро- и газодинамики вязких жидкостей Навье-Стокса, позволивших в дальнейшем существенно развить и практически решить проблемы сопротивлений жидкости при обтекании тел различной формы.

К концу восемнадцатого столетия в Европе уже сформировалась концепция гидродинамики. Она базировалась на параллельно развивающихся теоретических, экспериментальных исследованиях и открытиях. Часто теоретические работы шли независи-



мо от экспериментальных, и поэтому результаты различных исследований не совпадали друг с другом. И теоретики, и экспериментаторы решали свои академические задачи. С приходом девятнадцатого века появились ученые нового типа - практики. В связи с бурным развитием промышленности возникла острая необходимость решения конкретных задач. Изобретатель парохода Роберт Фултон вновь поставил вопрос о гидродинамическом сопротивлении. В отличие от предшествующих исследователей он был озабочен тем, как определить величину сопротивления будущего судна, без которой нельзя было вычислить мощность паровой машины, потребную для достижения заданной скорости.

Впоследствии инженеров-судостроителей волновал данный вопрос. Для парусного флота вопрос о величине сопротивления корпуса корабля по большому счету не стоял. Ветровая энергия была безгранична. Основными мореходными качествами были ходкость и непотопляемость. У парохода дальность плавания не безгранична, а зависит от принятого на борт топлива, которое расходуется тем быстрее, чем мощнее паровая машина и чем большим сопротивлением обладает судно.

Поэтому многие ученые-теоретики того времени активно взялись за задачу определения такой формы обтекаемого тела, сопротивление которого было бы минимальным. Задача оказалась очень сложной. Для ее решения проводились бесчисленные испытания на модельных установках в опытных бассейнах и исследовательских многомиллиметровых каналах. Появилось много талантливых исследователей: Ш. Боссю, Ж. Борда, А. Пито и др. Одним из замечательных экспериментаторов оказался французский инженер П. Дюбуа. Великая его заслуга состояла в том, что он первым перекинул мост между теоретической гидродинамикой и практическим судостроением. Воспользовавшись прибором А. Пито (трубка Пито измеряет разницу полного и статического давления), он смог измерить распределение давлений вдоль обтекаемого тела и попытался привязать результаты исследований к теоретическим расчетам Эйлера. Дюбуа первым объяснил физический механизм гидродинамического сопротивления плохобтекаемых тел и ввел в научный обиход термин "сопротивление формы". Он разделил гидродинамическое сопротивление на сопротивление формы и сопротивление трения.

Английский исследователь М. Бофуа в своих экспериментах применил важную новинку - прибор, автоматически фиксирующий время и пройденный моделью путь. Это настолько ускорило проведение испытаний, что за пять лет он смог провести около 10 тысяч опытов по определению сопротивления тел всевозможных форм. Бофуа был первым, кто пытался определить величину сопротивления трения. Начиная

Исаак Ньютон и в детстве не любил пустых забав. Вероятно он первым - по крайней мере в Англии - стал запускать воздушные змеи и изучать закономерности, связанные с их полетом. Когда впервые встала необходимость оценить силу сопротивления воздуха, Ньютон поставил опыт, который он впоследствии считал своим первым научным экспериментом. Во время бури он принялся прыгать по направлению ветра и против него, каждый раз измеряя дальность прыжка. Если принять площадь мальчика, умноженную на коэффициент сопротивления, равной примерно $0,5 \text{ м}^2$, то нетрудно убедиться в существенном отличии величины силы сопротивления при прыжке против ветра (считая скорость потока воздуха равной 20 м/с , а скорость прыгуна - 5 м/с) от величины силы при прыжке по ветру. В первом случае эта сила составляет около 195 Н , а во втором - всего 70 Н .

По меткому выражению одного современника, в XIX веке "гидродинамики разделялись на инженеров-гидравликов, которые наблюдали то, чего нельзя было объяснить, и математиков, которые объясняли то, чего нельзя было наблюдать".

с Ньютона и кончая Дюбуа, сопротивление трения считали пренебрежимо малым. Бофуа экспериментально установил важность учета трения в общем сопротивлении.

На склоне лет знаменитый французский академик Ш. Кулон исследовал зависимость сопротивления трения жидкости, вызванное ее прилипанием к движущейся поверхности, от скорости. Для этого он изобрел сверхточные крутильные весы, с помощью которых доказал, что сопротивление трения пропорционально первой степени скорости (скорость $V \uparrow \Rightarrow$ сопротивление трения $R_{тр} \uparrow$).

Блестящий молодой шотландский инженер Джон Скотт Рассел, изучая буксировку барок в каналах, установил влияние формы носовой части корабля на его волновое сопротивление. Он экспериментально показал, что сопротивление судна тем больше, чем больше высота волны перед носом корабля (высота волны $h \uparrow \Rightarrow$ волновое сопротивление $R_{волн} \uparrow$). Рассел первым обратил внимание своих современников на важность учета волнового сопротивления при проектировании кораблей.



Перед носом быстро движущегося судна возникает водяной вал. Давление его на носовую часть не уравновешивается давлением за кормой. Образование и поддержание системы носовых и кормовых волн, расходящихся от судна, требует непрерывного подвода энергии, которую приходится отбирать от двигателей. Не удивительно, что при больших скоростях 70...80 % от полного сопротивления падает на долю волнового сопротивления.

Большую, поистине титаническую работу, провел английский инженер У. Фруд совместно со своими сыновьями, исследуя на многочисленных моделях в опытном бассейне закономерности различных видов сопротивления от гидродинамических параметров. Он разработал классическую методику модельных испытаний. Главным вкладом Фруда в теорию корабля явилось исследование сложных волновых процессов, связанных с движением судна. Было установлено влияние наложения носовых и кормовых волн на сопротивление движению. В зависимости от скорости судна и от длины его корпуса эти волны при наложении могут усиливаться. Исследования показали, что при оптимальном профилировании носовой и кормовой частей корабля волновое сопротивление можно свести к нулю, и тогда основной составляющей будет сопротивление трения. Волновое сопротивление может вносить определяющий вклад в суммарное сопротивление при очень больших сверхзвуковых скоростях. Но учет волнового сопротивления является специальной дисциплиной и не может быть кратко рассмотрен в пределах данной статьи. Упомянем лишь о том, что при определении волнового сопротивления важными параметрами являются угол атаки и значение сверхзвуковой скорости.

В то время как экспериментальная наука бурными темпами развивалась в соответствии с все нарастающим валом практических задач, развитие теоретической стороны гидродинамики было приторможено парадоксом Даламбера.

Действительно, в посылках идеальной жидкости Даламбер строго показал, что сопротивление шара

в силу симметрии обтекаемых его линий тока отсутствует. Однако этот вывод противоречил практике. Все опыты (Дюбуа, Бофуа, Фруда и многих других) свидетельствовали о противоположном. Вопросами приведения в соответствие теоретических и экспериментальных работ занимались почти десятилетия многие авторитетные ученые того времени. Среди них Г. Гельмгольц - основоположник вихревых течений, лорд Релей - классик волновых процессов и др. Общий подход к вопросу породил две фундаментальные идеи - идею прилипающего к телу пограничного слоя и идею застойной зоны, образующейся за движущимся телом.

Вопросы пограничного слоя исследовал со своими учениками немецкий ученый Людвиг Прандтль. Он экспериментально показал, что при движении тело обволакивается тонким слоем вязкой жидкости. Вниз по течению пограничный слой становится все толще и толще. При этом сопротивление из-за вязкого трения увеличивается и, затормаживая жидкость, оттесняет внешний поток от тела. При достаточно сильном торможении поток может оторваться от тела и породить в следе за отрывом мощные вихри и резкое искажение давлений вокруг тела. За телом может возникнуть неустойчивость, приводящая к колебательному изменению сопротивления.

На вопрос, когда и как возникает сложное вихревое течение, ответил английский ученый Осборн Рейнольдс. Он экспериментально показал, что тонкая струйка красителя, введенная в воду, которая течет в стеклянной трубке, быстро вытягивается в длинную резко очерченную, не смешивающуюся с водой полосу, параллельную стенкам трубки. Вода как будто движется параллельными слоями. Такое течение Рейнольдс назвал слоистым, ламинарным. Если увеличивать скорость, то движение подкрашенной струи резко замедляется и становится видно, как быстрые беспорядочные завихрения перемешивают краску с водой по всему объему трубки. В этой ситуации ламинарное течение теряет устойчивость, превращается в вихревое течение, для которого позднее лорд Кельвин придумал великолепное слово - турбулентное течение. Рейнольдс показал, что устойчивость ламинарного течения зависит от соотношения сил инерции и сил вязкого трения. Он получил безразмерную величину - знаменитое число Рейнольдса, которое определяет режим течения (ламинарный или турбулентный) и от которого зависит характер движения вязких жидкостей в трубах и вблизи обтекаемых тел. Критическое число Рейнольдса ставит границу между ламинарным и турбулентным течением.

Если теперь вспомнить о коэффициенте сопротивления, который ввел Исаак Ньютон, то можно с большим удовлетворением отметить, что он однозначно зависит именно от этого критерия. Так, например, для шара коэффициент сопротивления тем меньше, чем больше число Рейнольдса (число Рейнольдса $Re \uparrow \Rightarrow$ коэффициент сопротивления $C_x \downarrow$).

Так что же получается - на все вопросы ответил уважаемый Осборн Рейнольдс? Нет. Он только указал, что существуют разные режимы течения. Великий английский физик убедил всех коллег в том, что эти режимы зависят от удачно подобранного им же критерия, но не смог предсказать, что будет происходить с сопротивлением тел, имеющих сложную форму. Рейнольдс не сказал почти ничего о структуре турбулентных потоков, о многообразии видов турбулентного течения. 

В четвертом номере журнала за прошлый год была опубликована обзорная статья о велосипедах. Время выхода этой публикации удивительным образом совпало с проведением в России I Слета велосипедистов. В этом году состоится II Слет в рамках фестиваля "Экзотика" (9-11 июля в Москве в Тушино). Есть надежда, что читатель, ознакомившись с этой статьей, если и не решится создать велосипед собственной конструкции, то, для начала, сходит посмотреть на уже существующие конструкции.

Слово "велосипед" образовано из двух других: велосипед и автомобиль. Эти конструкции являются транспортными средствами и по отдельности, и в симбиозе. Так же как и телега, которую, согласно поговорке, следует готовить зимой (к летней эксплуатации). Пока на дворе зима, поговорим о нашей "телеге".

Бурный всплеск велосипедостроения на Западе в 70-е гг. прошлого века был вызван энергетическим кризисом и выделенными в то же время сериями грантов, предназначенных для поддержки разработчиков велосипедов и пропаганды этих транспортных средств для городов, которыми предполагали частично или полностью заменить автомобили. Вливание денег принесло свои плоды. Сообщения о велосипедах появились практически во всех средствах массовой информации.

Весьма плодотворную почву идея велосипедостроения нашла и в Советском Союзе. Для этого благополучно сошлись вместе:

- высокая техническая грамотность молодого поколения жителей городов (самые интересные велосипеды создавали люди, по каким-либо причинам не знавшие устройства автомобиля, но работавшие в авиационной, космической промышленности или в судостроении и имевшие доступ к самым современным и передовым технологиям);

- материальный достаток, необходимый, чтобы не заботиться о хлебе насущном;

- отсутствие личного транспорта (в силу сложившейся на тот момент ситуации многие не могли позволить себе автомобиль из-за очередей, растянувшихся на несколько лет вперед, высокой стоимости машин и т. д.);

- поддержка научно-технического творчества молодежи со стороны руководящих партийных организаций, ряда всесоюзных технических и научно-популярных журналов.

И велосипеды появились, как грибы после дождя. Если кто-то велосипед не делал, так мечтал об этом или хотя бы слышал. У велосипедов была своя ниша и предназначение - они представляли собой дешевый заменитель автомобиля, доступный для любительской постройки, с возможностью хранения в квартире и т.д. и т.п.

К концу 80-х - началу 90-х гг. велосипеды, разработанные любителями-энтузиастами, достигли практически пика своего технического развития и совершенства. И практически все представленные на "Экзотике" велосипеды были наследием взлета технической культуры, носители которой выросли и получили образование в Советском Союзе.

ВЕЛОСИПЕД - МАШИНА, А ЧЕЛОВЕК В НЕЙ - ДВИГАТЕЛЬ (ЧАСТЬ II)

Михаил Иванович Тымцуник





Но ушел СССР и кардинально изменилась ситуация в стране, поменялись экономические условия. Автомобилей стало много, очень много. Появились еще вполне способные ездить автомобили, стоимость которых, даже меньше не очень дорогого велосипеда. Поэтому социальный заказ на веломобили исчез.

К главным препятствиям на пути развития этого вида транспорта можно отнести и недостаточную пропаганду отдыха и туризма на веломобилях, и отсутствие проработанных конструкций на все случаи жизни. Да и на дорогах общего пользования им места нет, того и гляди автомобиль наедет (они и между собой вечно "бодаются"). Регулярно транслируются по телевидению репортажи о каждом этапе гонки "Тур де Франс", но скажите, кто слышал о чемпионатах мира среди любителей-веломобилистов, на которых, кстати, пять раз победителем становился Сергей Дашевский из Краснодара?

Несмотря на то, что в стране растет общее количество велосипедистов, властям до этого нет никакого дела. До сих пор отсутствуют велосипедные дорожки, нет возможности оставить велосипед у магазина, школы, спортивного комплекса и т.д. Если бы не было этих и многих других проблем, то количество пересевших с автомобиля на велосипед и поехавших в ближайший магазин за продуктами было бы гораздо больше. А вот если бы (помечтаем) веломобиль стал основным транспортным средством передвижения между городом и его пригородом (промзоной и спальным районом), то:

- во-первых, исчезли бы пробки на дорогах (автомобиль больше веломобиля, а везет, главным образом, все равно только одного человека);

- во-вторых, добравшись до работы, можно сложить веломобиль и сдать его на хранение (когда-то неподалеку от проходных заводов были специальные места для хранения велосипедов) и тем самым освободить улицы;



- в-третьих, прибавилось бы здоровья, причем у всех, т.к. уменьшились бы вредные выбросы, да и жертв аварий не стало бы вовсе.

Ко всему прочему следует отнести и отсутствие современных правил и норм, которые позволили бы полноценно использовать велосипеды и веломобили.

Но, даже если бы все преграды чудесным образом вдруг исчезли, то... уже успев привыкнуть к автомобилю, пересестись на веломобиль будет очень сложно. И ехать хочется комфортно: сидеть в удобном сиденье с упором для спины; быть защищенным от дождя и грязи; в холодное время года иметь устройство для обогрева "салона". И т.д. и т.п. Именно поэтому основным энтузиастом веломобилизации страны будет молодежь, еще не "испорченная" автомобилем. А обогреватель понадобится ему только для предотвращения запотевания стекол, так как водитель (он же биодвигатель) сам является источником тепла и согреется самостоятельно.

Современный веломобиль - это лишь сырая модель транспорта будущего. Дальнейшее развитие веломобиля возможно по следующим направлениям. Кузов должен быть совершенным с точки зрения аэродинамики, обеспечивать минимальное сопротивление воздушному потоку, но не слишком узким. Привод от педалей на колеса целесообразно осуществлять не напрямую на колеса, нагрузкой может стать электрический генератор. Полученный ток направляется на электромотор (или мотор-колесо с весьма высоким к.п.д.). Дополнительную энергию можно получать от солнечных батарей, размещенных на кузове.



В случае применения механической трансмиссии необходимо использовать вариатор и коробку переключения передач (КПП), а также маховик для накопления энергии. Применение КПП позволит вращать педали с одной скоростью, единственно с разным усилием. Кроме того, что КПП достаточно надежное устройство и практически не требует обслуживания, оно же обеспечивает задний ход. Для обеспечения плавного изменения передачи возможно применение вариатора. Что касается маховика, то его конструкция может быть различной. Это может быть и цельнометаллический маховик, и ленточный супермаховик. Вполне возможно использование ротора электромотора на постоянных магнитах в качестве маховика.

Веломобиль практически любой конструкции - машина скоростная, динамичная, обладающая высокой проходимостью и надежностью. Благодаря применению яркой окраски, катафотов, постоянно работающих в любое время суток светодиодных маячков веломобиль может стать еще и безопасным средством передвижения.

Пока же велосмобилей очень мало, практически единицы. Энтузиастам приходится преодолевать определенные трудности при самостоятельном изготовлении велосмобилиа, а готовые у нас не продаются. В некоторых странах стоимость простейшего велосмобилиа составляет около 1000 долларов.

На I Слете велосмобилистов, состоявшемся в рамках фестиваля "Экзотика" в 2005 г., велосмобилией было не так уж мало, и в техническом плане эти велосмобилии представили основные направления развития этого вида транспорта.

Московские велосмобилисты создали конструкции с полным приводом, с дисковыми тормозами на передних колесах, причем настолько эффективными, что при резком торможении велосмобилий поднимался на передние колеса. Правда, максимальная скорость у этих машин несколько маловата, всего около 35 км/ч.

На Слете был представлен раритет - четырехместный велосмобилий, построенный еще 20 лет тому назад, но все еще в пригодном для эксплуатации состоянии. Этот замечательный аппарат и его творец удостоились одного из призов от клуба "Растабайк".

Совершенно неожиданно открылась возможность применения велосмобилией в сельских районах и так называемых экологических поселениях. Одно из них находится во Владимирской области. И если в городском велосмобилие вся конструкция подчинена обеспечению высокой скорости, маневренности, минимального веса и т.д., то к "поселенческому" велосмобилию предъявляются несколько иные требования.



Габаритные размеры не столь важны, гораздо важнее обеспечить повышенную устойчивость аппарата и на стоянке, и в движении. Маневренность здесь важнее скорости. Главное в подобных аппаратах - легкость и удобство посадки, а также обеспечение возможности перевозить грузы, затрачивая на их погрузку-разгрузку минимум времени.

И велосмобилий, отвечающий этим требованиям, был представлен на "Экзотике". Правда, он был создан в Европе. Его конструкция достойна того, чтобы остановиться на ней более подробно. Сетчатое сиденье легко подстраивается под фигуру человека, спина хорошо вентилируется и не потеет при езде. Привод для упрощения конструкции сделан только на одно заднее боковое колесо. Благодаря большой базе велосмобилий очень устойчив во время движения. Но развить большую скорость на нем не удастся. Установка багажников возможна и сзади сиденья, и над передним колесом. К единственному недостатку конструкции



можно отнести установку задних колес с развалом. Прочности колесам это не повысило, но привело к несимметричному износу резины и трудности обеспечения параллельности колес (пробег по инерции у этого велосмобилий оказался очень маленьким). Крайне интересно техническое устройство, позволяющее из двух подобных велосмобилий собрать тандем-цепку. Для этого у одного велосмобилий снимается переднее колесо и его вилка вставляется в специальное устройство под сиденьем другого. На все уйдет не больше минуты. Можно таким образом собрать целый велопоезд.

Наибольшее развитие велосмобилий получит в тех местах, где по каким-либо причинам не будет автомобилей. Это парки, набережные, спальные районы, даже небольшие города, где можно проехать из одного конца в другой, лишь изредка встретив автомобиль. Впрочем, нечего комплексовать, если выехали на дорогу. Ведите себя как полноправный участник дорожного движения, нечего жаться к обочине, смело занимайте середину полосы, чтобы у едущих сзади не возникло никаких вредных желаний подрезать, зажать. Спокойно перестраивайтесь из ряда в ряд при повороте налево, главное, чтобы маневры были понятны всем окружающим и предсказуемы.

Итак, чтобы привлечь внимание людей к велосмобилиям как к транспорту, надо начать изготовление дешевых велосмобилий с последующей реализацией. Не тех велосмобилий, для которых: требуются не слишком дешевые сплавы и сварка в специальных мастерских, а велосмобилий, сделанных из стальных велосипедов и обычных материалов, что упростит ремонт и модернизацию. Организация слетов велосмобилистов и пробегов по улицам городов (для начала - Москвы) с широким освещением в средствах массовой информации послужит хорошим толчком в популяризации велосмобилий и велотранспорта.



В НАЧАЛЕ ПУТИ. ПАРОАТМОСФЕРНЫЕ МАШИНЫ

Виктор Сергеевич Шитарев, капитан дальнего плавания

Промышленная революция XVII века поставила перед изобретателями проблему создания нового двигателя, способного заменить собой хорошо известное и освоенное мастерами водяное колесо. Этот главный источник механической энергии той поры был тесно привязан к местным условиям водоснабжения, а развиваемая им мощность уже не устраивала промышленность. Вот пример: колесный двигатель мощностью 125 л.с. для откачки воды из шахты с глубины 160 метров представлял собой обойму из 14 водяных колес диаметром 12 метров каждое. Эта грандиозная конструкция включала в себя 48 цапф, шатунов, кривошипов; 1122 деревянных балансира и 2108 деревянных тяг. Колесный двигатель приводил в действие осушительные насосы общим числом 221 единица.

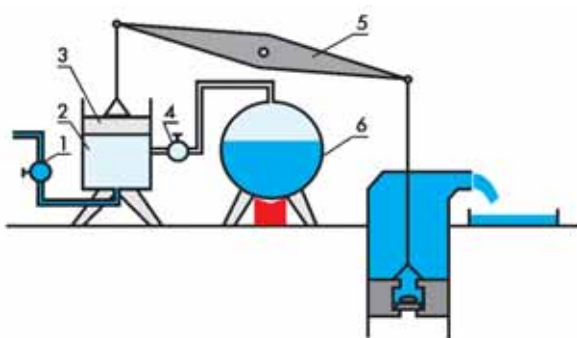


Схема пареоатмосферной машины Т. Ньюкомена:
1 - клапан подачи охлаждающей воды; 2 - цилиндр; 3 - поршень;
4 - клапан разобщительный; 5 - балансир; 6 - паровой котел

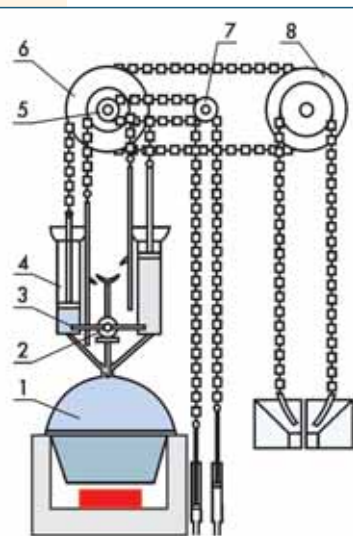


Схема пареоатмосферной машины И.И. Ползунова:
1 - паровой котел; 2 - автомат парораспределения;
3 - трубопровод подачи охлаждающей воды; 4 - левый цилиндр; 5 - шкив привода автомата парораспределения;
6 - шкив передачи движения поршней; 7 - шкив привода питательного насоса; 8 - шкив привода воздуходувки

но в 1500 году над проектом паровой машины для парохода с колесным движителем работал Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.), но среди его документов чертежа оной не обнаружено. Однако инженерная мысль проснулась. В 1543 году испанский капитан Бласко-де-Гарай в присутствии короля Карла V в Барселоне при стечении многочисленных зрителей явил миру пароход "Тринидад" водоизмещением 200 тонн. Судно приводили в движение два гребных колеса, расположенные по бортам. Вода для парового котла была освящена в ближайшем монастыре. Ходовые испытания завершились успешно, изобретатель был награжден, однако всю оставшуюся жизнь был вынужден доказывать свою набожность Святой инквизиции.

С предложением о постройке паровой машины выступил француз Соломон де Ко (1576-1630). Опубликованная им в 1615 году работа называлась "Принципы движущих сил, с различными машинами, как полезными, так и приятными". Однако созданию первых паровых машин, несомненно, предшествовали открытия итальянского физика и математика Эванжелисто Торричелли (1608-1647), открывшего и математически обосновавшего существование и величину атмосферного давления. Затем опыты немецкого физика О. Герике (1602-1686) доказали, что воздух имеет массу, упругость и плотность. Потом итальянец Д. Порты (1535-1615) обратил внимание на то, что если в закупоренном сосуде, наполненном паром, произойдет его конденсация, то в той части сосуда, которая не будет заполнена водой, давление сильно падает.

Французский физик и изобретатель, зав. кафедрой математики Магдебургского университета Дени Папен (1647-1712) в 1690 году опубликовал статью "Новый способ получения дешевой ценой большой движущей силы", в которой познакомил читателей с принципами действия пареоатмосферной машины. Итак, как сказал великий комбинатор Остап Бендер, "лед тронулся, господа присяжные заседатели". Я не буду утомлять читателей длинным списком инженеров, спроектировавших и построивших такие машины, и искать среди них первого. Дело это бесперспективное и неблагодарное. У каждого были свои технические находки, как сейчас говорят, "ноу-хау", свои успехи и неудачи. Главное - строительство и промышленное использование пареоатмосферных машин началось.

Первые машины работали так: пар от парового котла подавался через впускной клапан в цилиндр с поршнем, под давлением пара поршень совершал свой рабочий ход, передавая энергию через шток поршня на привод. После завершения рабочего хода в цилиндр подавалась вода, пар быстро конденсировался, и давление под поршнем падало. Под действием атмосферного давления и сил тяжести поршень возвращался в исходное положение, а конденсат через выпускной клапан удалялся из цилиндра. Затем

Сила пара была известна еще древним египтянам, но относились они к ней так же, как их современники-китайцы - к пороку. Различными механизмами с паровым приводом, например, занимался в Александрии инженер, математик и топограф Герон по прозвищу "механик", современник Юлия Цезаря. Но дальше игрушек дело не пошло: при отсутствии спроса не было и предложения.

Есть мнение, что приблизительно

процесс повторялся. Так работали машины Д. Папена, Томаса Севери (1650-1715), Томаса Ньюкомена (1663-1729), Ивана Ивановича Ползунова (1729-1766) и других изобретателей.

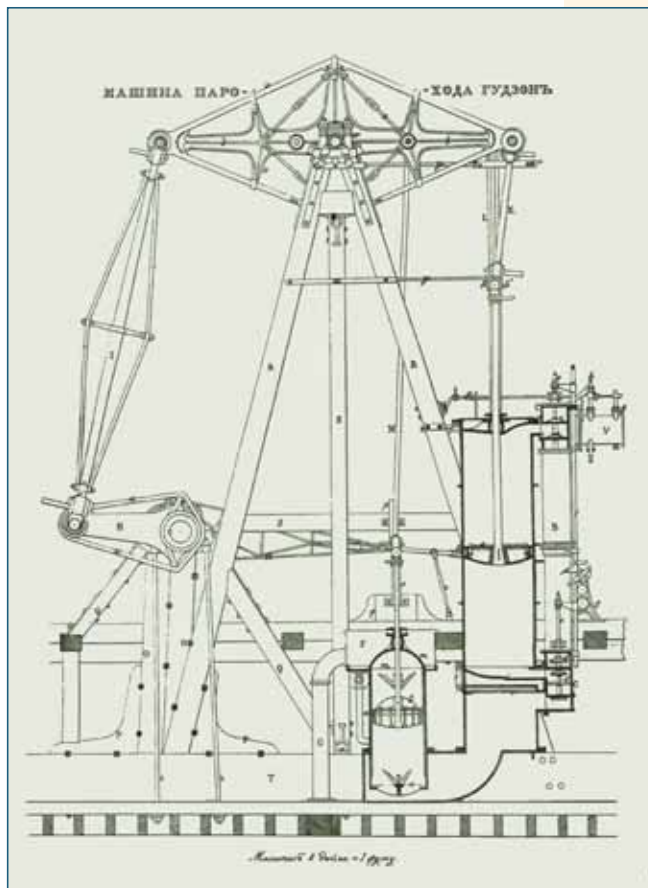
Надо отметить низкую экономичность пароатмосферных машин, их коэффициент полезного действия был около 1 %, а расход дров достигал 25 кг/л.с. в час. Например, для каждой машины Т. Ньюкомена дрова подвозили постоянно 50 лошадей. Так продолжалось до тех пор, пока за дело не взялся, без тени сомнения назову его гениальным, англичанин Джеймс Уатт (1736-1819). Он был технически подготовленным человеком, изучал свойства пара, хорошо разбирался в машиностроении. Кроме того, в детстве ему самому довелось обслуживать машину Ньюкомена на одном из предприятий (в штате предполагался мальчик, вручную переключавший клапана). В 1774 году он встретился с крупным английским промышленником М. Болтоном, который владел прекрасно оборудованным машиностроительным заводом. Совместно они создают машиностроительную фирму "М. Болтон - Д. Уатт" и начинают коммерческое производство паровых машин.

Отметим и технические способности Д. Уатта. В-первых, он пришел к выводу, что охлаждать цилиндр для конденсации пара нецелесообразно, пар должен конденсироваться отдельно, в специальном резервуаре-конденсаторе, позже его назвали "холодильником" - Уатт разделил процессы расширения и конденсации. Во-вторых, экономичность машины заметно повышается, если пар подавать в цилиндр, уже разогретый почти до температуры пара. В-третьих, появляется возможность создать машину, работающую при давлении пара, значительно превышающем атмосферное. Эти усовершенствования сделали паро-атмосферные машины Д. Уатта более экономичными и достаточно мощными. В качестве единицы мощности машин применялась лошадиная сила. Одна лошадиная сила по Уатту соответствовала работе, при которой 33 000 фунтов поднимаются на высоту 1 фут (30,48 сантиметра) за минуту. В те времена давление (в том числе и атмосферное) измеряли количеством фунтов на квадратный дюйм (1 фунт/кв. дюйм = 6903 Па).

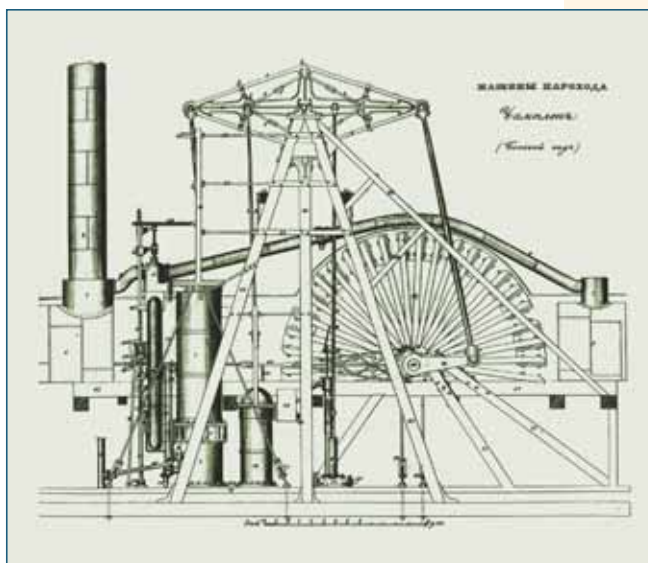
Теперь в качестве примера рассчитаем мощность машины парохода "Рочестер" по формуле, предложенной Д. Уаттом: диаметр поршня равен 43 дюймам; следовательно, его площадь составляла 1452,2 кв. дюймов. Давление пара в котле - 45 фунтов на кв. дюйм. Подача пара в цилиндр прекращалась, когда поршень совершал половину рабочего хода; далее пар производил работу за счет своего расширения, поэтому в конце рабочего хода поршня давление в цилиндре составляло 22,5 фунт/кв. дюйм. Мокро-воздушный насос холодильника создавал в нем давление на 10 фунт/кв. дюйм ниже атмосферного, следовательно, в конце рабочего хода на каждый кв. дюйм поршня давили 32,5 фунта.

Каждую минуту гребные колеса делали 27 оборотов. За один оборот колеса поршень машины совершал два хода. Ход поршня равнялся 10 футам; таким образом, за минуту поршень "перемещался" на 540 футов. Далее умножаем площадь поршня (1452,2 кв. дюймов) на давление (32,5 фунта/кв. дюйм) и на скорость поршня (540 футов/мин), получаем 25 486 110 фунт-фут/мин. Эту величину делим на "уаттовские" 33 000 фунтов-фут/мин, в результате получаем мощность машины парохода "Рочестер": она составляла 772,3 л.с.

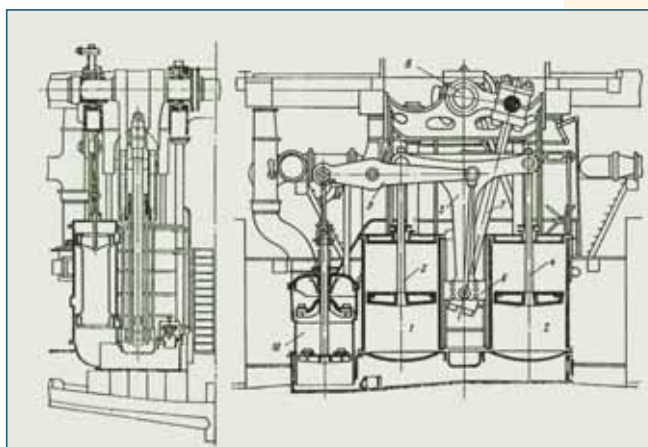
Заканчивая статью надо отметить, что пароатмосферные машины прослужили людям до середины XIX века, пока их не заменили более высокооборотные и экономичные паровые.



Паровая машина парохода "Гудзон"



Паровая машина парохода "Чамплен"



Двухцилиндровая паровая машина

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

Приступая к указанной в заголовке данной статьи теме, справедливо сначала задать вопрос: а что такое энергия? Энергия (от греч. $\epsilon\nu\rho\gamma\upsilon\alpha$ - действие) - общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи. Более универсальной меры не существует. Но раз уж мы упомянули о мере, то значит энергию можно измерять и существуют соответствующие приборы. В системе СИ единицей энергии является джоуль (по имени одного из первооткрывателей закона сохранения энергии - английского физика Дж. Джоуля).

Иногда говорят: "Машина работает, потребляет энергию". Если машина потребляет энергию, то энергия исчезает? Не совсем так, а точнее: совсем не так. В изолированной системе энергия может только переходить из одной формы в другую, но ее общее количество остается постоянным. В этом смысл закона сохранения энергии, значение которого выходит за рамки частных физических принципов. В историю его открытия вписаны имена чуть ли не всех великих естествоиспытателей XIX века.

В начале XIX века английский естествоиспытатель Т. Юнг писал: "Словом энергия следует обозначать произведение массы на квадрат скорости". В 1834 г. французский математик Ж. Понселе уточнил смысл понятия "работа" и сформулировал принцип сохранения энергии в механических процессах. Пока в головах теоретиков утверждались эти основные положения, практики нащупали очень верную меру движения. Еще раньше, в 1828 г., вышла книга Гамильтона "Теория систем лучей", содержащая принцип, позднее названный в его честь. В книге показана аналогия между движением световых волн в среде и движением частицы в силовом поле.

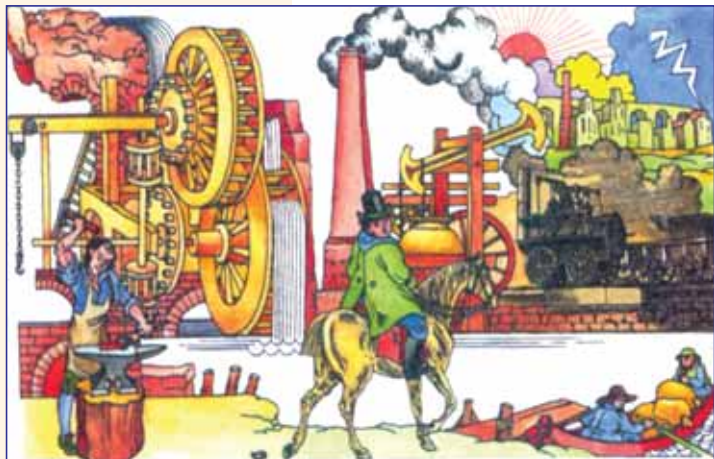
Эта аналогия находит свое выражение в соответствии между принципом Ферма в оптике и принципом наименьшего действия Мопертюи в механике. Обобщая их, Гамильтон ввел т.н.

функцию Гамильтона, которая, по сути, является полной энергией системы. Так вырабатывался математический аппарат, необходимый для формулировки закона сохранения. В квантовой механике, которая описывает физику микромира, функция Гамильтона нашла дальнейшее обобщение и превратилась в оператор. Но так как общий смысл ее не изменился, то законы сохранения имеют место и в микромире.

Очень близко к открытию рассматриваемого закона подошли химики, когда в 1840 г. петербургский академик Гесс сформулировал положение, касающееся теплоты, выделяющейся при химической реакции. В сороковых годах XIX века М. Фарадей высказывал мысль о превращении сил с сохранением их постоянной количественной стороны. Еще одной предпосылкой явилось доказательство превращения электричества в тепло и обратно (Ленц).

Основоположником закона сохранения энергии по праву является Р. Майер. В своей статье "О количественном и качественном определении сил" (1841 г.) он утверждал, что "изменения в мире обусловлены наличием "разностей". Как следует из контекста, "разность" означает в современном понимании разность энергетических уровней. То есть для того, чтобы система перешла из одного состояния в другое, необходим переход ее энергии с одного уровня на другой. Майер подходил к пониманию этого закона с более широких философских позиций, чем многие его современники. Независимо от Майера проводил свои опыты Дж. Джоуль, тем самым подводя под его идеи экспериментальную основу. Лидер физической науки того времени Г. Гельмгольц связал закон сохранения энергии с великими исследователями механики предыдущего века. Через несколько лет закон сохранения энергии был принят всеми как общий закон природы.

Итак, энергия не может исчезнуть, но переходит из одних форм в другие, а в конечном итоге - в тепло. Само тепло можно объяснить хаотическим и беспорядочным движением молекул и атомов вещества - тепловым движением. Возьмем некоторый объем газа, молекулы которого можно представить как мельчайшие шарики, в огромном количестве быстро движущиеся и упруго соударяющиеся со стенками и между собой. Подводя энергию, мы увеличиваем их скорость, шарики ударяются чаще - температура возрастает. Если уменьшить объем (сжать газ), то молекулы все теснее и теснее будут



прилегать друг к другу. Наконец, в конденсированном состоянии молекулы не перелетают уже свободно с места на место, а, либо скачками меняют свое расположение (это жидкости), либо колеблются около положения равновесия (в твердых телах). Когда газ давит на поршень (молекулы газа ударяют по поршню) и перемещает его, то производится работа. По закону Паскаля, в замкнутом объеме давление на поршень и стенки цилиндра одинаковое, но поршень передвигается, а цилиндр - нет (если начинают передвигаться стенки цилиндра, случается то, что мы называем аварией: хотя работа тоже происходит, но полезной ее вряд ли назовешь).

В общем случае работа производится, когда энергия претерпевает изменение при переходе из одной формы в другую. Иначе говоря, работа - это некоторая количественная мера, связанная с передачей энергии. Работа также поддается измерению. Так как работа связана с изменением энергии, то ее единицей является все тот же джоуль. Все эти понятия (энергия, работа, тепло) имеют строгое математическое описание и обоснование.

В древности человек владел наипростейшими знаниями, в те времена основным источником энергии и работы была мускульная сила. Мышца - это самый экономичный двигатель. Вскоре человек сумел воспользоваться мускулами животных. Сейчас практически всю работу делают машины. Но прежде чем пойти дальше, остановимся на еще одном важном понятии - инерции.

Свойство инерции заложено в принцип действия очень многих механизмов. Что же это такое? Инерция (*inertia* - лат. "покой") - свойство тела сохранять неизменным свое состояние движения или покоя: покой, строго говоря, - частный случай движения, движение со скоростью, равной нулю.

Мера инертности тела - масса. Массивное тело, будучи разогнанным, сопротивляется попыткам изменить его скорость. Если поставить на его пути преграды, то оно может произвести работу: разрушить их. Или разрушится само. Все зависит от того, что окажется прочнее. Впрочем, работа все равно будет произведена: ей безразличны последствия произведенного действия. Понятие инерции изучается в механике, оно прошло долгий путь развития. Еще в XIV веке Николай Орем говорил об "инерции планет". Тем не менее понадобилось много лет, пока качественный скачок, связанный с научной революцией XVII века, не выявил важную роль этого и многих других понятий.

Борьба мнений не обошла стороной Средние века, и многие передовые ученые возражали против укоренившихся неправильных теорий, а точнее мифов, об окружающем нас мире. В том же XIV веке крупный французский ученый Ж. Буридан (автор, кстати говоря, понятия о равновероятности возможностей при случайном выборе, более известной сейчас как "задача Буриданова осла" и учитель Н. Орема) ввел новый метод анализа физических явлений, заключающийся в выводе общих качественных принципов из рассмотрения частных опытных наблюдений. Н. Орем доказывал несоответствие всемирно признанной около полутора тысячелетий назад аристотелевой механики опытным данным. В Италии Леонардо да Винчи последовательно проводил мысль о том, что небесное не противоположно земному (как утверждалось в

учениях о "стихиях" и "сферах" Аристотеля), что Земля - такое же небесное тело, как и Луна, и т.д. Эти и многие другие ученые подготавливали переворот, осуществленный Г. Галилеем.

Формирование основных научных взглядов на окружающий нас мир произошло в начале XVII в., когда создавалась качественно новая физическая картина мира. В это время в фундаменте здания науки были заложены взаимодополняющие принципы и концепции. Одним из важнейших являлся принцип "разрушения космоса". Дело в том, что со времен Аристотеля считалось, что существует подлунный мир и небесный мир - мир звездных сфер. Сферы считались хрустальными, что также, как оказалось, не соответствует действительности.

Второй принцип в математическом плане заменял расщепленное пространство однородным и абстрактным. Теперь оно (в результате работ Декарта) превратилось в протяженное евклидово пространство. Заметим, что каждой точке пространства при этом было поставлено в соответствие некоторое множество чисел, но само пространство фактически измерялось в протяженном масштабе. В квартире мы ценим количество квадратных метров, а не множество точек.

Из трудов древнегреческих ученых была взята и переосмыслена очень важная концепция дискретного строения материи. Таким образом, пространство превратилось в бесконечную сцену, а тела (живые или не живые, твердые, жидкие, газообразные или плазменные - без разницы) стали представлять собой совокупность большого числа атомов - мельчайших частиц. Все тела - "артисты" - меняют свое положение в пространстве, но на него самого никакого влияния не оказывают. В настоящее время эта концепция считается приближенной, так как "артисты" влияют на геометрию пространства, искривляя его. Причем это характерно и для макромира тел и для микромира частиц. Аналог этого явления проще всего получить, если представить пространство в виде некоей тонкой растяжимой пленки, прогибающейся под действием положенной на нее масс. В силу последнего утверждения понятно, что естественная, на первый взгляд, арифметизация пространства (и времени) не обязательно выявляет всю полноту внутренних закономерностей рассматриваемых явлений. Ниже мы кратко упомянем современные подходы, обладающие гораздо большей универсальностью.

В 1632 г. вышла знаменитая книга Г. Галилея "Диалог о двух главнейших системах мира, птолемеевой и коперниковой". Пересмотр укоренившихся представлений о строении мира, введение коперниковой системы, требовал пересмотра и "земных" воззрений. Заслуга Галилея состоит в том, что он открыл методологию нового всеобщего способа описания природы. Его суть в выделе-



нии некоторых физических и геометрических характеристик, которые становятся предметом детального научного исследования.

Так, например, древние ученые ошибочно считали, что тело может двигаться по инерции по кругу. Галилей выступил против подобных заблуждений. Он писал: "движение камня, брошенного пращей, может совершаться только по прямой линии, и совершенно по прямой, как вызванное приходящим импульсом...Я понимаю, что отклонение происходит от тяжести камня". Но неужели Аристотель не знал об этом? Именно он впервые поставил вопрос о классификации механических движений. В своем учении Аристотель различал два вида движения: естественное и насильственное. Естественное происходило без вмешательства посторонних сил. В нашем понимании - это движение по инерции. Но ученые того времени понимали под этим движением стремление тела "занять свое место в мире". Поэтому камень падал на землю, на свое место.

К понятию инерции и импульса, которыми сейчас свободно оперируют все грамотные люди (даже и подзабывшие школьные премудрости) тоже пришли не вдруг. Так, рассматривая полет стрелы, Аристотель прекрасно понимал, что сразу же после выстрела она продолжает свой полет почти по прямой. И, тем не менее, весь полет проходит по достаточно сложной траектории. Интересно, как великий ум объяснял этот факт. Он говорил так: "В момент выстрела тетива приводит в движение не только стрелу, но и окружающую среду. Ей передается некий "виртус мовенс" - способность передавать движение другим телам. Попадая в соседнее место, стрела сдвигает новый участок среды, и так продолжается довольно долго. При передаче "виртус мовенс" от стрелы к среде часть его теряется, тем самым движение замедляется".

Декарт, Гюйгенс вслед за Галилеем развили и уточнили понятия инерции, силы, импульса. Но с максимальной полнотой эти явления были раскрыты великим английским ученым Исааком Ньютоном. Он разработал строгую научную теорию механики, описывающую и движение небесных тел, и движение тел на Земле по одним и тем же законам. Природа выступала у него как сложная механическая система. Ньютон писал: "Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивляться, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно предоставлено самому себе, удержи-

вает "Аксиомы, или Законы движения" Ньютон сформулировал первый закон: "Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние". Итак, состояние прямолинейного движения не требует для своего поддержания каких-либо воздействий. Если исключить внешние воздействия (сопротивление среды и др.), то тело будет двигаться бесконечно долго. Вот как проявляется удивительное свойство инертности тел. В силу этого можно также сказать, что тело, движущееся по инерции, представляет собой удобную инерциальную систему отсчета. Первый закон Ньютона (хотя он справедливо указывал на авторство Галилея) так и называют - закон существования инерциальной системы отсчета. Здесь же приоткрывается завеса над тайной прямой линии. Прямая - это линия, по которой тело движется по инерции.

Далее Ньютон писал: "волчок, части которого за счет сцепления вовлекаются в круговое движение, не перестает равномерно вращаться, поскольку это вращение не замедляется сопротивлением воздуха". Эта мысль обосновывает принцип действия инерционного аккумулятора энергии, о котором речь пойдет ниже.

В настоящее время ученые рассматривают пространство и время как общие формы существования материи. Присущие им закономерности распространяются на любые события и явления в мире. Под "событием" мы понимаем некоторое явление. Старое представление о пространстве, которое берет свое начало со времен Евклида, основано на представлении о твердом теле, или, можно сказать, что евклидова геометрия основывается на группе движений твердого тела. Если мы мысленно поворачиваем в пространстве любую конечную фигуру, то, подобно твердому телу, хотя бы одна точка его будет оставаться неподвижной.

Чтобы немножко разобраться, выберем себе в путеводители симметрию - лучшего путеводителя по естественным наукам. Симметрия связана с неразличимостью. В случае зеркальной симметрии мы видим себя "почти" такими же, как есть. В математическом плане симметрии описываются языком теории групп.

Очень важное положение заключается в том, что на самом деле не существует абсолютной (или привилегированной, т. е. обладающей какими-либо преимуществами по сравнению с другими) системы отсчета в пространстве. Мы можем произвольно выбирать начало отсчета, и при этом ничего не изменится. Кроме того, не существует жесткого масштаба, которым можно было бы измерять все тела. Если бы такой масштаб существовал, то это и означало бы, что наше пространство есть математический образ твердого тела. Аналогично, "жесткость" часов означала бы однородность времени. Но и время подвержено действию гравитирующих масс: поле тяготения изменяет ход времени.

Какое следствие можно получить из этих "не существует..."? Можно математически строго показать, что независимость (говорят также - инвариантность) относительно перемещений в пространстве дает закон сохранения импульса, который изучают в школе. Из того, что не существует абсолютного начала времени, следует (!) закон сохра-



живает свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Эта сила всегда пропорциональна массе и если отличается от инерции массы, то разве только воззрением на нее". В раз-

нения энергии. Аналогичные соответствия можно установить для любых законов, в связи с чем должны существовать симметрии, например, электромагнитных взаимодействий и др. Правда, со сдвигом по оси времени мы встречаемся с трудностью. Невозможно выбрать начало отсчета до так называемого Большого взрыва, который произошел согласно наиболее непротиворечивой теории, принятой сейчас большинством исследователей. Это явление имело место много миллиардов лет назад и породило наш мир. Практически все в современной космологии связано Большим взрывом и последующим за ним расширением Вселенной.

Дальнейшая судьба Вселенной может быть предсказана в двух картинах. По одной из них, Вселенная будет расширяться без конца, разгоняя галактики, пока последняя звезда не исчезнет за нашим космическим горизонтом. Звезды остынут, а Вселенная будет представлять собой небольшое скопление оставшихся частиц. Возможен и другой вариант: пульсирующая Вселенная. В соответствии с последним, мы находимся в бесконечном цикле космических рождений и перерождений. Впрочем, пока можно точно утверждать, что расширение Вселенной ускоряется, а не замедляется. Это можно объяснить, например, свойствами вакуума, содержащего, как оказалось, огромную скрытую энергию.

На практике часто возникает потребность в накоплении и сохранении энергии. Вам нужна энергия? Пожалуйста - берите сколько нужно. Это похоже на банк. Энергию можно хранить и выдавать по потребности. Предназначенное для этого устройство можно назвать аккумулятором (от лат. *accumulator* - собиратель) или накопителем энергии. Простейшим из них может служить груз, поднятый на некоторую высоту и использующий гравитационную энергию. Такие накопители применяются в копрах, часах и т.п. Антитезой может служить груз сам по себе. Дело в том, что любое тело содержит в себе огромную энергию. В соответствии с формулой Эйнштейна энергия покоя равна произведению массы на квадрат скорости. Поэтому тело массой 1 кг содержит энергию, которую вырабатывает за год средняя электростанция. Использовать эту энергию достаточно сложно, так как она заключена в ядрах атомов (см. "Двигатель" № 3 - 2005). Но самую огромную энергию содержит пустота! Точнее, вакуум. Плотность энергии вакуума на много порядков превосходит плотность энергии в обычном веществе. Один кубический миллиметр пустоты смог бы обеспечить энергией всю Землю на многие годы. Правда, некоторые ученые не считают энергию вакуума полноправной ее разновидностью. Как ее вызвать? В этой связи надо заметить, что, по мнению некоторых ученых, Вселенная на ранних стадиях своей эволюции могла находиться в некотором вакуумообразном состоянии с большой плотностью энергии. Зародыши будущей Вселенной могли возникнуть как "квантовые флуктуации" из вакуума. Флуктуации - беспорядочные колебания, связанные с квантовой структурой вакуума. Интересно, что вакуумоподобное состояние среды близко к идее первичного состояния мира по Анаксагору!

Но вернемся на бренную землю. Нас интересуют механические накопители энергии. Пружина относится к таким накопителям потенциального ти-

па. Подобные механические накопители малой удельной энергии, имеющие упругие элементы, применяются очень давно. В древности накопление энергии в скрученных пучках тетивы использовалось в катапультах для метания снарядов. Дальность таких машин доходила до 350 м при массе ядра до 1,5 кг. Если предоставлена возможность выбирать, то предпочтение очень часто отдается упругим элементам, позволяющим достичь достаточно большой удельной энергии.

Рассмотрим другой пример: аккумуляторы в виде баллонов со сжатым газом, которые используются в системах управления. Газ, как пружина. Если его сначала сжать, то при расширении он производит работу.

Тепловые аккумуляторы имеют высокую удельную энергию, но она менее ценная, так как ее трудно преобразовать в работу. Оправдывает себя комбинация различных видов аккумуляторов. Например, тепловые аккумуляторы очень хорошо сочетаются с накопителями энергии в виде сжатого газа.

"Чистые" электроаккумуляторы - конденсаторы и катушки индуктивности широко применяются в электронике.

Перспективны для транспорта электрохимические накопители (ЭХН), которые часто называют просто "аккумуляторы". Эти устройства имеют весьма высокую удельную энергию, достаточно долго хранят ее. Но если сравнить их с природными аккумуляторами, то приходится признать: ЭХН уступают последним. Удельная мощность рыбы - электрического ската - превышает 150 Вт/кг. Такой показатель у технических систем обеспечил бы огромный качественный скачок в использовании электрохимических источников энергии в автомобилестроении. Над совершенствованием аккумуляторов работают многие научные коллективы.

Топливные элементы, непосредственно преобразующие энергию, которая выделяется при окислении водорода, в электроэнергию, также можно отнести к электрохимическим аккумуляторам. Они достаточно перспективны, но там есть еще над чем работать и исследователям, и теоретикам.

Рассмотрим транспортные средства. Если они работают с большим числом торможений и разгонов или некоторые механизмы имеют периодический цикл работы, то целесообразно использовать накопитель энергии в виде маховика. Существуют и другие накопители и возможные их комбинации, но на вопрос - какой лучше - однозначного ответа нет.

В следующем номере журнала мы более подробно рассмотрим механические, а более точно, динамические накопители. Однако уже сейчас обратим внимание на то что, движущееся тело - это своеобразный накопитель энергии, и с точки зрения сохранения энергии - идеальный. Инерция - такое удивительное свойство, что не "стареет" во времени. Если вы двигаетесь в автомобиле со скоростью 100 км/ч, то каждый килограмм вашего тела имеет энергию, примерно равную 385 Дж. И вы, если пожелаете, можете эту накопленную энергию расходовать. Если вы летите в космическом корабле со скоростью 10 км/с, то удельная энергия составляет 50 млн Дж/кг. Небольшой накопитель (массой несколько килограмм) с такой плотностью мог бы обеспечить пробег легкового автомобиля порядка 30 тыс. километров без заправки. ■

(Продолжение в следующем номере)

"БУДУ ЛЮБИТЬ ВСЕГДА"

Анатолий Маркуша

(Продолжение. Начало в № 1 - 6 - 2005)

12. Какое-то время в школе было сравнительно спокойно. Хожу на занятия, получаю отметки, хотя уроков почти не учу, читаю без разбору, и ничего такого... А потом как-то вечером вызывает меня по телефону Леха и говорит:

- Выйди на минутку во двор. Есть дело. Очень срочное!

Мать становится поперек дороги:

- Что за срочные дела в темном дворе? Если твоему Лехе очень нужно, пусть зайдет в дом.

С трудом вырвался. Мать мне вслед выкрикнула: если через десять минут не вернусь, она, мол, сама в милицию позвонит.

Сбегаю с лестницы, вижу - Леха ждет. В руках у него портфель. "Сорвался из дому, - почему-то подумал я, - сейчас скажет: "Пусти переночевать..." Но я ошибся.

- Такое дело, Кирюха, - заговорил Леха почему-то шепотом. - Сашка Лапочка - гад, лопух со своими гешефтами. И теперь на всех валит, на меня тоже. Врет, паразит, вроде я записи ему на продажу делал. Возьми это барахлишко пока к себе. Так, на всякий случай. И пусть тогда приходят и сколько угодно у меня роятся... А матери скажи: Леха просил свои книжки захватить в школу, потому что с утра попросит отца в гараж новый аккумулятор...

Вернулся я домой - и двадцати минут не прошло. Мать покосилась на меня недовольно и спрашивает:

- А это что за сумка?

Ну, я сказал, как велел Леха, мол, его книжки. Мать ни о чем больше не спрашивала, как сидела перед телевизором, так я осталась сидеть - любовалась Мережкой, он как раз кинопанораму вел, про новые фильмы рассказывал.

Но ничего так просто не обошлось! Не успел я утром глаза протереть, вижу - мать в полном параде, хотя обычно она встает позже меня. А тут не только встала, но еще и в синем выходном платье, причесанная, губы подмазаны, рот поджат, глаза прищурены. В полном боевом! На мое "доброе утро" ноль внимания. Молчит.

Помылся, оделся, вхожу на кухню, интересуюсь, чего она так рано сегодня собралась. И снова - ноль внимания и фунт презрения.

Сажусь завтракать. Мать завтрак пропускает. Когда я кончил есть, спрашивает:

- Почему ты врешь, Кирилл?

- Что ты имеешь в виду?

- Не прикидывайся, ты же все отлично понимаешь. Изволь отвечать. Я жду.

- Ма, но я ничего не понимаю. Ты о чем?

- Это школьные книжки? - говорит мать, вываливая передо мной целую кучу магнитофонных кассет.

Но этого мало. На стол выпадает из портфеля еще и черный пакет с голыми женщинами, что Леха доставал тогда со шкафа. Понимаю: кассеты мама еще

не переварила, а вот в пакет, судя по выражению ее лица, заглянула. Молчать глупо, надо что-то говорить:

- Это не школьные книжки, но откуда мне было знать про кассеты? И потом, что такого в кассетах? Они же не взрываются!..

- А это? - Мать едва прикасается ногтем к черному пакету. - Это что такое?

Как нас учит история, Юрий Павлович не один раз на примерах показывал, лучшая оборона - наступление. Иду на прорыв:

- Знаю или не знаю, отдельный вопрос. А вот что мне совершенно точно известно: залезать в чужие сумки, портфели, чемоданы, комоды и прочие емкости неприлично (это специально для матери словечко - неприлично!) И подслушивать под чужими дверьми тоже позор!

Я несую полную околесицу еще какое-то время. И кажется, не напрасно: судя по мамину лицу, она начинает колебаться. Но когда я, наконец, вырубаясь, мама, к моему полнейшему изумлению, говорит неприятно отчужденным голосом:

- Все? Сейчас мы идем с тобой к капитану Смирнову. Ты передаешь ему это подозрительное имущество и, я надеюсь, там будешь разговаривать более разумительно. Одевайся!

- Иди доноси! Закладывай Леху и меня заодно! Желаете - вали! А я куда не пойду - я не предатель!

Пока из меня вылетают эти слова, я тихонько оглядываю угол стола, сокращаю, сколько возможно, дистанцию. Что в кассетах, мне и на самом деле неизвестно, но те картинки к капитану Смирнову попасть не должны ни при каких условиях, иначе Лехе не отмыться.

Мать говорит что-то еще, смахивает кассеты в свою хозяйственную сумку, а я, выбрав момент тигром... И порядок: конверт с голыми дивами у меня в руках. Мать кричит, пытается выхватить конверт. Сопротивляюсь, тоже кричу и, изловчившись, запускаю конверт в открытое окно, на улицу. Черный прямоугольник вертится, как летающая тарелка. Планирует и опускается далеко за зеленой оградой нашего большого двора.

Не теряя зря времени, я с грохотом скатываюсь по лестнице к выходу.

Времени остается в обрез, только-только, чтобы успеть в школу. Но все равно я несусь со всех ног туда, где, по моим расчетам, приземлился конверт. Оглядываюсь вправо, влево - пусто, пробегаю немного вперед, возвращаюсь - конверта нет... Ничего не остается, приходится идти в школу.

Хорошо, хоть никто в этот момент не спрашивает, что я думаю о взрослых, люблю и уважаю ли родителей... Наговорил бы!

В школу я вхожу вместе со звонком и ничего не успеваю сообщить Лехе. А когда, кое-как перемучившись урок математики, затаскиваю его на площадку между этажами и коротко объясняю, как дело было и

чем все закончилось, он вдруг приходит в совершенное бешенство и несет на меня так, будто я и не пытался сохранить его имущество, оградить самого Леху от неприятностей. Он орет как псих, что я его обманул, подвел, заложил, чуть не в тюрьму упрятал... Где справедливость?

- Ты гад! - кричит мне в лицо Леха.

- Повтори, - тихо требую я, начиная задыхаться от встречного бешенства, обиды и не знаю чего еще. - Повтори!

- И повторю, - запросто, хоть сто раз повторю!

- А ну! - И за плечами у меня поднимается незримая тень Бориса Дмитриева.

Леха больше меня ростом на метр, он в пять раз здоровее. "Дядя, достань воробышка", - вот такой Леха. Мне с ним не сладить. Сознаю и понимаю. Но стерпеть "гада" я не могу. А он повторяет:

- Гад!

Признаю: начал я! Это плохо, стыдно и так далее. Извиняюсь! Если мало, прошу еще прощения...

Хотя чего уж так особенно распинаться, если наша драка продолжалась не больше двадцати секунд. На площадке, как привидение, возник вдруг Дир:

- Что случилось, мушкетеры?

- Выясняем отношения, Матвей Семенович, - едва переводя дух, ответил я.

Дир посмотрел на Леху, как бы приглашая его подтвердить сказанное мной.

- Гад ты, Каретников!..

Начать второй раунд не дал мне директор. Оказывается, он здоровенный - вот не думал. Как прихватил руку, как вертанул к лопатке, так я и сел...

А дальше пошло еще хуже.

Врать не буду: в квантовой теории не разбираюсь, но что такое квант, объяснил бы так: это - порция. Сначала ничего нет, нет, нет... А потом ррраз - получиай! Таким я это дело ощущаю. И жизнь наша идет, видать, квантами.

Мало мне было того, что случилось с утра, так вечером меня еще и побили. Да-а, в собственном нашем подъезде. Как теперь с запозданием соображаю, свет нарочно погасили. Я шагнул в дверь - темнотища, глаз коли. А тем, кто ждал в подъезде, из темноты на свет вполне все нормально видно было.

Врезали мне очень даже прилично. Кажется, в четыре руки обработали. Кто? Не видел, не знаю. Это на самом деле так, честно! Возможно даже, Леха с Лапочкой потрудились, но могли быть их дружки. Хотя и такой вариант не исключаю: лупили посторонние ребята. Могли, например, перепутать меня с кем-то и дать по ошибке. Конечно, такое мало вероятно, но ведь и не исключено?

Заявился я домой. Морда изукрашена, из носа кровь, сам перемазанный - вполне гоюсь, чтобы детей пугать. Мать, как такое увидела, можно сказать, языка лишилась. Но ничего. Дала умыться, молча протянула чистую рубашку и, ни слова не проронив, пошла к телефону. Ну, думаю, сейчас доложит капитану Смирнову: так, мол, и так, только что ввалился, весь в крови, с синяками, делайте с ним что хотите, но оставлять так больше невозможно... Но нет. Слышу, не со Смирновым говорит:

- Георгий, извини, это я. Пожалуйста, приезжай безотлагательно. Сейчас, требуется твое вмешательство. - И положила трубку.

Отец примчался, как по 01. Вид у него был, прямо сказать, перепуганный. Он не привык, чтобы мать коротко разговаривала, так что, небось, черт знает что

подумал. Но когда на меня посмотрел, как захохочет:

- Знаменито светишь, мужик! Светофор на въезде в Плоешти, а не мужчина! (Это он на синяки намекал.) А по делу, что случилось?

Ну, я рассказал все по чистой правде. Он слушал, не перебивал, а когда я кончил, спросил:

- Думаешь, Леха с приятелем тебя обмолотили?

- Возможно, но утверждать не могу.

- А ты говорил, помню: "Леха, во-о, парень!" Как же так? Из-за угла "во парни" не нападают... Другой вопрос: за что?

- В милиции я был? Был. Что говорил, они не знают. А если капитан Смирнов их приручил, могут считать - с моей подачи. За такое стоит выдать. Видишь, как получается. Вроде все сходится, все хорошо, все красиво.

- Не очень, я бы сказал, красиво, но резонно. Что будем дальше делать?

- В каком смысле - будем? Кто?

- Ты, и я тоже, - сказал отец.

- Во всяком случае, тебе в это никак вступать не следует. И пожалуйста, никуда не ходи. Вот если бы мне тот пистолет... - забросил я удочку.

Тут нужно кое-что объяснить.

Года два или три назад отец привез из Австрии пистолет-хлопушку. На вид настоящий кольт, один к одному. Черный, увесистый, а грохает - аж дом трясется! Привез, показал и спрятал. Я спросил тогда еще, для чего ему такая штука. Отец сказал, что на дороге всякое бывает - может, когда пригодится кого пугнуть. Вот теперь я и вспомнил.

- Нет, - сказал отец, - это предложение не проходит. Уж если вести внутреннюю войну, то корректно... Тренируйся, рученьки накачивай, работай с тенью, у зеркала...

Мы посидели еще немного. Он поглядел на часы и охнул: было начало второго! Велел мне ложиться.

- Матери все скажу, что надо. Но беспокойся. И держись!

Что именно он сказал матери, не знаю. На другой день - тишина. Перед школой мама заклеила мне бровь пластырем, сказала, чтобы первоклассники не пугались.

На этом, видать, квант завершился. Все пошло, как шло до того. Утром ать-два - в школу, отсидел, сколько положено уроков, и ать-два - домой... Никаких столкновений - тишь да гладь...

Но с того времени я все время возвращаюсь к ребятам, которых стали показывать по телевизору, - шварцнегерам, не парни, а гора мышц. Начинает такой играть телом - зрелище для обморока. Серьезно!

Наверное, так накачаться - дело ой-ой какое непростое. Болтать легко: хочу, мечтаю... Но чтобы на деле так обрасти мышцами... Сколько железа перетаскать надо, что перетерпеть! Я знаю, как после тренировок в школьном зале болят руки и ноги, если только ты не халтурил, а нагружался на совесть.



Мурад Саидович, когда у него настроение хорошее, всякие спортивные байки нам рассказывает. И каждая его знаменитая история всегда заканчивается примерно так: но он (или она) добежал, упал и умер! Сначала ребята пугались, потом стали посмеиваться, а сейчас грохнутся - и кранты! А вот теперь я начинаю понимать, что старается нам внушить Мурад Саидович. Настоящие победы сами собой не достаются никому. А за самую, самую, самую главную свою победу настоящий человек должен быть готов заплатить даже жизнью. И опять в голову приходят военные герои и Боря и Роза, о которых я прочитал в маминых выписках для музея...

13. Не понимаю, как это случилось, но когда я удирал с классного часа, Димка Аверкин прихватил меня в коридоре и стал показывать какие-то детальки, малюсенькие, как пилули, блестящие, словно новые монетки, с таракаными усиками. Из них, по словам Димки, можно такое, такое собрать, что...

Мы потеряли бдительность и были тут же наказаны. В двух шагах от раздевалки классная взяла нас на крючок:

- Куда?

- Хапнуть люфт! - говорит Димка. - В голове звон - кислородное голодание.

- А классный час?

Мне бы промолчать или подключиться к Димке: как глотнем кислорода, так моментом в класс, так дернул черт:

- Опять трепаться?

- Что это значит, Каретников? Классный час существует...

Понятно было, Мария Михайловна готова нам прочитать целую лекцию, но я извинился, перебил ее и начал загибать пальцы:

- Про оформление класса говорили и постановили. Но... ничего не сделали. Раз. Про стенную газету с сентября месяца ля-ля - и никто ничего. Два. Димке мозги полоскали, помощь обещали, а сделали ноль целых и ноль десятых. Три. Так чего же зря терять время на классном часе?

Тут прозвенел звонок. Мария Михайловна скомандовала:

- Довольно разводить демагогию. Марш в класс!

Пришлось обозначить движение к указанной цели. Чирикать дальше было бесполезно. Впрочем, я лично

до класса не дошел. Такой у меня характер: если просят, не могу отказать, если велят - нет сил себя заставить и подчиниться. Меня как-то Юрий Павлович из-за этого даже анархистом обозвал. Я, конечно, в точности их программы не знаю, но если анархисты в принципе всякую дисциплину отрицают, то я догадываюсь, на что он намекал. Да, подчиняться мне очень трудно, очень. И неприятно.

Дня через два классная подловила

меня на том самом месте, с которого я смылся, и говорит ангольским голосочком:

- Ты, Кирюша, выражаешь свое неудовольствие: и то не так, и это не по тебе, самостоятельности, говоришь, мало. Вот и прояви инициативу. По плану у нас должен быть урок мужества. Организуй встречу с уважаемым человеком, с ветераном войны, чтобы тот пришел, поделился... Остальное - на твое усмотрение! Нужны помощники - привлекли Олю Масленикову, Лешу Волинова. С кем ты еще в хороших отношениях? С Димой Аверкиным? Словом, все-все делай сам, как находишь нужным. Надеюсь на тебя. Договорились?

Надеялась ли она на меня на самом деле, не знаю. Но я действительно говорил, что взрослые всюду влезают, душат любую нашу инициативу, самостоятельно не дают шагу шагнуть. Доказывал: довольно с нас опеки - не маленькие уже! Получалось справедливо. Говорил? Говорил! Теперь давай докажи, что можешь.

- Ладно,- сказал я,- попробуем достать генерала.

Почему я не пообещал ей достать маршала, сам не знаю. Признаться, я не очень представлял себе, где можно достать генерала, как его уговорить поехать в школу... Но с другой стороны, если проводить настоящий урок мужества, то как же без генерала? С этим я вышел из школы и наткнулся на серенького "Жигуленка". А из машины, вижу, глядит на меня Пал Василич, Лехин папаша. Мало, что глядит, еще и пальчиком делает: подойди, мол, сюда. Подхожу. Он распахивает дверку и приглашает сесть. Откровенно скажу: лезть в его машину неохота было, но и как отказаться? Воспитали - перед каждым взрослым виляя хвостом...

Сел.

Папаша молча заводит мотор.

- И далеко поедем? - спрашиваю.

- Не-ет, мне еще Лешку перехватить надо. От школы мы задним ходом откатали метров на сто и встали.

- Ты человек серьезный, Кирилл, - говорит тут Пал Василич, - не то что мой балбес. Надеюсь, ты поймешь меня. Но сначала вот что: о чем тебя в милиции допытывали?

Интересно, с чего бы мне Лехину папаше давать отчет? Я уже собирался сказать ему, что проще у капитана Смирнова спросить, но Пал Василич как подслушал мои мысли:

- Не хочешь - не рассказывай. Я могу подскочить к Смирнову и выяснить, что называется, непосредственно, но не хочу показывать им излишней заинтересованности, чтобы еще больше не повредить моему дураку сыночку.

- А почему вы Леху так обзываете?

Тут папаша стал его ругать еще больше. И я узнал, что Леха был не только на сомнительные фотографии мастер, а еще прихалтуривал записями для магнитофона. Переписывал пленки и с каждой кассеты, по словам Пал Василича, имел "звонкую копенку" - рубля полтора или чуть больше.

- Под статью "спекуляция" это дело не подходит, но...

- А дурак-то Леха почему - за кассеты?

- Какие кассеты! Ну, позвали тебя в милицию, ну, спрашивают про что-то, так чего - сразу в панику? Если ты никого не зарезал, много не украл, чего дрожать? Вы же, по-моему, проходили: "Моя милиция меня бережет"? А Леха - слабак. Перетрусил, распустил язык... А надо как? Подозреваете? Вот вы и доказывайте, в чем я виноват, по какой статье должен отвечать. Вы меня к стене приприте, а я подумаю, признаваться



А из машины, вижу, глядит на меня Пал Василич, Лехин папаша. Мало, что глядит, еще и пальчиком делает: подойди, мол, сюда.

или подождать... А тебя, Кирилл, Смирнов про стройматериалы спрашивал?

- Чего-чего? Какие еще стройматериалы?

- Да... Лешкины шутики. Лапочка, ну-у, Сашка, в моем гараже паркетные плашки спрятал... Ну ладно, беги, бог с тобой, как любила говорить моя бабушка.

И я побежал добывать генерала для урока мужества. Это была задача номер один.

14. Экспериментальные страницы. Проба пера.

Жанр: школьное сочинение. Его цель: понятно и грамотно изложить мысли (точнее, сведения), сообщенные учителем в извлеченные из учебника для получения текущей оценки, желательно не ниже четверки. Тема: "Родина - любовь моя".

Предложенная для самостоятельной работы, сочинения, тема велика и необъятна, как велика и необъятна моя земля, протянувшаяся от Карпат до Тихого океана, от азиатской Кушки до самого Северного полюса. Шестая часть суши! Поэтому я поступлю так: постараюсь в одной капле отразить мир и ощущение всей моей страны.

Есть на карте Родины такая точка - город Можайск, а в десяти верстах от него расположено знаменитое село Бородино. Здесь 26 августа (по старому стилю) 1812 года произошла кровопролитнейшая битва между русскими войсками и французской армией вторжения. Это сражение унесло убитыми и ранеными до 80 тысяч человек из рядов сражавшихся! Подробности исторического события громадной важности художественно и обстоятельно описал знаменитый классик нашей литературы Л.Н. Толстой в своем толстом романе "Война и мир". Поэтому я не стану повторять его, а расскажу о моих исключительно личных, ощущениях и переживаниях, связанных с посещением Бородинского поля.

На экскурсию туда привез нас учитель истории. Конечно, первым делом мы посетили музей Бородинской битвы. В этом не очень большом, давно построенном музее собрано много картин, документов, экспонатов. Они позволяют посетителю представить, как героически дрались русские солдаты Кутузова против французских солдат самого императора Наполеона, покорившего половину Европы! Тут есть и знамена, и образцы разного старого оружия - огнестрельного и холодного, а еще можно подробно разглядеть, где какие части располагались перед битвой, куда они двигались, во что были одеты. Форма разных полков мне показалась очень интересной.

Когда мы все тщательно изучили в самом музее, пошли непосредственно на поле. Мы собственными ногами постояли на Шевардинском редуте, поклонились могилам героев, видели высоту, с которой генерал - фельдмаршал Михаил Илларионович Кутузов следил за движением наполеоновских войск. На батарее Раевского мне посчастливилось выкопать из земли величиной с грецкий орех или чуть больше чугунный шарик - шрапнелину. На память.

Очень трудно передать простыми словами, какие чувства ты испытываешь, когда смотришь на зеленое поле, имеющее столь исключительное историческое значение в судьбе страны и народа. Если же еще вообразить людей, не щадивших себя, чтобы спасти и уберечь землю своих предков от иноземных захватчиков, возникает такое впечатление, как будто у тебя отрастают крылья.

Настоящее, в тот день был сильный ветер, а может, и не от костра у меня на глазах наворачивались слезы.

Волнение и печаль перемешались и оказывали свое влияние. Мне захотелось побыть одному, и я тихонько отошел от ребят я Юрия Павловича в сторону. Пытался себе представить, как ранним-ранним утром над водами Великого, или Тихого, океана стремительно поднимается его величество солнце и плывет надо всей нашей землей сюда - к Бородинскому полю. И эта громадная земля - от Чукотки и Курил до западных границ - и есть моя Родина... Как выразить счастье ощущать себя частицей этой бесконечности, этого величия.

А теперь, пожалуй, хватит экспериментировать, довольно пробовать перо! Каждому, я думаю, уже, как дважды два ясно: за такое сочинение, если не насажаешь в нем орфографических и грубых синтаксических ошибок, вполне вероятно огрести четверку, если не пятерку. Вопрос: почему? И ответ: написано все очень правильно, как надо. Только не совсем мне понятно, кто постановляет, вот так - надо, так - можно, а так - нет?

Если бы я написал не как "надо", а как на самом деле выглядела наша экскурсия в Бородино, то пришлось бы начать весьма прозаически. В музей мы опоздали часа на полтора; по дороге сломался автобус. Шоферу пришлось менять бензонасос (хорошо, был в запасе!). В результате, когда мы все-таки прибыли, нас обругали: срываете график организованных посещений. После такого "здрасте" галопом протащили по залам музея. Узнать что-либо интересное при предложенном темпе движения, сами понимаете, было не просто. Но кое-что я ухватил. Пожалуй, самое удивительное вот: в 1912 году по случаю столетия Бородинской битвы здесь проводился юбилейный парад. И в нем участвовали старцы из соседнего села Семеновского - живые свидетели Бородинской битвы. Царь наградил их золотыми памятным медалями. Есть легенда, будто в окрестностях Бородина растут травы, способствующие долголетию, и те двадцатилетние деды были знаками-травниками, пользовались особыми настоями и вот дожили.

А вообще - экскурсовод нам попался!.. Во-первых, зануда, а, во-вторых, он так жал на "газ", так летел, что понять его объяснения было почти невозможно. На само поле он нас вообще не повел. "Ваше время вышло!" - сказал он, поглядев на часы. И можно было подумать, что он жутко этому рад - развязался.

Мы пошли на Шевардинский редут с Юрием Павловичем. По дороге и на самом редуте, он, конечно, рассказывал "про дела давно минувших дней", особенно торжественно помянул князя, генерала от инфантерии, участника суворовских походов Петра Ивановича Багратиона, смертельно раненного здесь. Но я никак не мог сосредоточиться: кругом было запустение, ветер шевелил обрывки бумаги, в траве светились осколки бутылок, попадались и консервные банки - гнусные следы туристов. И это на таком месте! Здесь бы все должно блестеть и сверкать - как в церкви. Откуда я знаю про церковь? Бабушка меня водила на Пасху. Служба, честно сказать, мне не понравилась, да я почти ничего и не понял, но порядок в церкви - будьте уверены. И торжественность!

Как получилось, даже не знаю, но я откололся ото всех. Сначала хотел попробовать выкопать из земли еще какую-нибудь шрапнелину на память, но довольно скоро понял - мертвый номер, тогда я побрел по тропинке. Она вела от музея вниз, к оврагу.



(Продолжение в следующем номере)



ДВИГАТЕЛИ 2006

ДЕВЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН

Научно-технический конгресс

по двигателестроению

11 - 15 апреля 2006 года. ВВЦ, Москва



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

Ассоциация

"Союз авиационного двигателестроения"

По вопросам выставки и конгресса обращаться по адресу:

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

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

**А
К
Т
О**

15-18 августа



3-я российская выставка авиакосмические технологии и оборудование Казань - 2006



- Информационные технологии
- Инновационные 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: pdvnt@bk.ru, vico@fbt.ru, www.aktokazan.ru

**BT XXI
2006**

МИР ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



www.vt21.ru

Приглашаем к участию



МОСКВА-2006

VII Международный форум

**ВЫСОКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**
HIGH
TECHNOLOGY OF **XXI**
ВЕКА

Москва, 24-27 апреля 2006

**Выставочный комплекс ЗАО «Экспоцентр»
на Красной Пресне**

- Международная выставка «BT XXI-2006»
- Международная конференция «Высокие технологии - стратегия XXI века»
- Конкурсная программа

При поддержке:

Правительства
России



Правительства
Москвы



Министерство
промышленности
и энергетики РФ

Организаторы:

Департамент науки
и промышленной политики
города Москвы

ЗАО
«ЭКСПОЦЕНТР»

ОАО «ЭКОС»:

Тел.: (095) 331-05-01, 332-35-95;
Факс: (095) 331-05-11, 331-09-00;
E-mail: vt21@vt21.ru



Форум проводится под патронажем Торгово-промышленной палаты Российской Федерации



Зачем электроискровым станкам линейные двигатели?

ВОПРОС:

Q

Линейные двигатели дают большую скорость. Однако электроэрозионный (электроискровой) процесс очень медленный. Какие преимущества у линейных приводов против традиционных ШВП, если скорость в ЭИ не нужна?



Привод с ШВП и ременным редуктором в швейцарском ЭИ станке.

- Привод с ШВП – это громоздкая конструкция со сложной цепью многоступенчатого преобразования энергии в линейное движение и вращательного движения в линейное, с люфтами, большой зоной нечувствительности и неравномерностями подач. От командного импульса до начала движения при старте и каждом реверсе – большая задержка. Судите сами, что происходит при отработке каждого перемещения:



ШВП-приводы – это низкая динамика, задержка от момента подачи энергии до начала движения. ЭИ станок с ШВП практически не работает с оптимальным зазором – режимы обработки аппроксимированы – постоянные потери скорости и качества.

Скорость решает другие задачи. Для электроискрового процесса важна не собственная скорость, а точность и быстродействие приводов. А если правильнее, кинематическая точность, помноженная на быстродействие – то, что мы называем динамической точностью. И здесь линейные приводы вне конкуренции!

Прежде всего, что требуется от привода ЭИ станка? Давайте разберемся:

Электроискровая обработка – процесс бесконтактный, искровые разряды идут в межэлектродном зазоре. Характеристики разрядов и всего процесса в очень большой степени зависят от величины этого зазора. Чуть больше зазор – разряды слабые, еще больше – вообще пропадают. Зазор меньше – нестабильность, дуга, прижеги и т.д. Здесь как в свече зажигания – автолюбители со стажем знают! – но на порядок сложнее. Потому что сам процесс намного сложнее! Так вот, **динамическое поддержание величины зазора** – а зазор в ЭИ процессе непрерывно меняется – это и есть **главная задача привода в ЭИ станке**.

В идеале, для качественного и производительного ЭИ процесса привод должен корректировать зазор десятки раз в секунду, позиционируя электрод с точностью в микрон или лучше. Могут ли это делать с такой же точностью традиционные приводы с шарико-винтовыми парами (ШВП), если даже в лучших из них зазор (и, соответственно, люфты!) как минимум 4 мкм? А если в приводе с ШВП для удешевления еще и ременный или зубчатый редуктор?

ЭИ процесс во многих случаях – это последовательности микроперемещений. Микроперемещения требуются для так называемых орбитальных осцилляций и часто для релаксаций электрода. В проволочной вырезке обход любого сложного криволинейного контура – цепочки микроперемещений. Могут ли приводы с ШВП корректно отрабатывать микроперемещения в 1 – 2 микрона (или субмикронные), если зазоры и, соответственно, люфты в них в несколько раз больше? Люфты «вылезают» при каждом старте, реверсе и остановке движения. Напомним: люфты в ШВП-приводах усугубляют упругие деформации, тепловые деформации, кинематические погрешности частей привода и т.д.

Линейные приводы – прямые приводы, избавленные от всех пороков ШВП. В линейных приводах нет многоступенчатого преобразования энергии в движение – нет никаких причин для возникновения люфтов и неравномерных подач. Линейные приводы Sodick способны корректировать зазор 500 раз в секунду с дискретностью подач 0,1 мкм. В результате: оптимальный зазор практически в любой момент ЭИ процесса – неизменно оптимальные режимы, стабильно максимальный съем, высокая скорость обработки и качество поверхности!

Это убедительно доказывает практика!!!

ШВП отменяются!



- Линейный привод – предельно простая конструкция с бесконтактной передачей усилия, прямой привод без какой-либо кинематической цепи преобразования энергии в движение и вращательного движения в линейное, без люфтов, зоны нечувствительности и неравномерных подач. Все, что происходит при отработке каждого перемещения, это:



Линейные приводы Sodick корректируют зазор 500 раз в секунду с дискретностью подач 0,1 мкм (быстродействие обратной связи в линейных станках – 20 мкс, разрешение линеек – 10 нм).

ШВП отменяются!

Зачем в линейных станках "Содик" линейки с дискретностью 10 нм?

ВОПРОС:

Q

Известно, что в станках Sodick устанавливаются линейные датчики обратной связи (оптические линейки) с дискретностью 10 нм (0,01 мкм). Однако заявленная точность большинства станков Sodick - 2,5 мкм. Зачем оснащать станок линейками с точностью в 250 раз более высокой, чем точность, достижимая на этом станке?

Линейка — неотъемлемая часть любого добротного привода, повышающая прежде всего его управляемость. В дешевых приводах линейки не ставят — используют круговые датчики (осевые энкодеры), которые показывают угол поворота электромотора, а не фактическое перемещение того, что приводится. Что же касается приводов станков "Содик", то система ЧПУ не только получает достоверную информацию о фактическом положении приводимых органов, но и получает эту информацию с дискретностью на порядок выше, чем в лучших станках "не-Содик".

В станках Sodick — прямые, бесконтактные линейные приводы, которые физически обеспечивают подачи с дискретностью 0,1 мкм. По общему правилу, дискретность измерительной системы обратной связи в приводе должна иметь на порядок более высокое разрешение. Это как раз соответствует 0,01 мкм, разрешению линеек, которыми оборудуются станки Sodick. Дискретность линеек связана с дискретностью привода, а не точностью, достигаемой на станке. На точность обработки помимо привода влияют и многие другие факторы.

Если бы на станках Sodick стояли приводы с ШВП, тем более приводы с ремennыми или зубчатыми редукторами, люфты в которых достигают сотки, то линейки даже с дискретностью 0,1 мкм были бы не более чем рекламным ходом. Сравните: на снайперскую винтовку ставят оптический прицел, но никто же не ставит оптический прицел на дробовик!



Для справки:

Измерительные линейки обратной связи с дискретностью 0,01 мкм (10 нм!) устанавливаются на все линейные электроискровые станки "Содик". В том числе и на недорогие модели.

До апреля 2002 г. на проволочно-вырезные станки "Содик" ставились линейки SONY, а на прошивочных — HEIDENHAIN. При этом дискретность линеек составляла 0,1 мкм. С апреля 2002 г. на все станки устанавливаются только линейки HEIDENHAIN с дискретностью 0,01 мкм.

Функция лазерного интерферометра встроена в линейные станки "Содик"

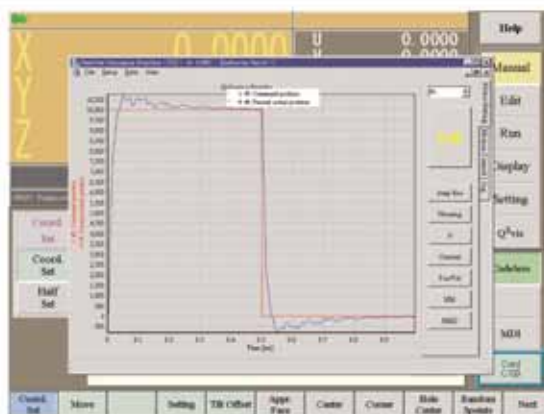
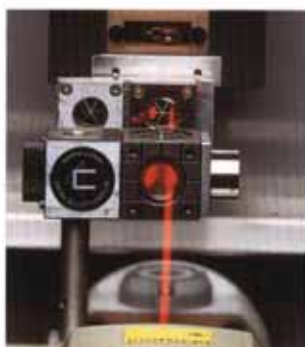
ВОПРОС:

Q

Считается, что линейные двигатели имеют большой разброс по параметрам, и их нужно настраивать индивидуально под каждый станок. Говорят, что поэтому при замене линейного привода у станков "Содик" могут быть проблемы. Точная настройка, якобы, возможна только на заводе изготовителе. Так ли это?

Линейные приводы, в отличие от ШВП, из строя практически не выходят и замены не требуют, но каждый линейный привод действительно индивидуален, и ЧПУ нужно под привод настраивать. В линейных станках "Содик" есть стандартные программы настройки, считывающие характеристики постоянных магнитов и электромагнитов. Достаточно один раз выполнить эти программы и занести данные в КЧПУ станка, чтобы учитывались все особенности постоянных и переменных магнитов. Более того: если по какой-либо причине произойдет изменение характеристик магнитов привода, в линейных станках "Содик" всегда есть возможность ввести коррекцию.

Если у вас станок с ШВП, и привод потребовал замены, то для настройки ШВП-привода скорее всего придется вести станок в фирменный сервисный центр, где имеется необходимый для этого стенд с лазерным интерферометром и другим оборудованием. Таких центров мало. Например, у известной японской фирмы M один такой центр на всю Европу, в Германии. Чтобы настроить привод, приходится не только преодолевать множество госграниц с их таможенными барьерами и соответствующими шокирующими затратами, но и ждать других желающих — очередь! Покупатели линейных станков "Содик" с этими проблемами не сталкиваются. По сути покупатель линейного станка "Содик" получает за те же свои деньги встроенный в станок самый точный и надежный лазерный интерферометр, позволяющий настраивать линейные приводы и корректировать их настройки в любой нужный момент в течение всего срока эксплуатации станка.



Функцию лазерного интерферометра для точной настройки приводов в линейных станках "Содик" эффективно выполняют установленные в КЧПУ специальные программы Ripple и Tcomp.



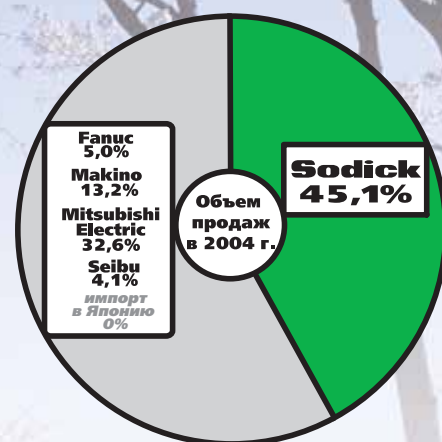
Sodick



**Если есть возможность
работать качественнее,
быстрее, с меньшими
затратами, почему не
делать это?**

Для тех, кто хорошо считает деньги...

- ✓ Линейные сервоприводы по всем осям и оптические линейки с дискретностью = 10 нанометров:
 - идеальная точность и динамика перемещений
- ✓ Керамическая рабочая зона из материалов с тепловым расширением, в 2 раза меньшим, чем у гранита:
 - непревзойденная геометрическая точность
 - идеальная гальваническая развязка
- ✓ **Совершенные компьютерные ЧПУ-генераторы**
- ✓ Встроенные 3D CAD/CAM-системы в дополнение к автопрограммированию с автотехнологом:
 - управляющая программа по твердотельной модели из любого 3D САПРа
- ✓ Фантастические возможности электроискрового зеркального выхаживания
- ✓ Непревзойденно низкий износ электрода



Продажи ЭИ станков в Японии*

**№ 1 в Японии
№ 1 в мире**

Sodick – пионер и лидер нанотехнологий

**Самый точный в мире
нанометровый линейный
электроискровой станок**

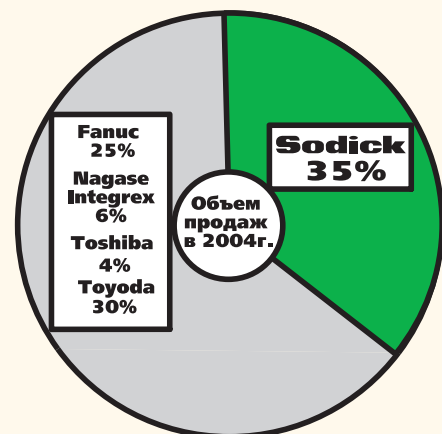
- Дискретность подач = **1 нм** (нанометр)!
- Субнанометровые лазерные линейные датчики
- Сдвоенные бессердечниковые линейные сервомоторы по каждой из 3 осей
- Все несущие конструкции из керамики со сверхмалым тепловым расширением
- Локальное термостатирование (гидротермо-статирующие рубашки на станине и колонне)
- Собственная система управления, включающая автопрограммирование и 3D CAD/CAM
- Закрытые аэроостатические направляющие (направляющие на "воздушной подушке")
- Встроенный ПЗС-микроскоп x1000

Space Series

**Nano EDM
EA 05**



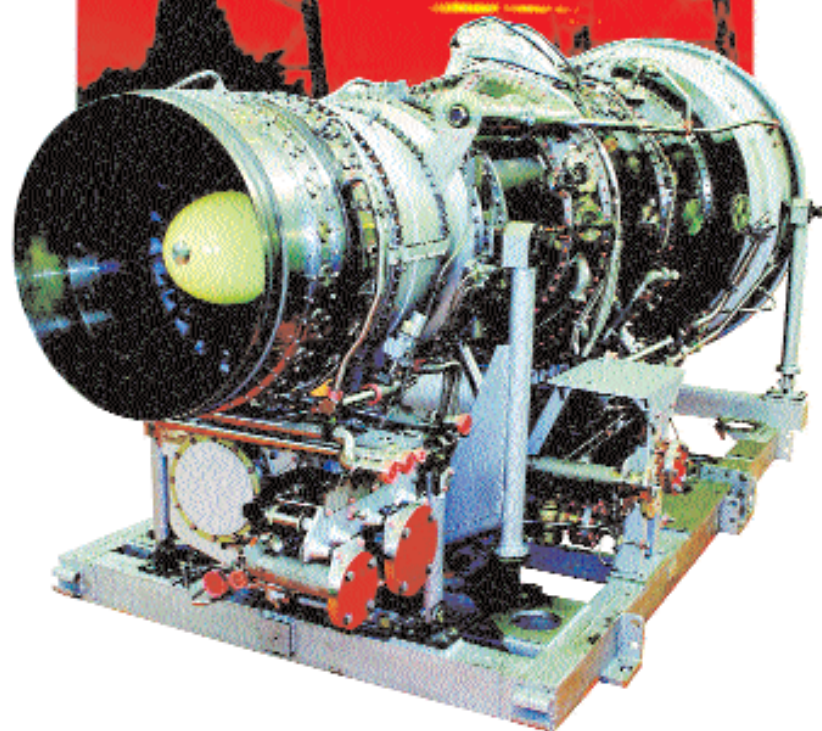
в металлообработке!



Продажи наностанков в Японии*

*Данные Toyo Keizai Monthly Statistics (12.2005 г.)

Совершенство без компромиссов



ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

E-mail: umpo@umpo.ru, [http:// www.umpo.ru](http://www.umpo.ru)





ОПЫТ ПРОШЛОГО— ОСНОВА БУДУЩЕГО

Это самое ценное, что мы можем пронести с собой
сквозь годы и десятилетия, не теряя, а преумножая.

90 лет мы эффективно используем и оттачиваем
уникальный опыт, благодаря которому создаём
настоящее и с уверенностью смотрим в будущее.



WWW.NPO-SATURN.RU