

Двигатель

Научно-технический журнал № 6 (36) 2004



По оценке американской компании RAND правительственная поддержка российского автопрома расценивается как прохладная, а "Концепция развития автомобильной промышленности до 2010 года" характеризуется как декларативный документ; не принимаются необходимые меры



Редакционный совет

Аршавский А.Л.,

гл. конструктор НПП "ЭГА"

Бондин Ю.Н.,

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

Губертов А.М.,

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

Данилов О.М.,

ген. директор ЗАО "Центральная компания
МФПГ "БелРусАвто", Москва

Дическул М.Д.,

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

Жарнов В.М.,

ген. конструктор ПО "Минский моторный завод"

Иноземцев А.А.,

ген. директор - ген. конструктор
ОАО "Авиадвигатель", Пермь

Каблов Е.Н.,

ген. директор ГНЦ ВИАМ, член-корр. РАН

Каторгин Б.И.,

ген. конструктор, ген. директор НПО
"Энергомаш", 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", Тольятти

Крымов В.В.,

зам. ген. директора ФГУП "ММПП "Салют"
по науке

Кутенев В.Ф.,

зам. ген. директора ГНЦ НАМИ по
внешнеэкономическим связям

Муравченко Ф.М.,

ген. конструктор МКБ "Прогресс", Запорожье

Новиков А.С.,

ген. директор ММП им. В.В. Чернышева

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

Тресвятский С.Н.,

ген. конструктор СНТК им. Н.Д. Кузнецова,
Самара

Троицкий Н.И.,

директор НИИ двигателей

Фаворский О.Н.,

академик, член президиума РАН

Чепкин В.М.,

первый зам. ген. директора НПО "Сатурн"

Черваков В.В.,

декан факультета авиадвигателей МАИ

Чуйко В.М.,

президент Ассоциации "Союз авиационного
двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Бажанов

Заместитель главного редактора

Дмитрий Боев

Ответственный секретарь

Александр Медведь

Финансовый директор

Дмитрий Чекин

Редакторы:

Александр Гомберг, Андрей Касьян,
Валентин Шерстянников

Литературный редактор

Лидия Рождественская

Художественный редактор

Александр Медведь

Техническая поддержка

Ольга Лысенкова

**В номере использованы
фотографии, эскизы и рисунки:**

Александра Бажанова,
Дмитрия Боева,
Александра Медведа

**Адрес редакции
журнала "Двигатель":**

111116, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, 2
Тел.: (095) 362-3925
Факс: (095) 362-3925
engine@zebra.ru
www.engines.da.ru
www.dvigately.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

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

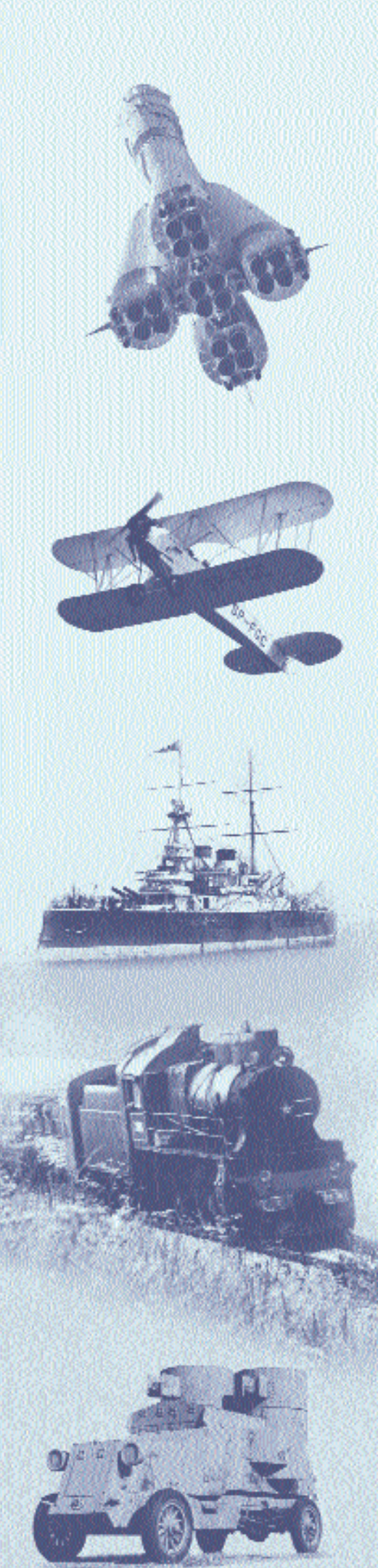
.....
Рукописи не рецензируются
и не возвращаются.

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
Государственном Комитете РФ по печати
Reg. № 018414 от 11.01.1999 г.

Отпечатано
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати"
Москва
Тираж 5000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная



СОДЕРЖАНИЕ

2. **О газовой турбине**
С. Ратнер
4. **Эскадра воздушных кораблей**
А. Николаев
8. **Высота конструктора**
Ф. Муравченко
11. **Конференция "CADreview VIP 2004"**
12. **Немецкая чистота для немецкого качества в России**
Л. Лестер, А. Мезин
14. **Использование режима выбега роторов для определения резонансных характеристик газотурбинных двигателей**
С. Виноградов, И. Гаранин, М. Леонтьев, В. Немков, О. Потапова, В. Шабает
17. **Информация**
18. **Об особенностях разрушения монокристаллических лопаток**
А. Петухов
19. **Перенесенные на нашу почву...**
Д. Соколовский
20. **Факторы, определяющие выбор электроэрозионного оборудования**
А. Митрофанов, Н. Носов, В. Рогов
22. **Создатель трех ОКБ**
Л. Берне
26. **Информация**
27. **Памяти Валерия Павловича Лесунова**
28. **Прогноз итоговых показателей работы автомобильной промышленности в 2004 году**
31. **По следам забытых вариантов ДВС**
А. Миллер
36. **StarRotor - еще одна попытка**
Д. Чернышов
38. **Турбулентность - не хаос, а тонкоорганизованная структура**
Ю. Кочетков
40. **Зачем электроискровым станкам линейные двигатели?**



С наступающим Новым годом, уважаемые наши авторы и читатели!

Поделится с вами радостью, которую при желании можно воспринять как новогодний подарок: многолетние архивные изыскания привели к несомненному успеху. Благодаря помощи сотрудников Политехнической библиотеки в фондах ее читальных залов был найден журнал "Двигатель", который издавался группой энтузиастов под руководством спортсмена и журналиста А.П. Нагеля с 1907 по 1917 годы (также в столице - тогда это был Санкт-Петербург). Этой находкой мы обязаны директору библиотеки Г.В. Спириной, организовавшей работы, Т.С. Устиновой, обнаружившей этот раритет, а также всем сотрудникам библиотеки, помогавшим нам в поисках. Изучая раритеты, мы были приятно удивлены почти полным совпадением целей, задач, методов их решения и даже способов подачи материала наших предшественников и нас самих.

С этого номера мы начинаем печатать, практически без ремарок и правок, с сохранением авторского стиля некоторые статьи из найденных журналов разных лет. Думается, что нам эти материалы будут не менее любопытны и полезны, чем современникам их авторов.

Итак: журналу "Двигатель" скоро 100 лет. Неожиданно для нас самих, но похоже это - старейший из действующих отечественных научно-технических журналов.

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 безразлично будущее нашей Родины. Мы будем стараться и дальше не обмануть ваших надежд.

Читайте наш журнал,

пишите нам,

пишите для всех нас.

Останемся друзьями и впредь.

Всегда Ваши: Александр Бажанов, Дмитрий Боев,

издатели журнала "Двигатель"

О ГАЗОВОЙ ТУРБИНЕ

Инж. С. Ратнеръ

О ГАЗОВОЙ ТУРБИНЕ

"Двигатель"
№ 13, 14 за 1911 г.

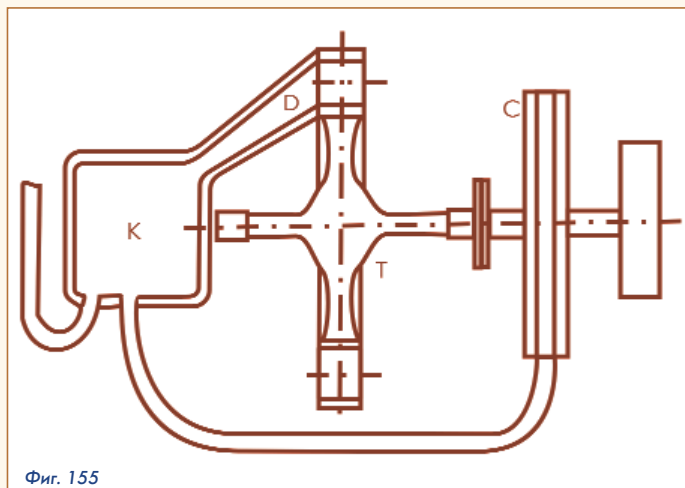
Существующие в настоящее время конструкции газовых турбин внутреннего сгорания и турбин, действующих взрывами, распадаются на категории: активных, реактивных и активно-реактивных турбин. Принципы, положенные в основу конструкций всех этих типов машин, будут приведены ниже.

Фиг. 155 изображает в схематическом виде газовую турбину внутреннего сгорания. Принцип ее: в хорошо изолированную камеру К вдувается струя воздуха компрессором, приводимым в действие турбиной; воздух вместе с поступающим туда бензином или газом образует горючую смесь. Продукты горения расширяются в сопле Лавалля D и приводят во вращение колесо Лавалля Т. Эта крайне простая по конструкции турбина не имеет однако никаких шансов на существование: наличие компрессора является ее убийственным недостатком. До сих пор не удалось еще построить центробежный, беспоршневой компрессор, который давал бы мало-мальски сносный коэффициент полезного действия; следовательно, на одно сжатие воздуха и газа уходило бы очень много энергии. Если бы даже и существовал вполне хороший компрессор, то рабочее колесо, сопло и самая лучшая камера не вынесут высокой температуры, развивающейся в последней. Несостоятельность газовой турбины внут-

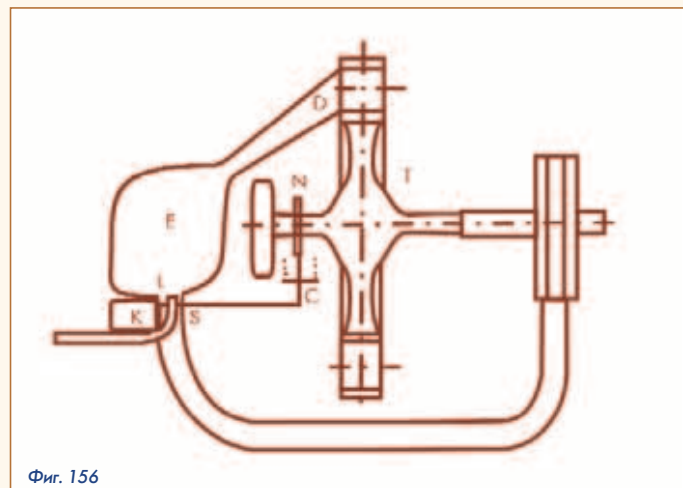
реннего сгорания, таким образом, вполне ясна, поэтому мы к ней больше возвращаться не будем.

Турбина, работающая вспышками, заслуживает гораздо больше внимания. Схема активной турбины этого типа показана на фиг. 156. Т - колесо Лавалля, соединенное непосредственно с маленьким эксгаустером К, Е - камера сгорания, D - сопло, из которого продукты горения попадают на колесо, L - зажигательная свеча, S - двойной клапан для воздуха и газа. Газовый клапан входит в воздушный и управляется кулачком N, получающим движение от вала турбины. Воздушный клапан действует автоматически и поддерживается в открытом состоянии посредством рычажка С с пружиной. Сила эксгаустера такова, что давление воздуха в камере сгорания Е составляет, по крайней мере, 30 мм водяного столба.

Действие турбины таково: как только колесо Лавалля начинает вращаться, эксгаустер посылает струю воздуха через клапан в камеру сгорания, откуда воздух попадает через сопло на колесо Лавалля и выходит наружу. После некоторого числа оборотов кулачок N открывает газовый клапан, а в камеру начинает притекать газ вместе с воздухом, образуя взрывчатую смесь. В момент закрывания клапана происходит вспышка, газы расширяются, отдавая свою энергию ло-



Фиг. 155



Фиг. 156

паткам колеса Лавала. Давлением взрыва запирается автоматический воздушный клапан, и открытие его снова наступает только тогда, когда в камере давление понижается до атмосферного. Поступающий через открывающийся клапан свежий воздух охлаждает внутренность турбины и очищается от остатков горения, после чего рабочий цикл возобновляется.

Для того, чтобы такая машина могла работать, необходимо, чтоб работа, производимая вспышками, превышала потери, обусловленные трением и другими вредными сопротивлениями. Но для получения излишка работы требуется много большая быстрота следующих одна за другой вспышек, нежели та, которая осуществима в единственной камере. Поэтому в турбине устраиваются несколько камер. Чем больше последних (от 2 до 10), тем легче пустить в ход машину и тем выше будет ее мощность. Но в том виде, как турбина описана, она не может дать коэффициента полезного действия, имеющего практическое значение. И вот почему. При одной только камере, когда число вспышек невелико, турбина не особенно сильно нагревается, так как части, наиболее подверженные действию вспышки, успевают охладиться током воздуха, пробегающими через машину в промежутки между двумя вспышками. Но машина с одной камерой немыслима на практике, так как условием правильности и экономичности работы ее является равномерность давления газовой струи. В многокамерных же турбинах колесо так накаляется, что оно не в состоянии сопротивляться возникающим в нем напряжениям. Это нежелательное явление можно было бы устранить искусственным охлаждением рабочего колеса: стенки камеры можно сделать двойными и заполнить промежуток их водой, получающийся пар отводится к лопаткам колеса и охлаждает их. Такой способ охлаждения требует конденсатора, через который пропускались бы уходящие газы для того, чтобы вновь добывать затраченную на охлаждение воду. Но такой конденсатор усложняет и делает все охлаждающее устройство непрактичным. Пробовали также пускать на лопатки воду в мелкодисперсном состоянии, а стенки камер сгорания охлаждать воздухом. Но этот способ оказался еще худшим, так как испаряющаяся водяная пыль производит вихри и деформации рабочего колеса. Пробовали также делать рабочее колесо полым и пропускать через него воду, но и это не дало положительных результатов. Воздушное же охлаждение колеса требует сильной струи холодного воздуха, который пропускаться бы через лопатки, но производство такой воздушной струи требует слишком большой затраты энергии.

Описанная турбина хоть и превосходит турбину внутреннего сгорания, но все-таки до практического ее применения еще далеко. Коэффициент полезного действия ее всего 4-7%. Причину неэкономичности ее, прежде всего, надо искать в камерах сгорания, рабочий процесс в которых отличается от такового в поршневых двигателях. Во-первых, происходит равномерный приток слабо сжатого воздуха, который прерывается только действием вспышек; во-вторых, происходит правильное всасывание и сжатие. Требования, предъявляемые к клапанам, также поэтому совсем другие, чем у турбин. Устройство двух отдельных впускных отверстий для газа и воздуха неподходяще, ибо если взрывчатую смесь изготовлять, как

в поршневых двигателях - впереди клапана, то силой вспышки автоматически клапан не закроется, так как содержимое в трубке под клапаном также воспламеняется и расширяется прежде, чем клапан может закрыться. В поршневом двигателе этого не может быть, так как предшествующее вспышке сжатие держит всасывающий клапан закрытым. Управляемый клапан, вместо автоматического, мог бы устранить обратные удары вспышек в подводящие трубки, если бы вспышка происходила после закрытия клапана. Но такой клапан совершенно неприемлем, так как в момент запирающего последнего незначительное давление газов, распространяясь и на сопло, совсем упадет: в большинстве случаев не произойдет поэтому никакой вспышки в камере или же весьма слабая. Таким образом, воздушный клапан должен быть автоматическим, и он отличается от такового в поршневом двигателе тем, что он не придерживается слегка пружиной, но уравнивается рычажком и противовесом. Если бы для турбины стали применять нормальный впускной клапан, то давления воздуха из эксгаустера не хватало бы для его поднятия. Уравновешенный клапан производит такое же действие, как и легко открывающийся, так как, хотя он представляет для сжатого воздуха большее сопротивление, но силой вспышки он легко и быстро закрывается, легко же открывающийся клапан сжатый воздух свободно пропускает, но зато он труднее закрывается силой вспышки и притом с потерей продуктов горения. Вообще клапан в трубках является весьма чувствительным источником потерь. Скорость вспышки всегда больше, нежели та, с которой клапан закрывается. Следствием этого является просачивание продуктов вспышки в воздухоподводящую трубу, и воздух загрязняется. Загрязненный воздух, попадая в камеру сгорания, ослабляет силу вспышки или замедляет скорость ее. Дальнейшая потеря происходит от просачивания у сопла; приходится поэтому работать с большим избытком воздуха. Кроме того, теряется много хорошего газа, что влечет за собой весьма вредные вспышки в кожухе турбины.

При увеличивающемся числе вспышек степень наполнения камеры уменьшается. При дальнейшем увеличении числа вспышек в секунду сжигание смеси получает характер непрерывного горения, и все промежуточные между отдельными вспышками давления отпадают. Опыты Ганзена показывают, что кривая давлений может быть значительно улучшена.

Эти опыты были произведены Ганзеном над построенной им турбиной, изображенной на фиг. 157. Вращающаяся камера турбины, имела емкость всего 1,2 метра и состояла из трех отдельных цилиндров. Воздух подводится к камере через полую ось, а горячее - через полый стержень клапана посредством насоса.

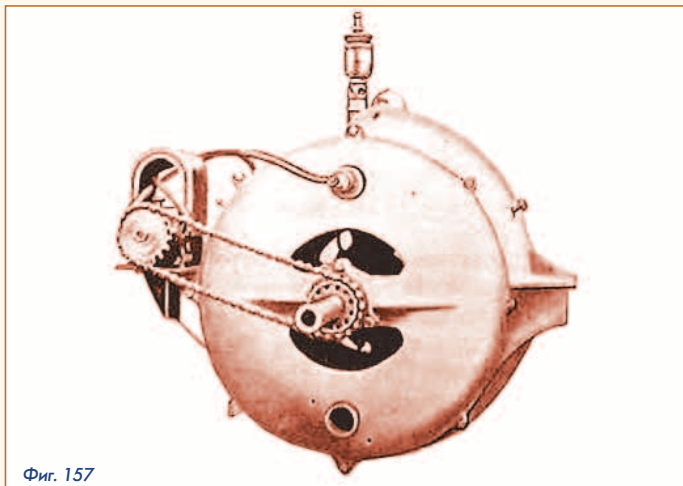
Продукты горения из сопел попадают на колесо с лопатками и выходят наружу через отверстие, видное на фиг. 157. Охлаждение достигается быстрым вращением камеры; кроме того, имеется еще вентилятор, сидящий на оси турбины. Охлаждающий воздух, давление которого составляет 24 мм водяного столба при 1200 оборотах турбины, проходит через кожух в трубу, ведущую к впускным клапанам.

При этом Ганзен имел в виду, что подогретый всасываемый воздух повысит тепловой коэффициент полезного действия двигателя. Но на деле это не оправдалось, так как теплый воздух менее плотен и тем понижает действие центробежной силы. Если же в горячие камеры сгорания впускать холодный воздух, то он там будет расширяться и повысит давление в камерах. Поэтому с холодным воздухом турбина дает лучшие результаты. Ось турбины сделана полый в целях лучшего охлаждения и связана с камерой только в трех точках. Охлаждение машины оказалось удовлетворительным.

Недостатками описанной турбины является центральный впуск горячего (через полый стержень воздушного клапана), отсутствие регулятора, теплый воздух для горения.

Все эти недостатки устранены в новейшей турбине Ганзена, с которой он обещает выступить в ближайшем будущем и которая, как он утверждает, вполне применима для обслуживания автомобилей и аэропланов.

[Подготовка к печати - Андрей Червяков, к.т.н.]



Фиг. 157

ЭСКАДРА ВОЗДУШНЫХ КОРАБЛЕЙ

Александр Николаев



Сегодня это кажется странным и даже забавным, но в начале прошлого века угроза с воздуха ассоциировалась у военных (и обывателей) не с этими смешными кузнечиками – аэропланами, а с огромными воздушными кораблями – дирижаблями. Если первые самолеты обладали в то время весьма ограниченной грузоподъемностью, не превышавшей у самых крупных машин трехсот-четырёхсот килограммов, то наиболее крупные германские боевые цеппелины (объемом до 200 000 м³) могли доставить к цели несколько тонн бомб. Их скорость была вполне сравнимой со скоростью тогдашних аэропланов, а по дальности полета дирижабль обладал неоспоримыми преимуществами, ведь он мог преодолеть

без посадки до 2000 км. Вот какими были они, бомбовозы начала двадцатого века. Но ситуация резко изменилась в годы Первой мировой войны. Боевые возможности самолетов радикально улучшились благодаря резкому (втрое – вчетверо) повышению мощности моторов, применению новых расчетных методик и совершенствованию применявшихся технологий. Существенную роль в том, что отечественная военная авиация стремительно выросла из "коротких штанишек", сыграл Игорь Иванович Сикорский.

Лучше больше - и лучше!

Авиация, находившаяся в младенческом возрасте, во всех странах опиралась на успехи автомобилестроения и - в меньшей степени - на достижения в области массового производства велосипедов. Заводы Юнкера в Германии накануне Первой мировой войны выпускали двигатели для автомобилей. Завод "Альбатрос" работал по заданиям автотранспортной фирмы Гота, именно здесь делал первые шаги Вилли Мессершмитт. Двигателестроительные фирмы "Испано-Сюиза", "Роллс-Ройс", "Рено" и многие другие, не менее известные, состоялись прежде всего благодаря неуклонно расширявшемуся производству автомашин различного назначения. Не только двигатели, но и трубчатые сварные конструкции, разнообразные штампованные детали, стекло-триплекс, гидроамортизаторы, ленточные и колодочные тормоза, наконец, сами колеса с металлическими спицами стали своеобразным "приданым" автомобилестроения, которое тесно связало себя с зарождавшейся авиационной промышленностью.

Беда России заключалась в том, что в ней в начале прошлого века практически отсутствовало автомобильное производство. Едва ли не единственным "лучом света" являлся Русско-Балтийский вагонный завод (РБВЗ), основные мощности которого располагались в Риге. Только на этом предприятии с его филиалом в Петрограде удалось в годы войны организовать выпуск многомоторных самолетов-бомбардировщиков и специально спроектированных истребителей отечественной конструкции.

Еще в 1910 г. директор завода РБВЗ пригласил к себе на службу конструктора, инженера путей сообщения, экстраординарного профессора Киевского политехнического института Александра Сергеевича Кудашева. В течение полутора лет Кудашев построил четыре аэроплана, в том числе первый самолет отечественной конструкции, который действительно смог подняться в воздух (23 мая 1910 г.). Монопланы, спроектированные киевским профессором ("Кудашев-3" и "Кудашев-4"), обладали многими элементами новизны, но из-за малой мощности моторов и недостаточной устойчивости потерпели аварии и, в конечном счете, не оправдали надежд руководства РБВЗ.

Между тем в Киеве восходила звезда еще одного талантливого авиаконструктора - Игоря Ивановича Сикорского. На московской

выставке воздухоплавания, проводившейся в апреле 1912 г., И.И. Сикорскому за его самолет С-6А была присуждена золотая медаль. Правление РБВЗ пригласило Игоря Ивановича на должность главного конструктора авиационного отделения завода на Строгановской набережной в Петербурге. Сикорскому в работе помогли инженер-механик Н.Ф. Климиксеев и механик-моторист В.С. Панасюк, а испытывали новые самолеты опытные по тем временам пилоты Г.В. Алехнович и Г.В. Янковский.

Авиационное отделение РБВЗ включало деревообделочный цех, столярную, сборочную, корпусно-сборочную, слесарную, автогенно-сварочную, обойную и малярную мастерские. На Комendanтском аэродроме в Петрограде были построены собственные ангары. Основные цехи РБВЗ в Риге - механический, инструментальный, литейный - также выполняли заказы авиационного отделения, которое располагало специальной опытной мастерской, строившей новые образцы самолетов. Здесь И.И. Сикорский начал постройку большого опытного самолета, ставшего впоследствии известным как "Русский Витязь".

Следует отметить, что в начале прошлого века идея многомоторного самолета, мягко говоря, не пользовалась признанием у специалистов. В те годы конструкторы во многом действовали интуитивно, поскольку практически отсутствовали и расчетные методики, и нормы прочности аэропланов, и опыт исследования особенностей самолетов в аэродинамических трубах. Разработчики нередко пытались опираться на практику кораблестроения, что, как правило, вело к перегрузке летательных аппаратов. При постройке больших аэропланов прибегали к масштабному копированию малых машин, что еще больше перегружало аппарат. Лишь позднее стало ясно, что нормы прочности для самолетов разных размеров и различного назначения должны быть неодинаковыми.

При изготовлении опытного образца рабочие руководствовались лишь схемой общего вида и размерами готовых деталей и агрегатов, чертежи для серийного производства снимались позднее, с натуры, несколькими чертежниками. Конструктор давал только принципиальную схему с указанием основных габаритных размеров, размеров сечений важнейших конструктивных элементов машины (фюзеляжа, крыла, лонжеронов и т. п.). Правда, чертежи уже в то время дела-

лись на плазах (фанерных листах), обычно в натуральную величину, что было позаимствовано из практики кораблестроения. Все остальные вопросы решались в цехе в процессе постройки машины непосредственно конструктором или цеховыми работниками.

Определенные опасения у разработчиков вызвали не только большие размеры тяжелых летательных аппаратов, но и необходимость применения на них нескольких моторов. Считалось, что все двигатели непременно должны связываться синхронизирующими валами, в противном случае мощный разворачивающий момент, возникающий при отказе одного из моторов, неминуемо приведет к потере устойчивости и управляемости аэроплана. Идея размещения двигателей не в фюзеляже, а на крыле была напроць раскритикована, ее сторонники объявлялись дилетантами. Попытки объединить несколько двигателей в единую силовую установку с работой на один (иногда соосный) воздушный винт заканчивались неудачами (например, самолет Б.Г. Луцкого). Постепенно у теоретиков от авиации вызрела идея о существовании "предельных" размеров аэроплана, а затем стали предприниматься попытки "научно" определить их числовые значения.

В этих условиях только человек независимых взглядов, обладающий технической смелостью и склонный к проверке "неопровержимых истин" практикой, мог решиться на постройку крупноразмерного многомоторного самолета. В начале августа 1912 г. Сикорский с группой единомышленников закончил проект биплана взлетной массой 2,5 т, с размахом крыла 25 м и длиной фюзеляжа 20 м. Силовая установка машины первоначально была двухдвигательной (немецкие моторы "Аргус" мощностью по 100 л.с., отличавшиеся высокой по тем временам надежностью) с толкающими винтами. Вначале Игорь Иванович предполагал строить самолет на собственные средства (на премию за победу в конкурсе на лучший военный аэроплан), но вскоре дальновидный и доброжелательно настроенный председатель правления РБВЗ М.В. Шидловский подписал с конструктором пятилетний контракт, разрешавший Игорю Ивановичу ежегодно строить по одному самолету "на свой вкус" за счет акционерного общества.

Сикорскому в то время было всего двадцать три года! Получив финансовую поддержку, он организовал серию продувок модели и убедился в том, что мощности двух "Аргусов" будет недостаточно. После всестороннего обсуждения решили сделать силовую установку четырехмоторной, установив двигатели в тандем попарно на нижнем крыле. Все же, как видно, Сикорский не был вполне свободен от опасений, связанных с ожидавшимся большим разворачивающим моментом при отказе одного из двигателей. Размах верхнего крыла в процессе доработок проекта увеличился до 27 м, а масса пустой машины - до 3,1 т. Начатый постройкой самолет-гигант получил два обозначения: С-9 и "Гранд". 4 марта 1913 г. аэроплан был выведен на летное поле. Интересно отметить, что из-за отсутствия выноса моторов и длинного фюзеляжа центр масс машины оказался позади крыла (!); в связи с этим оперение сделали несущим, с положительным углом установки. Впервые в истории авиации кабину пилота и пассажиров выполнили закрытой. Впереди нее предусмотрели полутораметровый открытый "балкон". Салон, рассчитанный на размещение 10 пассажиров, был застеклен, на окнах висели занавески, что придавало машине изящный вид. Между прочим, именно в отношении "Гранда" западная печать впервые использовала термин "аэробус", воздушный автобус.

Для первых полетов на "Гранде" установили только два "Аргуса". Предполагалось, что на более легкой машине, пусть и недостаточно энерговооруженной, летчику будет проще накапливать опыт пилотирования. Первые дни Сикорский, который решил сам поднять в небо небывалый аппарат, отрабатывал на "Гранде" рулежку, поочередно выключал двигатели и оценивал реакцию машины. 15 марта 1913 г. во время очередной пробежки Игорь Иванович слегка взял штурвал на себя и аэроплан оторвался от земли. В последующие дни Сикорский совершил еще несколько полетов на малой высоте. Но вскоре оттепель сделала Комендантский аэродром непригодным для полетов.

В апреле "Гранд" перевезли на Корпусной аэродром, принадлежавший военным, летное поле которого подсыхало быстрее.

27 апреля 1913 г. И.И. Сикорский, летчик Г.В. Янковский и механик В.С. Панасюк впервые по-настоящему поднялись в небо на "Гранде", совершив полет по замкнутому кругу над аэродромом. 30 апреля полет был повторен, а в начале мая на самолет установили все четыре мотора. В стране набирал обороты предвоенный патристический порыв (своеобразный аналог позднейшей "борьбы с космополитизмом и низкопоклонством перед Западом"), поэтому в середине мая название машины сменили на "исконно русское" - "Большой Русско-Балтийской" или просто "Большой".

10 мая 1913 г. "Большой" под управлением Сикорского совершил первый внеаэродромный полет над всем Санкт-Петербургом. Накануне летчик намеренно выключил в воздухе два мотора, самолет остался послушен рулям и не проявил "непреодолимого стремления" к развороту. В ходе полета 10 мая самолет на высоте около 400 м пролетел над Исаакиевским собором, Невским проспектом и другими столичными достопримечательностями. Этот полет вызвал огромный интерес у многочисленных очевидцев, поэтому 13 мая, когда было запланировано очередное испытание, на Корпусном аэродроме собралось огромное количество зрителей, устроивших Сикорскому овацию. Эффектные демонстрационные полеты "Большого" опровергли все заявления скептиков. Весь мир заговорил о невиданном аэроплане, сразу ставшем предметом национальной гордости россиян. В двадцатых числах июня по предложению М.В. Шидловского машина еще раз сменила наименование и стала официально именоваться "Русским Витязем".



"Русский Витязь"

Но путь технического прогресса не усеян одними лаврами. Сикорский хорошо видел недостатки своего первого большого аэроплана. Слишком хлипким получилась хвостовая часть фюзеляжа, скручивавшаяся при разворотах. Кроме того, выявился низкий к.п.д. тандемной силовой установки. В начале июля Игорь Иванович решил кардинально изменить схему установки моторов: теперь их разместили в ряд вдоль передней кромки крыла. Так была выработана схема многомоторного тяжелого самолета, ставшая впоследствии классической. 16 июля 1913 г. на обеде, данном в честь И.И. Сикорского Императорским Всероссийским аэроклубом, Игорь Иванович заявил: *"Как в морском деле от катеров, лодок и т.д. постепенно перешли к постройке дредноутов, так и в авиации - от создания небольших одноместных аэропланов должны перейти к созданию воздушных дредноутов"*.

Между тем первенцу многомоторного самолетостроения осталось "жить" менее двух месяцев. 11 сентября 1913 г. с пролетающего над аэродромом аэроплана "Меллер-II" сорвался двигатель и угодил прямо в коробку крыльев "Русского Витязя". Учитывая изношенность цельнодеревянной конструкции машины и большой объем разрушений, Сикорский предпочел не восстанавливать "Витязя", а построить усовершенствованный аэроплан с более высокими летными качествами, который был уже заказан морским ведомством.

Вскоре силами того же коллектива был построен еще более совершенный многомоторный самолет, названный "Илья Муромец" (заводской номер 107). Он, как и "Витязь", принадлежал к типу биплана. Верхнее и нижнее крылья, их коробки имели прямоугольную форму. Размах верхнего крыла составлял 32 м, площадь несущих поверхностей 182 м², расстояние между верхним и нижним крылом 2,5 м (впрочем, в различных модификациях самолета эти параметры изменялись, и довольно существенно - под именем "Илья Муромца" реально спряталась целая гамма больших аэропланов). Полотняная обшивка крыла с помощью накладных ленточек крепилась гвоздями непосредственно к полкам нервюры. Фюзеляж имел смешанную кон-

струкцию. Материалом служила преимущественно сосна. Обшивка была выполнена из полотна, что облегчило хвостовую часть самолета, но несколько уменьшило ее жесткость.

У первого "Ильи Муромца" четыре двигателя водяного охлаждения типа "Аргус" мощностью по 100 л.с. устанавливались в ряд на нижнем крыле. На более поздних машинах два средних двигателя имели мощность по 140 л.с., боковые - по 125 л.с. Общая мощность силовой установки, таким образом, составляла 530 л.с. Расположение двигателей на нижнем крыле самолета и вынесение далеко назад рулей поворота обеспечивало продолжение полета в случае остановки одного из двигателей. Несимметричная тяга винтов могла компенсироваться рулями поворотов. По сравнению с "Русским Витязем" на "Муромце" устанавливались шасси более легкого типа из двух колес с укороченными лыжами. Кроме кабины пилота воздушный корабль имел гостиную, спальную и туалет. Помещения отапливались отработавшими газами моторов. Самолет весил без нагрузки 3500 кг, его полетная масса достигала 5 т (в более поздних модификациях - 7,5 т).

Первое летное испытание машины окончилось серьезной аварией. Дело в том, что Сикорский, стремясь увеличить подъемную силу, установил на прототипе "Ильи Муромца" дополнительное монопланное крыло, расположив позади основной бипланной коробки. В результате центровка аппарата стала неудовлетворительной. Набрав высоту 50...80 м, самолет стал задирать нос, затем потерял скорость, соскользнул на левое крыло и упал на землю. Вся левая плоскость оказалась разрушенной. Пилот отделался ушибами. В пятидневный срок машина была восстановлена, монопланное крыло ликвидировано. "Муромец" после таких переделок благополучно прошел испытания и в феврале 1914 г. установил рекорд, продержавшись в воздухе с 16-ю пассажирами (1280 кг полезного груза) 5 часов. Потолок самолета составил 2000 м, скорость полета 100 км/ч.

После военного смотра в Царском Селе, когда Николай II осмотрел "Муромец", был организован перелет многомоторной машины из Петрограда в Киев и обратно. На обратный путь "Муромцу" потребовалось 13 часов. Разработчики самолета мечтали использовать его для нужд Северного морского пути и полетов вдоль берегов Сибири. Летчик-испытатель Г.В. Алехнович предлагал организовать с помощью "Муромца" экспедицию на Северный полюс. Но надвигавшаяся мировая война иначе определила судьбу первого многомоторного корабля. Успехи "Муромца" обратили на него внимание военного ведомства. Весной 1914 г. Главное управление Генерального штаба заказало РБВЗ 10 самолетов типа "Илья Муромец" со сроком изготовления к 15 марта 1915 г.

На военной службе

Постройка самолетов-гигантов велась в петроградском отделении завода. С невероятными трудностями к началу войны удалось построить только две машины. Русские фабриканты и заводчики не торопились вкладывать свои капиталы в предприятия, строившие самолеты. К.Н. Финне, бывший позднее старшим военным врачом в эскадре воздушных кораблей, замечал по этому поводу: "Шум моторов "Муромца", летевшего из бюрократического Санкт-Петербурга в Киев, не достиг Москвы... (с ее миллионерами - А.Н.)".

Наиболее слабым местом российской авиационной промышленности было отсутствие серьезно налаженного производства авиационных моторов. Главное военно-техническое управление (ГВТУ), а позднее Управление военно-воздушного флота (УВВФ)



Летный и наземный экипаж "Ильи Муромца"

полностью ориентировались на приобретение авиадвигателей за рубежом, преимущественно во Франции. Но для "Ильи Муромца" ротативные "Гномы" и "Роны" не годились, а "Аргусы" выпускала германская фирма "Мерседес", ставшая вражеской. Выход поначалу нашли в применении французского звездообразного мотора "Сальмсон" жидкостного охлаждения, одного из наиболее распространенных в то время в русской авиации. Но большой "лоб" и, в особенности, недостаточная надежность "Сальмсонов" ограничили их использование на "Муромцах".

Когда вспыхнула война, создатели тяжелых самолетов немедленно предложили использовать их для фронта. Однако, как утверждал член Государственной думы А.Ф. Половцев, "в большие аэропланы не верили, и после долгого колебания Верховным Главнокомандующим великим князем Николаем Николаевичем было разрешено произвести испытание пригодности этого типа для военных действий. "Муромцы" вылетели на Северо-Западный фронт 26 августа 1914 г. Командующий 9-й армией во избежание обстрела приказал предупредить войска по пути следования "Муромцев", в частности коменданта Ивангородской крепости, сообщить отличительные признаки: "большие размеры, четыре мотора, спереди выдается платформа с орудийной установкой, хвост длинный с тремя рулями спереди, сбоку видны окна каюты, на солнце аппарат блестит, лететь будет на небольшой высоте, преимущественно утром или вечером".

Поскольку в начале войны многие соединения русской армии вообще не имели сил авиации, отряды воздушных кораблей "Илья Муромец" решено было сформировать односамолетного состава (с последующим наращиванием количества машин до двух) и временно придать их армейским корпусам. Вначале развернули четыре авиаотряда, а затем - еще три. Но распыление "Муромцев" поодиночке было ошибкой и впоследствии сослужило плохую службу их репутации, усложнив эксплуатацию и ремонт самолетов.

Первые полеты "Муромцев" на фронте показали, каким ценным боевым кораблем располагает русская авиация. На основании донесений штаба Северо-Западного фронта ГВТУ 2 октября 1914 г. заказало Русско-Балтийскому заводу 32 самолета типа "Илья Муромец". Срок изготовления был установлен к 1 августа 1915 г. Заводу обещали аванс в размере 3600 тыс. руб. Получив крупный правительственный заказ, правление приступило к расширению предприятия и приобретению нового оборудования. Одновременно администрация привлекла к постройке самолетов опытных инженеров, мастеров и рабочих. Ко времени получения первого заказа предприятие уже затратило на организацию авиационного отделения около 2 млн руб. Для покрытия дефицита были выпущены специальные акции на сумму 7 млн руб.

Однако не успел еще Русско-Балтийский завод приступить к выполнению этого важного для фронта заказа, как штаб Верховного Главнокомандующего 29 октября 1914 г. уведомил ГВТУ "что вследствие обнаружившейся непригодности аэропланов типа "Илья Муромец" к выполнению боевых задач надлежит прекратить снабжение армии аппаратами этого типа". В соответствии с такой директивой ГВТУ аннулировало заказ на самолеты, а обещанный аванс выдать отказалось. Формальной причиной для столь неблагоприятного развития событий стал неудачный полет одного из "Муромцев" при перегонке машины на фронт. Перелет штабс-капитана Е.В. Руднева из Петрограда на Юго-Западный фронт (расстояние по прямой около 650 верст) продолжался два месяца! Остальное время приходилось ожидать топлива, запасные части и пережидать плохую погоду. Изрядно намучившись, летчик дал негативную оценку работе самолета-гиганта в полевых условиях (еще один "Муромец" на промежуточном аэродроме нарулил на препятствие и получил повреждения средней тяжести).

Подлинные причины отказа от "Муромцев" лежали, однако, значительно глубже. Окружавшие великого князя Николая Николаевича деятели пронемецкого толка вроде начальника ГВТУ Гельгарда, одного из руководителей русской авиации барона фон Каульбарса и др. всячески настраивали его против многомоторных самолетов. Приводились доводы, что стоимость "Муромцев" настолько велика, что на эти деньги можно построить десять "Вуазенов" и извлечь из них гораз-

до больше пользы. Против создателей и строителей "Муромцев" плелась целая сеть интриг. Нельзя забывать, что еще накануне войны немецкая печать всячески издевалась над русскими многомоторными кораблями, доказывая их непригодность и дороговизну.

Решение о снятии с вооружения "Муромцев" было необоснованным и нелепым, и разработчики самолета, конечно, не могли с этим примириться. Им удалось убедить председателя правления РБВЗ М.В. Шидловского ходатайствовать перед военным ведомством о разрешении *"для целей всестороннего испытания на войне"* сформировать Эскадру воздушных кораблей. Для завода и его пайщиков это имело прямой смысл, так как на подготовку к производству "Муромцев" уже были затрачены большие деньги. Поскольку материально мероприятие не затрагивало военное ведомство и все расходы принимал на себя завод, такое разрешение было получено. Верховный Главнокомандующий великий князь Николай Николаевич 8 декабря 1914 г. утвердил положение об Эскадре, а 10 декабря указом Николая II русская сухопутная авиация была разделена на тяжелую, подчиненную штабу Верховного Главнокомандующего, и легкую, входившую в войсковые соединения и объединения. В соответствии с этим же указом 14 декабря 1914 г. началось формирование Эскадры воздушных кораблей "Илья Муромец" из десяти боевых и двух учебных самолетов. Начальником эскадры был назначен М.В. Шидловский, призванный на службу с присвоением звания "генерал-майор".

Эскадру формировали на базе воздушных кораблей, заказанных заводу еще весной 1914 г. 10 декабря началось сосредоточение "Муромцев" на Северо-Западном фронте в район Пскова. Завод продолжал строить самолеты, внося в конструкцию изменения, необходимость в которых выявилась в боевых полетах. Теперь русским летчикам надо было на деле доказать, каким незаменимым средством стратегической разведки и бомбометания являются многомоторные самолеты. Боевая деятельность эскадры "Муромцев" подтвердила жизнеспособность и необходимость самолетов подобного типа для армии. Верховному Главнокомандующему пришлось отменить распоряжение о снятии этих самолетов с вооружения. Начальник ГВТУ получил указание *"в связи с выяснившимся применением Эскадры воздушных кораблей восстановить действие контракта с РБВЗ и оказать заводу всякое содействие для скорейшего выполнения этого заказа"*.

Эскадра была пополнена боевыми кораблями. К середине 1916 г. в ней насчитывалось около трех десятков тяжелых самолетов, на базе которых было сформировано пять авиаотрядов. Кроме того, эскадра имела у себя на аэродроме не менее 20 истребителей, построенных на РБВЗ. Они предназначались для прикрытия места базирования "Муромцев" и охраны их в полете. Истребитель "Сикорский-20" с двигателем "Рон" мощностью 110 л.с. показал неплохие летные данные. Истребитель типа "Сикорский-17" с двигателем мощностью 150 л.с. обладал скоростью полета около 200 км/ч. Постройка истребителей сопровождения осуществлялась по инициативе летчиков и конструкторов эскадры. Руководители военного ведомства проявляли полное пренебрежение к их созданию. Когда Великому князю Александру Михайловичу доложили просьбу эскадры о получении французских двигателей "Рено" для истребителей, то он спросил: *"А зачем им вообще истребители?"* - и добавил, - *"дело "Муромцев" бомбардировать, вести разведку, истребители им не нужны"*. Это было уже после того, как немецкие самолеты совершили налет на аэродром Эскадры в Старой Яблонне и серьезно повредили один из кораблей.

Во время боевых полетов "Муромцы" часто подвергались нападениям истребителей противника. Однажды недалеко от своего аэродрома на самолет неожиданно сзади напал немецкий "Фоккер". Патроны оставались только в карабине, и с большим трудом удалось отбиться от преследования. При этом члены экипажа были ранены, самолет поврежден. Едва дотянув до аэродрома, он подломился при посадке. Немецкие летчики побаивались русских многомоторных самолетов, называя их "ежами". Имея мощное стрелковое вооружение и почти полный сферический обстрел при удобном ведении прицельного огня (просторная кабина), "Муромцы" смело за-



ходили глубоко в тыл противника, часто вели одновременный бой с четырьмя-пятью истребителями противника, и, как правило, успешно отражали их атаки. 6 июля 1915 г. немцы получили надолго запомнившийся урок. В этот день три самолета типа "Хейнкель" напали на "Муромец", при этом два из них были сбиты огнем русского самолета. Немецкие летчики, взятые в плен, заявляли, что у них считают "Муромцы" неуязвимыми, полагая, что это бронированный самолет. Другим примером воздушного сражения может служить бой капитана Лаврова в июле 1916 г. Возвращаясь с бомбометания, его "Муромец" западнее Львова подвергся нападению четырех "Фоккеров". Во время боя три вражеских самолета были сбиты, а один ушел с повреждениями. Корабль капитана Лаврова отделался только рядом пробоин и повреждением одного двигателя. На трех двигателях он благополучно вернулся на свой аэродром.

Германское командование, стремясь во чтобы то ни стало захватить русский многомоторный корабль, бросало против них сильные истребительные авиаотряды. 12 сентября 1916 г. один из "Муромцев" был сбит в воздушном бою над территорией противника. Как свидетельствует отчет военного ведомства по этому поводу, он *"дрался с 4 немецкими аппаратами, из коих сбил 3, а затем сам погиб, так как, по-видимому, израсходовал весь запас патронов для пулеметов, находившиеся на корабле летчики оказались беззащитными и были на обратном пути все перебиты"*.

Коллектив РБВЗ упорно работал над совершенствованием своих кораблей, учитывал и устранял недостатки, выявившиеся в процессе боевых полетов. Добившись разрешения продолжать постройку самолетов, завод сумел быстро довести производство до уровня трех-четырёх самолетов в месяц и организовал действенную помощь фронтовым мастерским, находившимся при эскадре. В этих мастерских, где находился и сам И.И. Сикорский, проводилась сборка самолетов из готовых частей, сделанных на заводе.

В ходе войны авиационное отделение завода было расширено, переоборудовано и в результате стало одним из самых крупных и хорошо оснащенных авиационных предприятий России. Самолеты с маркой РБВЗ пользовались заслуженной репутацией на фронте. После восстановления заказа работы по постройке многомоторных кораблей развернулись во всех основных цехах завода. Успешные боевые полеты "Муромцев" побудили военное ведомство 20 июля 1915 г. дать заказ на 4 корабля, а в конце года - еще на 30. Таким образом, к концу 1915 г. общее количество заказанных заводу "Муромцев" составило 76 машин. Их сдача согласно условиям должна была начаться с 1 мая 1916 г. по 6 самолетов в месяц.

Однако реально в 1915-1916 гг. завод был загружен производством "Муромцев" всего на 40 % от имеющихся возможностей. И объяснялось это преимущественно двумя причинами:

- непрерывными переделками самолетов по требованию летчиков Эскадры в интересах повышения их боевой эффективности;
- отсутствием подходящих моторов (так, в ноябре 1916 г. начальник УВВФ генерал П.В. Пневский докладывал о том, что в текущем году строящиеся по заказам военного ведомства 2290 самолетов могут быть обеспечены всего 525 двигателями из-за крайне ограниченной производительности русских моторостроительных заводов и сокращения поставок из-за рубежа).

(Окончание в следующем номере).



ВЫСОТА КОНСТРУКТОРА

(К 90-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА АЛЕКСЕЕВИЧА ЛОТАРЕВА)

Федор Муравченко,

генеральный конструктор ГП "Ивченко-Прогресс"

Сегодня мы уже не мыслим свою жизнь без авиации. Ежедневно тысячи летательных аппаратов бороздят необъятные просторы нашей планеты. А ведь всего сотню лет назад человек только мечтал о таких полетах. Они стали возможны благодаря усилиям выдающихся авиационных конструкторов, посвятивших всю свою жизнь делу служения авиации. Среди них и Владимир Алексеевич Лотарев.

Он родился 15 ноября 1914 года в семье рабочего-горняка в городе Шахты Ростовской области. После окончания средней школы Владимир Алексеевич учился сначала в Новочеркасском, а потом в Харьковском авиационном институтах. В 1939 году Владимир Алексеевич Лотарев окончил ХАИ, защитив диплом с отличием по специальности "инженер-механик по авиадвигателестроению".

Трудовая жизнь будущего конструктора Лотарева началась в Запорожье на заводе № 29 имени Баранова. Занимавшийся на начальном этапе ремонтом моторов иностранных марок завод в тридцатые

годы освоил производство первого отечественного авиационного двигателя М-11, созданного советскими конструкторами под руководством А.Д. Швецова. Отработка конструкции и технологии производства этого двигателя являлась серьезной школой для двигателестроителей тех лет. Впоследствии двигатель М-11 устанавливался на 60 типах легких самолетов.

С 1929 г. по 1934 г. завод имени Баранова по лицензии фирмы "Гном-Рон" выпускал звездообразный 9-цилиндровый двигатель воздушного охлаждения М-22 мощностью 480 л.с. Освоение этого мотора в серии придало серьезный импульс отечественно-

му авиационному двигателестроению, способствовало совершенствованию технологии двигателестроения. В 1935 г. был сделан следующий крупный шаг вперед - в серийное производство внедрен двигатель воздушного охлаждения М-85 мощностью 850 л.с. - двухрядная 14-цилиндровая звезда воздушного охлаждения. В конце тридцатых годов прошлого столетия, когда В.А. Лотарев начал свою деятельность в Запорожье, на заводе № 29 приступили к проектированию нового двигателя М-90 мощностью 2000 л.с. На Владимира Алексеевича было возложено руководство ответственным участком в группе редукторов. Но полностью проявить конструкторские способности Лотареву помешала Великая Отечественная война. Вынужденная эвакуация завода на восток страны - в Омск не позволила в намеченный срок завершить не только доводку двигателя М-90...

На новом месте в невероятно суровых условиях Сибири трудился запорожцы над изготовлением моторов для фронтовой авиации. В начале войны коллективы конструкторского бюро и серийного завода организовали массовый выпуск нового двигателя М-88Б

мощностью 1100 л.с., который устанавливался на дальние бомбардировщики ДБ-3Ф и легкие бомбардировщики Су-2.

В это время конструкторское бюро завода возглавлял главный конструктор Е.В. Урмин, начальником серийно-конструкторского бюро был Г.П. Водолажский. Заместителем последнего являлся А.Г. Ивченко, а В.А. Лотарев работал ведущим конструктором. Уже через три месяца после начала эвакуации завод возобновил серийное производство двигателей М-88Б.

К трудностям сложнейшего периода эвакуации добавилось большое горе. В 1942 г. в семью Лотаревых пришло прискорбное известие из родных Шахт о гибели отца, Алексея Евграфовича, от рук немецких оккупантов. Личные невзгоды выпали тогда на долю практически всех советских семей, поэтому все силы народа сосредоточились на приближении Победы.

С 1943 г. завод переключился на серийный выпуск двигателей



Первый прилет самолета Ан-72 в Запорожье
26 октября 1978 г. Справа налево: Е.А. Гинзбург,
В.А. Лотарев, О.К. Антонов, М.Н. Всеволожский, В.М. Чуйко

АШ-82ФН, предназначенных для фронтового бомбардировщика Ту-2 и истребителей Ла-5 и Ла-7. В трудные годы войны коллектив двигателестроителей накопил громадный опыт доводки двигателей и сумел создать задел технических идей и конструкторских решений для будущих разработок. К концу войны в конструкторском отделе завода № 29 сформировалась творческая группа талантливых инженеров: А.Г. Ивченко, В.А. Лотарев, А.М. Анашкин, А.К. Пантелеев, К.М. Валик, А.Е. Долгий. Впоследствии они составили ядро нового опытно-конструкторского бюро в Запорожье.

После войны Владимир Алексеевич возвратился в Запорожье и сразу с головой погрузился в работу. Во вновь созданном ОКБ № 478, которое возглавил А.Г. Ивченко, В.А. Лотарев был назначен ведущим конструктором мотора М-26. Дни и ночи вместе с горсткой энтузиастов он проводил в холодных цехах, добиваясь выполнения важного государственного задания в кратчайшие сроки.

И в том, что уже в начале 1946 г. заработал, а в декабре прошел государственные испытания первый образец мотора М-26, немалая заслуга талантливого конструктора. В 1945-1949 гг. конструкторы ОКБ № 478 создали целое семейство поршневых авиационных двигателей: АИ-4Г мощностью 55 л.с., АИ-10 мощностью 80 л.с., АИ-12 мощностью 175 л.с., АИ-14 мощностью 260...340 л.с., АИ-26ГР мощностью 500 л.с., АИ-26ГФ (в дальнейшем известен под маркой АИ-26В) мощностью 575 л.с. Моторы АИ-4Г, АИ-26В и АИ-14В были первыми отечественными двигателями, спроектированными специально для вертолетов. В ходе их разработки пришлось решить ряд непростых задач. В частности, были созданы специальные угловые редукторы, обеспечено надежное охлаждение цилиндров путем введения в конструкцию специального вентилятора обдува.

Не случайно уже в 1948 г. за создание новых авиационных моторов В.А. Лотареву вместе с А.Г. Ивченко и А.М. Анашкиным была присуждена Государственная (Сталинская) премия. А двумя годами раньше за творческий вклад в создание авиационной техники для фронта он получил первые правительственные награды - орден Красной Звезды и медаль "За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны". В 1946 г. в 32-летнем возрасте В.А. Лотарев был назначен на высокую должность заместителя главного конструктора.

По своему техническому уровню и удельным параметрам все перечисленные двигатели находились на уровне лучших мировых образцов. Двигатель АИ-4Г устанавливался на опытный корабельный вертолет Н.И. Камова Ка-10, успешно летавший во время Тушинского парада 1949 г. Двигатель АИ-26ГРФ обеспечил в 1947-1948 гг. полеты опытных вертолетов конструкции И.П. Братухина и вертолета Як-100 А.С. Яковлева, а с 1950 г. под маркой АИ-26В устанавливался на Ми-1. Вертолет Ми-1 имел более десятка модификаций и строился массово в СССР и Польше. Серийные корабельные винтокрылые машины Камова Ка-15, Ка-18 оснащались АИ-14В. На протяжении всех этих непростых лет Владимир Алексеевич Лотарев был первым заместителем у Александра Георгиевича Ивченко, фактически его правой рукой. А.Г. Ивченко мог положиться на авторитет, знания и опыт своего заместителя при решении самых сложных технических задач.

Затем началась эпоха газотурбинных двигателей. Для запорожского ОКБ поначалу она обернулась неласково. Поршневые авиационные моторы объявили устаревшими, ненужными. Численность работников по указанию Госкомитета по авиационной технике сократилась наполовину. А.Г. Ивченко и В.А. Лотареву пришлось искать новые направления деятельности, подкрепленные заказами.

Первым образцом газотурбинной техники был турбостартер ТС-12 мощностью 250 л.с. В сжатые сроки, всего за полгода, было выполнено это важное задание. ТС-12 предназначался для запуска мощных турбовинтовых двигателей НК-12 конструкции ОКБ Н.Д. Кузнецова. Такие двигатели устанавливались на пассажирском самолете Ту-114 и транспортном Ан-22 "Антей".

движных автономных электростанциях и судах на воздушной подушке и подводных крыльях.

На самолетах Ил-18, Ан-10, Бе-12 были установлены десятки мировых рекордов. Так, только на амфибии Бе-12 разные экипажи более сорока раз заставляли корректировать таблицу рекордных достижений. А в 1961 г. самолеты Ил-18 и Ан-10 выполнили перелет по маршруту Москва - Мирный (Антарктида), преодолев рекордное расстояние 52 846 км. Спустя почти 50 лет с момента начала разработки двигателя АИ-20 его модификации продолжают эксплуатироваться авиакомпаниями многих стран мира. И неудивительно, ведь у двигателя АИ-20 был достигнут такой уровень надежности, который позволил впервые в отечественном авиадвигателестроении установить межремонтный ресурс, измеряемый тысячами часов, а назначенный ресурс был доведен до 20 000 часов!

В 1958-1960 гг. запорожским ОКБ был создан турбовинтовой двигатель АИ-24 мощностью 2550 л.с., который предназначался для региональных пассажирских самолетов Ан-24, транспортных Ан-26 и аэросъемки Ан-30, эксплуатировавшихся в десятках стран мира. Генеральный конструктор О.К. Антонов назвал АИ-20 и АИ-24 "непревзойденными по надежности и ресурсу образцами мирового двигателестроения".

Последней совместной разработкой А.Г. Ивченко и В.А. Лотарева был двигатель АИ-25 для комфортабельного скоростного реактивного самолета Як-40, который на протяжении нескольких десятилетий оставался одной из лучших в мире крылатых машин такого класса.

В 1963 г. В.А. Лотарев был назначен главным конструктором. К этому моменту окончательно сложился весь комплекс качеств, которые после ухода из жизни А.Г. Ивченко выдвинули Владимира Алексеевича на следующую ступень. В 1968 г. он возглавил предприятие. Теперь ему наряду с техническими задачами предстояло взвалить на себя весь груз хозяйственных проблем.

В эти годы коллектив ЗМКБ "Прогресс" участвовал в первом международном проекте. Первенцем сотрудничества по межправительственному соглашению в рамках СЭВ стал двигатель АИ-25ТЛ



Посещение ЗМКБ "Прогресс" членом Политбюро ЦК КПСС В.В. Щербицким. Декабрь 1971 г.



Секретарь ЦК компартии Словакии Ленарт знакомится с предприятием. 1984 г.

Мощным толчком для всего коллектива стала победа в конкурсе, предусматривавшем создание турбовинтового двигателя мощностью 4000 л.с. В кратчайшие сроки (и это в дальнейшем сыграло едва ли не решающую роль) А.Г. Ивченко, В.А. Лотарев и ряд их соратников сумели разработать и передать в серию уникальный двигатель АИ-20. В 1956 г. начались стендовые испытания, и вскоре АИ-20 был принят для установки на самолет Ан-10, а позднее на Ан-12 и Ил-18. Уже через год двигатель успешно прошел государственные испытания, началось его серийное производство.

В 1960 г. за создание двигателей АИ-20 для самолета Ил-18 главный конструктор А.Г. Ивченко и его заместитель В.А. Лотарев, а также ряд специалистов ОКБ были удостоены звания лауреатов Ленинской премии. Турбовинтовой двигатель АИ-20 и множество его модификаций, изготовленные в количестве многих тысяч экземпляров, устанавливались на первых послевоенных пассажирских лайнерах Ил-18 и Ан-10, военно-транспортных самолетах Ан-12, на амфибиях Бе-12 и противолодочных самолетах Ил-38, на многоцелевом самолете Ан-32, на пере-

для чехословацкого реактивного учебно-тренировочного самолета Л-39. Тогда за плодотворное сотрудничество при создании этого самолета коллектив ЗМКБ был награжден высшим орденом ЧССР. Впоследствии на базе самолета Л-39 на чехословацком предприятии "Аэро Водоходы" был создан самолет Л-59 с улучшенными техническими данными, а в ЗМКБ "Прогресс" - двигатель ДВ-2 тягой 2200 кгс. Буквы в названии двигателя означали: Д - Днепр (река в Запорожье), В - Влтава (главная река в Чехии).

В середине 60-х годов ЗМКБ "Прогресс" выступило с предложением о создании двигателя с большой степенью двухконтурности для тяжелых военно-транспортных и пассажирских самолетов большой дальности. Это был прообраз двигателя Д-18Т. В те годы целесообразность применения двигателей с большой степенью двухконтурности в научных кругах авиационной промышленности считалась спорной. Если с позиции термодинамического цикла двигателя было все ясно, то с теорией обтекания ступенчатых мотогондол большого миделя в аэродинамической науке не было однозначного мнения. Возможно, по этой причине Министерство

обороны СССР не рискнуло тогда настаивать на создании стратегического военно-транспортного самолета.

Однако В.А. Лотарев во все эти годы разброда и шатаний убежденно верил в правильность выбранного направления и на всех коллежиях министерства, научных и военных советах доказывал, что альтернативы двигателям с большой степенью двухконтурности при создании тяжелых самолетов большой дальности нет. Когда все же работы по двигателю Д-18Т были остановлены, главный конструктор сумел добиться от минавиапрома разрешения построить уменьшенную модель этого двигателя (Д-36) для отработки всех проблем, связанных с высокой степенью двухконтурности.

Впервые в практике отечественного двигателестроения были выбраны большая степень двухконтурности, высокая температура газа перед сопловым аппаратом турбины и высокая степень повышения давления. Конструкция двигателя выполнялась по трехвальной схеме с широким применением титана и по модульной схеме. Для всего коллектива настали напряженные будни. Был составлен жесткий график работы, согласно которому трудились в три смены и на производстве, и в конструкторских бригадах. Создание двигателя Д-36 было серьезной проверкой коллектива, руководимого В.А. Лотаревым, на зрелость. Ведь пришлось решать целый круг научных, технологических и производственных проблем, с которыми столкнулись впервые.

Изначально двигатель Д-36 предназначался для самолета Ан-60 ОКБ О.К. Антонова. Но проект по этому самолету не был принят. "Самолетчики еще придут за этим двигателем", - сказал тогда В.А. Лотарев. Так и вышло. Первым посетил конструкторское бюро генеральный конструктор А.С. Яковлев. Д-36 ему понравился, и макет двигателя был направлен в Москву. Но постановление о создании самолета с многообещающим двигателем запаздывало. Только в 1973 г. приступили к постройке опытной партии самолета Як-42 с двигателями Д-36 тягой 6,5 тс. В практике отечественного самолетостроения это был тот редчайший случай, когда двигатель породил самолет.

Двигатель Д-36 оказался настолько удачным, что нашел применение сразу на нескольких летательных аппаратах. Он поднимает в небо

создано семейство великолепных двигателей Д-436Т1 (Д-436ТП). В конце девяностых такие двигатели подняли в небо пассажирский самолет Ту-334 и самолет-амфибию Бе-200.

Но вернемся к событиям семидесятых годов. В.А. Лотарева вместе с коллективом единомышленников не покидала идея создания двухконтурного турбореактивного двигателя большой тяги (25 тс). Главным заказчиком могло стать Министерство обороны, поэтому В.А. Лотарев пригласил на предприятие специалистов оборонного ведомства. Поскольку продольный разрез двигателя Д-18Т в натуральную величину не помещался ни на одной стене, его пришлось разложить прямо на полу производственных помещений. Главком ВВС П.С. Кутахов, разглядывая чертеж, прошелся прямо по нему и вместе со своими коллегами выразил восхищение. Однако в тот период решения о разработке двигателя так и не было принято, поскольку оставался открытым вопрос о самолете.

Только в 1977 г. вышло постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР "О создании двигателя Д-18Т для тяжелого военно-транспортного самолета Ан-124". В ЗМКБ начался многомесячный круглосуточный процесс создания двигателя. Если в отношении конструкции многое было уже понятно, то в части организации производства пришлось начинать с "чистого листа", слишком велики были размеры машины. Главной заботой Владимира Алексеевича стало расширение производственных мощностей предприятия. Чтобы дать толчок строительству, В.А. Лотареву пришлось доказывать его целесообразность в многочисленных правительственных кабинетах.

Особые трудности возникли при строительстве гигантской площадки на правом берегу. Необходимо было строить уникальные, не имеющие по тем временам аналогов в мире, стены. В.А. Лотареву предложили перевести и конструкторское бюро на новое место. Но генеральный конструктор был дальновиден: "С этой площадки мы не уйдем, потому что рядом серийный завод".

Все то, чем занимался "Прогресс" при создании Д-18Т, можно без преувеличения характеризовать словами "новое", "неизведанное", "передовое". Например, при создании вентиляторной лопатки



Акт государственных испытаний ТРДД Д-18Т, 1986 г.




Первомайская демонстрация, Ф.М. Муравченко, А.К. Пантелеев, В.А. Лотарев, И.А. Низельник

также известные во всем мире самолеты, как пассажирский Як-42, транспортный Ан-72, на котором установлены десятки мировых рекордов, а также многоцелевой Ан-74.

Создание Д-36 стало важным этапом в творческой деятельности ЗМКБ "Прогресс", трамплином для еще более серьезных работ. Впоследствии на базе Д-36 был создан самый мощный в мире вертолетный двигатель Д-136. Предложение о возможности такой разработки высказал генеральный конструктор вертолетного КБ М.Н. Тищенко в ходе одного из совещаний в Москве. Идея понравилась, и вскоре был спроектирован двигатель Д-136 мощностью более 11 000 л.с. Он состоял из семи модулей, пять из которых идентичны соответствующим модулям двигателя Д-36. Это значительно сократило сроки создания и освоения его в серийном производстве. В феврале 1979 г. совершил свой первый полет самый большой в мире вертолет Ми-26, оснащенный двумя Д-136. До недавнего времени он был самым большим, самым грузоподъемным вертолетом в мире. А его двигатель до сих пор не имеет аналогов по мощности и экономичности. Впоследствии на базе Д-36

ки для двигателя Д-18Т конструкторам и производственникам приходилось ежечасно решать сложнейшие задачи, ведь лопаток подобных габаритов и массы в сочетании с исключительно высокими требованиями к точности изготовления еще никто не умел делать. Все происходило под личным контролем генерального конструктора; он постоянно отслеживал возникавшие проблемы в сложной технологической цепочке и всегда мог своевременно вмешаться. Очевидцы вспоминают, что В.А. Лотарев лично встречал у транспортных ворот машину с первыми заготовками лопаток вентилятора двигателя и сопровождал ее до термического цеха.

Двигатель Д-18Т стал "лебединой песней" В.А. Лотарева. Оснащенному этими мощнейшими двигателями самолету Ан-124 до сих пор нет равных на территории СНГ, так же как и супергиганту Ан-225 "Мрия". Последний установил 240 мировых рекордов высоты, дальности полета, грузоподъемности и скорости. И есть в этом успехе частица труда В.А. Лотарева, который почти полвека напряженного, кропотливого труда отдал любимому делу - созданию авиационных двигателей. 

КОНФЕРЕНЦИЯ "CADREVIEW VIP 2004"

С 30 ноября по 1 декабря в Подмоскowie недалеко от Дмитрова прошла конференция "CADreview VIP 2004", на которой встретились представители ряда ведущих промышленных предприятий России и компаний, занимающихся внедрением решений для автоматизации подготовки производства, контроля качества продукции, программно-аппаратных комплексов. Организатором мероприятия выступила группа компаний ARBYTE. Активное участие в работе "CADreview VIP 2004" приняли руководители АСКОН, Rand Worldwide, MSC.Software, Silicon Graphics, MCP Technologies, Adaptec, APC, NEC-Mitsubishi.

"Ценность таких конференций состоит в том, что руководители ИТ-отделов российских предприятий могут познакомиться с комплексным подходом к построению САПР, включающим в себя как аппаратную, так и программную часть, - отметил на открытии конференции Олег Кукушкин, управляющий директор ARBYTE. - Анализируя ситуацию на промышленных предприятиях, можно открыто говорить об отставании производительности аппаратного обеспечения от возможностей применяемых САПР".



На конференции обращалось внимание на то, что САПР - это не просто софт для проектирования. Сегодня в этой области все более важной становится организация работы специалистов в едином информационном пространстве. Решение этой задачи способно значительно увеличить эффективность и сократить сроки подготовки производства. Кроме того, важна роль внедрения САПР с точки зрения контроля качества продукции.

Быстрым темпам развития отечественной промышленности способствует внедрение информационных технологий, поэтому российские предприятия увеличивают инвестиции в данную сферу. Для сравнения: если мировой показатель роста затрат на внедрение ИТ в 2003 г. составил порядка 0,5 %, что можно считать стагнацией, то в России эта цифра достигла 26 %.

Участники конференции могли познакомиться с продуктами корпорации IBM, известной своими решениями в области PLM (Product Lifecycle Management - управление жизненным циклом изделия). IBM предлагает "тяжелую" CAD-систему CATIA компании Dassault Systems, а также систему PDM (Product Data Management - система управления данными об изделии) SmartTeam. Эти системы на конференции были представлены компанией RAND Worldwide, которая является партнером IBM.

Опыт ведущих разработчиков и производителей сложной продукции (авиационная и автомобильная промышленность, транспорт, судостроение, др. отрасли) показывает, что автоматизация только проектирования (в узком смысле) недостаточна для обеспечения успеха предприятия. Доводка изделия методом проб и ошибок на базе опытного образца характеризуется неприемлемыми в настоящее время финансовыми и временными затратами и, как следствие, ведет к не конкурентоспособности продукции и самого предприятия.

Решение проблемы - выбор оптимальных конструктивных параметров будущего изделия еще до изготовления опытного образца, что позволяет сэкономить время на испытания и экспериментальную доводку изделия, избежать чрезмерно высоких расходов на внесение изменений в физический образец машины. Внедрение такого подхода предполагает использование компьютерных технологий виртуальной разработки изделия (Virtual Product Development - VPD). Программные системы компании MSC.Software, представленные на конференции, в наиболее пол-

ном объеме удовлетворяют требованиям, предъявляемым к системам VPD. Программное обеспечение MSC.Software обеспечивает оптимизацию конструкции по критериям прочности, безопасности, комфортабельности, долговечности и т.п. на этапе разработки изделия еще до изготовления его опытного образца.

Технологии VPD - неотъемлемая часть современной системы автоматизированного проектирования предприятия - разработчика наукоемкой продукции. Программные продукты MSC.Software используются практически всеми крупными промышленными предприятиями.

При всех возможностях, которое предоставляет компьютерное моделирование, выпускаемое изделие далеко не всегда соответствует заданным параметрам. Необходимы дополнительные меры, обеспечивающие контроль качества. Компания MCP Technologies представила решение ATOS/TRITOP, которое позволяет создать трехмерную модель на основе цифровой фотографии изделия. Затем модель можно сопоставить с изначальной разработкой, выполненной в CAD-системе. Подобный метод

также очень эффективен при ремонте различных деталей, либо в том случае, если документация на деталь (изделие) утеряна.

Как было отмечено управляющим директором ARBYTE Олегом Кукушкиным, все названные технологии не смогут работать по-настоящему эффективно без соответствующих аппаратных мощностей. Компания предлагает комплексы, ориентированные на различные потребности - от создания чертежей до сложных расчетов и управления большими массивами данных. Среди разработок ARBYTE - мощные графические рабочие станции, протестированные на эффективную работу с наиболее популярными САПР. Системы базируются на платформе Intel с видеокартами от Matrox G550 в базовой конфигурации до Nvidia Quadro FX1100.

На конференции также были представлены различные решения ведущих международных компаний, способные значительно увеличить эффективность работы пользователей САПР: технология Silicon Graphics, которая обеспечивает доступ сотен процессоров к ресурсам общей оперативной памяти для параллельных вычислений, разработки NEC-Mitsubishi по улучшению цветопередачи и четкости изображения в мониторах. Представители Intel, APC, Microsoft и Adaptec рассказали о перспективах развития индустрии высокопроизводительных вычислений, провели обзор новых возможностей в области хранения данных.

По окончании пленарной сессии конференции состоялись круглые столы, посвященные различным аспектам внедрения САПР на предприятии, а также использованию систем класса PDM/PLM.

В дискуссиях приняли участие представители промышленных предприятий, активно внедряющих комплексные решения САПР: ОАО "ИжАвто", ОАО "КАМАЗ", ФГУП "ММПП "Салют", АО "Коломенский завод" и др.

В ходе обсуждения была отмечена необходимость привлечения внимания руководства предприятий к приоритетной автоматизации инженерных служб, работа которых является одной из самых важных для эффективности бизнеса. ИТ-руководители предприятий высказали свою точку зрения по поводу оптимальной стоимости программного обеспечения и услуг, были обсуждены также плюсы и минусы работы с российскими и западными системами.

На сайте www.cadreview.ru можно получить более подробную информацию о конференции.



Соб. инф.



НЕМЕЦКАЯ ЧИСТОТА ДЛЯ НЕМЕЦКОГО КАЧЕСТВА В РОССИИ

Лев Лестер, генеральный директор Durr Systems & Schenck по проектам в России и в странах СНГ, д.э.н.

Андрей Мезин, ведущий специалист Schenck, Россия, к.т.н.

На мировом рынке немецкий концерн Durr AG ("Дюрр") известен уже более 100 лет как разработчик технологий и оборудования для окраски автомобилей, которые применяются при производстве каждого второго автомобиля в мире. Помимо этого концерн Durr AG и входящая в него компания SCHENCK является мировым лидером в производстве испытательного оборудования для автомобилей и двигателей, стенов для балансировки и диагностики, а также весов и дозаторов для металлургии, химии, транспорта, пищевой и легкой промышленности. Важным направлением деятельности концерна является разработка промышленных моющих и чистящих машин Durr EcoClean, которые пользуются в последнее время особым спросом. На сотнях самых известных фирм по всему миру сейчас работает более 10 000 чистящих участков оснащенных оборудованием Durr. Выпуск машин этого типа постоянно расширяется; с 1994 года он вырос почти в 7 раз. Только на одном из предприятий концерна, заводе Durr EcoClean в Моншау, годовой объем продукции превысил 100 млн евро, а весь оборот Durr AG приближается к 2,5 млрд.

Принято считать, что современная технология - это новые материалы, новые способы обработки, новые конструкции, полная компьютеризация и т.д. Но мало кто обращает внимание на то, что ключевым составным элементом современных технологий стала автоматизированная промышленная чистка изделий на различных, в том числе промежуточных, этапах производства.

От уровня внимания, уделяемого вопросам мойки и очистки компонентов изделия, зависит работоспособность конечного продукта, его качество и ресурс (уже давно многим производителям автомобилей удалось обеспечить пробег до ремонта в миллион километров). Это, в конечном счете, обеспечивает репутацию фирмы и ее продукции на мировом рынке.

Именно поэтому покупатели продукции Durr AG требуют такого качества очистки, которое соответствует самым высоким стандартам. При этом необходимо обеспечивать экономичность процесса очистки, а оборудование должно быть достаточно универсальным и поддающимся переналадке и модернизации.

Одновременно процессы очистки должны соответствовать современным требованиям экологии. Покупатели не желают заниматься проблемой утилизации отработанных промывочных реагентов, они хотят, чтобы машины Durr сами решали эту задачу. Мы разработали для этого уникальные методы фильтрации и многократного использования чистящих растворов и являемся сейчас лидером в производстве оборудования, не выбрасывающего загрязненную воду и газы в окружающую среду. Даже в случае, когда для чистки в наших машинах используются углеродородные или хлорсодержащие растворители, их пары полностью останутся внутри машины и не нанесут вреда персоналу и окружающей среде.

Десятки выпускаемых Durr EcoClean типов стандартных чистящих машин и их расширенные, с добавочными модулями и элементами модификации удовлетворяют всем требованиям современного производства.

При проектировании сложных специализированных чистящих участков мы комбинируем несколько машин, добавляем испытанные и отработанные модули, создаем уникальную технологию очистки и ее систему управления. Модульное исполнение оборудования и постоянное совершенствование технологий позволяют учитывать сложность конфигурации очищаемого изделия, приспосабливаться к возрастающим

требованиям заказчика по качеству очистки и соответствию экологическим нормам.

Технологии промышленной очистки Durr EcoClean стали привлекательными для многих отраслей производства благодаря своей экономичности и быстрой окупаемости. Именно поэтому наши специалисты продолжают поиски самых выгодных для наших клиентов решений.

В зависимости от требуемого качества очистки в машинах Durr комплексно применяются различные методы, основными из которых являются:

- чистка веерными струями с давлением до 40 бар;
- чистка компактными струями с давлением до 1000 бар;
- погружение в ванну с моющим раствором при интенсивном вращении с ультразвуковым воздействием;
- погружение в проточную ванну с впрыском струй растворителя через сопла под высоким давлением;
- обезжиривание конденсацией паров растворителя по всей поверхности детали любой сложной конфигурации;
- чистка воздухом и паром высокого давления;
- сушка горячим воздухом, вакуумная сушка и др.

Многолетний опыт фирмы Durr EcoClean показывает, что перечисленные выше процессы приводят к хорошему результату только при правильном их сочетании и точном соблюдении режимов чистки. Оказалось, что создание эффективной технологии и совершенной машины является вовсе не простой задачей.

За три десятилетия Durr проведена огромная исследовательская работа, создано множество уникальных процессов и конструкций, отобрано лучшее. Мы предлагаем своим клиентам только то оборудование, которое работает действительно эффективно, не вызывает нареканий и которое сделало Durr EcoClean лидером в мире промышленной чистки.

Новейшие стандартные и специализированные системы Durr EcoClean GmbH удовлетворяют любым требованиям по качеству очистки деталей из металла, пластика, керамики и стекла. Не имеет значения размер детали, сложность геометрии или величина выпускаемой серии - инженеры Durr всегда предложат верное решение, и Вам не придется искать другого партнера.

Машины и роботы Durr EcoClean чистят и моют отдельные крупные детали самой сложной формы, детали, закреплен-



ные в специальных технологических зажимах, сложенные рассыпью в корзины мелкие детали. Для чистки в наших машинах можно использовать различные активные вещества: водорастворимые чистящие средства (кислые, нейтральные, щелочные растворы), эмульсии, углеводороды, сложные растворители. Если заказчик затрудняется с выбором оптимального чистящего компонента для своей продукции, мы готовы провести специальное исследование в нашем технологическом центре и всегда будет найдено верное решение для каждой конкретной задачи.

Хотя продукция EcoClean в значительной степени унифицирована, это не означает, что имеются ограничения для ее использования в каких-то конкретных ситуациях. Модульная конструкция наших изделий позволяет гибко модернизировать любую стандартную машину. Как правило, одна и та же машина может иметь как единственную рабочую камеру для последовательного проведения в ней нескольких процессов, так и несколько камер, в каждой из которых реализуется только один из них. В однокамерной машине моющее средство, ополаскиватель, пассивирующее и консервирующее вещества наполняют камеру поочередно; следовательно, такая машина очень компактна. Многокамерная модификация занимает больше места, зато имеет повышенную производительность. Для еще большего повышения производительности чистящую машину встраивают в конвейерную линию.

Чистящая машина 78W-KVI

78W-KVI в одном компактном (1300 x 2600 x 2450 мм) агрегате сочетает множество возможностей. Модульное строение позволяет легко интегрировать машину в любой технологический процесс. Машина работает тихо, уровень шума менее 78 дБ(А). При установке только одной такой машины все процессы по очистке будут осуществляться в ее рабочей камере один за другим. Если установить несколько таких машин последовательно и разделить стадии очистки, то увеличится производительность. Впрочем, даже если приобретена только одна машина, можно организовать работу двумя различными способами: можно загружать и разгружать ее с одной стороны, но можно также осуществить сквозной проход деталей через машину, как в типичной конвейерной системе. Рабочая камера подвижна, при чистке она может интенсивно вращаться, при этом достигается максимальный эффект очистки.

Сначала 78W-KVI оmyвает детали мощными струями под давлением 10 бар, а затем осуществляет их полное погружение в ванну с инъекцией через сопла мощных струй очищающего раствора для создания сверхвысокой турбулентности. При необходимости на этой стадии может быть добавочно применено мощное ультразвуковое воздействие. За столь тщательной чисткой следуют обдув воздухом высокого давления для удаления остатков чистящего вещества и, наконец, вакуумная сушка, для которой нет недоступных полостей. Благодаря модульной конструкции машины 78W-KVI, ее обслуживание упрощено. Каждый модуль может быть быстро заменен новым, как обычная запасная часть. Это сильно сокращает время ремонта.

Встроенная система управления позволяет отладить машину на заводе-изготовителе сразу после сборки, что сильно упрощает ее последующий ввод в эксплуатацию.



Для обеспечения длительного срока службы в 78W-KVI все узлы изготовлены из нержавеющей стали или имеют надежное антикоррозионное покрытие. Машина абсолютно герметична, что снижает шум и также способствует защите от коррозии.

Чистящая машина 62X-KEX/SFX

При обработке деталей режущим и шлифующим инструментом на поверхности остается стружка и частицы абразивного материала. Эти загрязнения следует удалить до того, как деталь будет отправлена на следующую стадию обработки. Машины EcoClean 62X-KEX и 62X-SFX спроектированы специально для удаления таких загрязнений высокоскоростным потоком воздуха.

Машина 62X-KEX/SFX экологична, в ней не используют растворители и воду. Чистка производится только сжатым воздухом. Специальный встроенный модуль формирует воздушные струи, скорость которых превышает 800 км/ч. Они снимают частицы с поверхности изделий. Поскольку химические вещества и жидкости для такой чистки не нужны, нет и вредных отходов. Воздушный контур машины замкнут, а значит, в атмосферу не выходит и загрязненный воздух: он фильтруется встроенной самоочищающейся системой, которая не требует обслуживания.

Машина 62X-KEX/SFX компактна, занимает малую площадь. Ее легко интегрировать в большинство уже существующих технологических линий. Она оснащена встроенной системой управления, очень экономична и малошумна (менее 78 дБ). Предусмотрено охлаждение деталей до температуры, необходимой для немедленного начала следующего процесса технологической цепочки. Это существенно ускоряет скорость движения всего конвейера.

Способ загрузки - на выбор. EcoClean предлагает две стандартные машины 62X, которые отличаются способом загрузки. Модель 62X-KEX загружается и разгружается с одной стороны, а 62X-SFX - с противоположных сторон и может быть интегрирована в конвейер. Возможна также верхняя загрузка в случае, если используются роботы или кран. Машина имеет нержавеющий герметичный кожух и состоит из стандартных модулей, что обеспечивает хороший доступ к любому узлу для ремонта.

Более чем тридцатилетний опыт присутствия на мировом рынке технологий индустриальной чистки и 10 000 единиц работающего по всему миру долговечного оборудования - хорошая гарантия того, что и для Вас мы предложим оптимальное решение, которое обеспечит Ваши потребности в настоящее время и в ближайшие десятилетия.

Продуманная конструкция, качество, долговечность и минимальный сервис делают оборудование DURR EcoClean незаменимым для успешного завоевания рынка Вашей продукцией.



Машина 62X-KEX



Машина 78W-KVI

Durr Systems and Schenck

103895, Москва, ул. Кузнецкий мост 21/5, офис 600.

Тел.: (095) 926-0626; 923-4423.

Факс: (095) 921-5433.

E-mail: durr@durr.msk.ru schenck@durr.msk.ru

http://www.durreclean.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМА ВЫБЕГА РОТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ОАО "Газтурбосервис", Тюмень: **Владимир Немков, Вячеслав Шабает**
Московский авиационный институт: **Сергей Виноградов, Игорь Гаранин, Михаил Леонтьев, Ольга Потапова**

Появление средств непрерывной оцифровки временных сигналов создало возможность получения и накопления реализаций измеряемых параметров необходимой продолжительности, что в сочетании с мощными математическими методами обработки позволяет получать информацию, которая ранее была недоступна разработчикам газотурбинных двигателей и прочего оборудования, содержащего вращающиеся узлы.

В настоящей статье представлены результаты исследования одного из наиболее интересных режимов работы газотурбинного двигателя ДР59Л - выбега, при котором основные гармоники в вибрационном сигнале становятся незначительными, а уровень шума снижается, открывая тем самым доступ к выделению слабых составляющих, обнаружить которые на основных режимах работы двигателя не представляется возможным. В основу метода получения и обработки данных о техническом состоянии двигателя положено усиление составляющих вибрационного сигнала на резонансных режимах двигателя. Характеристики резонансных режимов определяются с очень высокой точностью и могут быть подтверждены результатами математического моделирования. Экспериментальные исследования проводились с применением системы вибрационного контроля и диагностики VibroNET 2.1, используемой для проведения стендо-

вых контрольных и приемо-сдаточных испытаний в ОАО "Газтурбосервис". В качестве аппаратной и программной платформы используются продукты компании National Instruments - промышленные контроллеры стандарта PXI, 24-х разрядные платы стандарта PXI NI-4472, среда разработки LabVIEW 6.1.

Схема расположения датчиков на двигателе представлена на рис. 1. Акселерометры с индексом "Г" в названии, установленные в верхних точках измеряемого объекта, измеряют вибрацию в горизонтальном направлении, а акселерометры, в названии которых присутствует индекс "В" - в вертикальном.

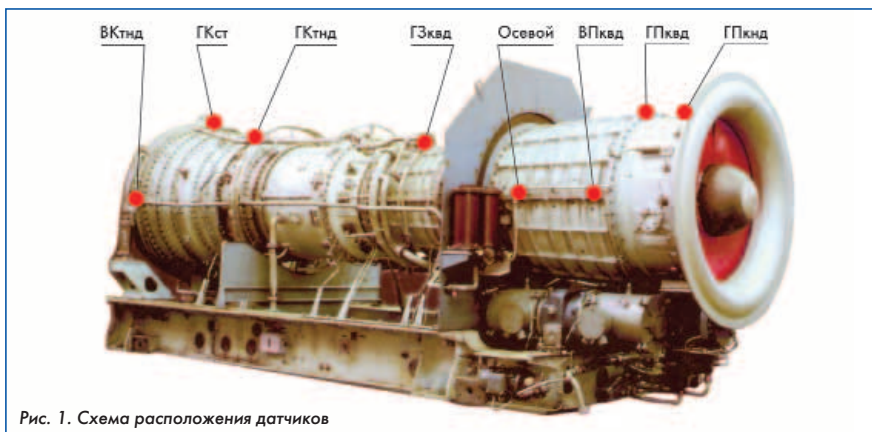


Рис. 1. Схема расположения датчиков

В процессе испытаний двигателя на выбега роторов производились измерения сигнала датчиков в режиме магнитографа. После окончания измерений формировался файл, который загружался в ЭВМ для последующего анализа. Циклограмма выбега роторов, полученная после обработки, пред-

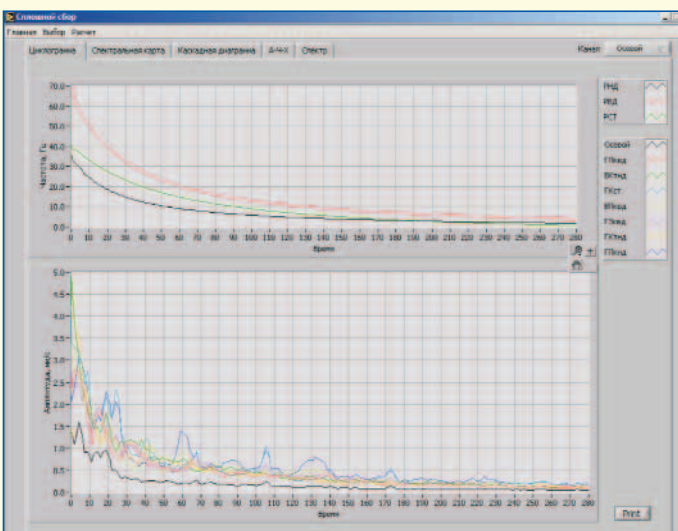


Рис. 2. Циклограмма выбега роторов

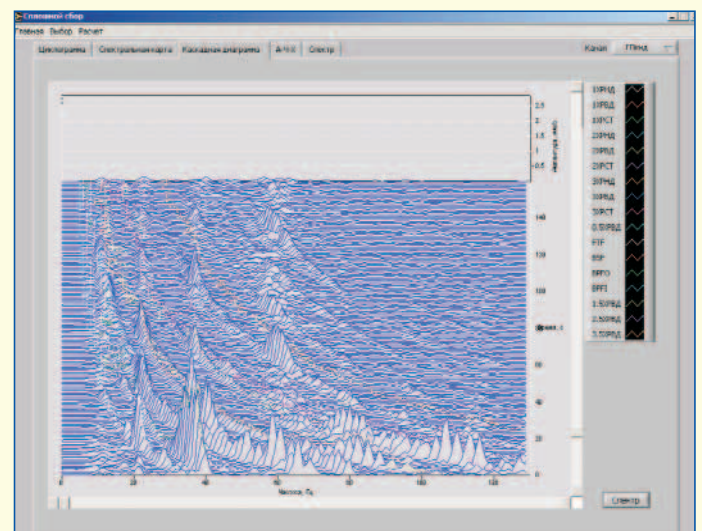


Рис. 3. Каскадная диаграмма, полученная на выбега в режиме сплошного сбора. Канал ГПКнд. Выделена частотная область 0-130 Гц

ставлена на рис. 2. В верхней половине циклограммы приведены кривые изменения частоты вращения роторов. В нижней части - амплитудно-временные характеристики вибрационного сигнала для различных каналов.

На рис. 3 показана каскадная диаграмма, полученная на режиме выбега роторов. Опытный оператор легко может выделить зоны, где возникают различные резонансные состояния - они соответствуют частотам 22 Гц, 37 Гц, 59 Гц. Видно, что один и тот же резонанс системы последовательно возбуждается различными источниками.

Использование средств системы VibroNET 2.1 для 3D-визуализации каскадной диаграммы позволяет достаточно уверенно и с высокой точностью выделять и более слабые резонансные режимы. К таким средствам можно отнести вертикальные и горизонтальные скроллеры, возможность выбора ограниченного частотного диапазона и выделения определенных временных интервалов (количества спектров) из полной диаграммы выбега роторов.

На рис. 4 приведены спектры каскадной диаграммы, наложенные друг на друга средствами 3D-визуализации с временными отсчетами от 50-й до 160-й секунды. На рис. 5 показана каскадная диаграмма выбега роторов в высокочастотной области. Можно уверенно выделить резонансную зону, последовательно возбуждаемую рабочими колесами роторов двигателя, которая расположена в районе 1800 Гц.

Дополнением к каскадным диаграммам служат огибающие гармоник (амплитудно-частотные характеристики), которые также получают по результатам непрерывной оцифровки. Следует отметить, что на выбеге не происходит пересечение огибающих гармоник (гармоники достаточно хорошо разделены). Как результат, огибающие гармоник достаточно хорошо отражают резонансные состояния газотурбинного двигателя (рис. 6). Несомненно и тот факт, что по амплитуде резонанса можно судить об интенсивности (мощности) механизма возбуждения, связанного с той или иной причиной.

Пожалуй, наиболее мощным и точным инструментом для решения задачи выявления резонансных режимов газотурбинных двигателей являются спектральные карты. Спектральные карты могут быть получены для различных сочетаний параметров, например для сочетания "частота - время" (рис. 7). На карте красным цветом выделены все резонансные зоны, в которых возбуждается резонанс в процессе выбега. Масштабируя шкалу цветности, можно "подстраиваться" под конкретные резонансные режимы, усиливая или ослабляя их заметность на спектральной карте. Далее, используя линии курсора, оператор способен с высокой точностью определять резонансные частоты.

Применение средств системы VibroNET 2.1 для непрерывного сбора информации в режиме магнитографа, 3D-визуализации каскадных диаграмм и огибающих, составления спектральных карт различного вида позволило получить достаточно точную информацию о резонансных зонах двигателя ДР59Л (№ Д00290475), сведенную в таблицу 1.

Следует отметить, что обнаруженные резонансы соответствуют частотам собственных колебаний системы при очень низких частотах вращения роторов. В этом случае практически отсутствует влияние гироскопических эффектов, которые способны из-

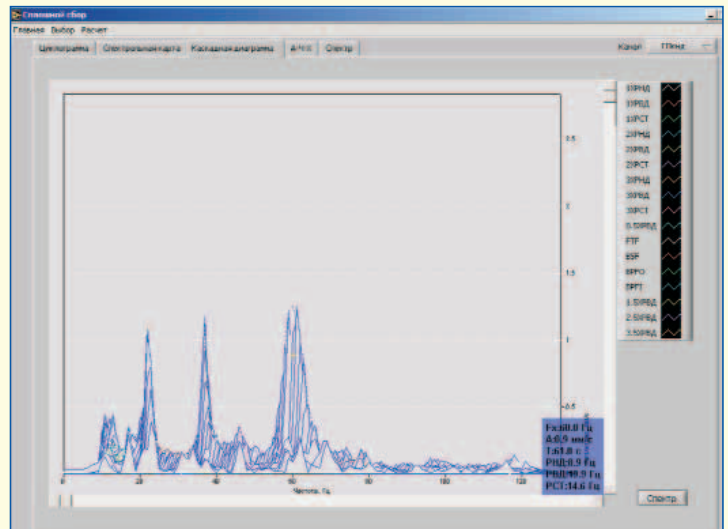


Рис. 4. Спектры каскадной диаграммы, наложенные друг на друга средствами 3D-визуализации

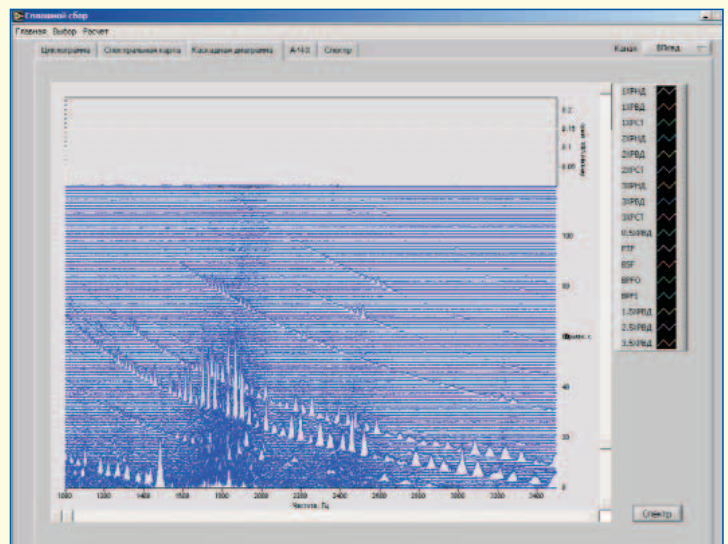


Рис. 5. Высокочастотная область на выбеге роторов

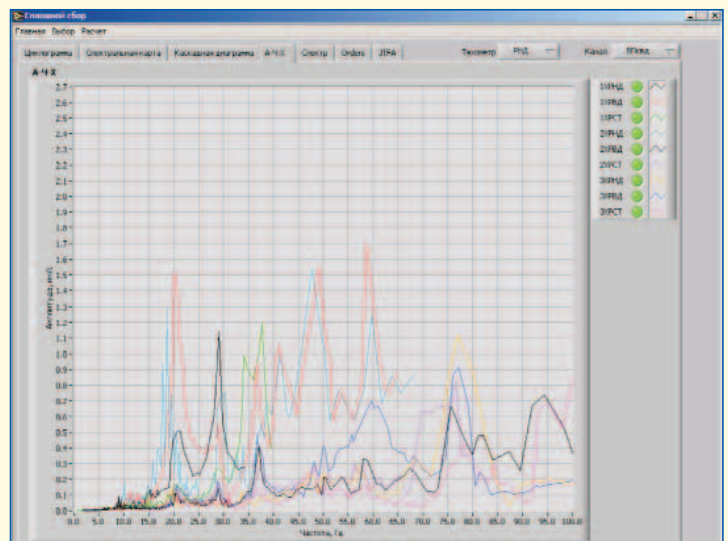


Рис. 6. Амплитудно-частотные характеристики

Таблица 1

Резонансная частота по различным каналам, Гц								
№	Осевой	ГПкнд	ГПквд	ВПквд	ГЗквд	ГКтнд	ВКтнд	ГКст
1	11	12..13	11	11...12	11	11	11	11
2	22	17	17	20...21	17	17...18	20	17
3	26	22	22	29	20...22	22	30	22
4	37	37	37	36...37	37	35...37	37...38	37
5	50	47	-	48	47	47	47	-
6	56	59...60	56...57	59	56	-	57	57...58
7	67...76	78...79	-	77	71	69...76	65...70	78...79
8	99	97	90...96	106...107	87...93	92...100	80...106	99
9	120	115...120	116...120	117...120	113...120	113...120	117...120	120
10	-	140	132	-	-	160	150	140
11	-	170	-	-	180	175	176	170

менить положение резонансных зон при высоких частотах вращения роторов (в основном в сторону увеличения частоты).

В таблице 1 розовым цветом выделены данные, соответствующие каналам вибрационных преобразователей, которые установлены в одном поясе двигателя (в поперечной плоскости), но имеют разное направление измерения амплитуды вибрационных сигналов.

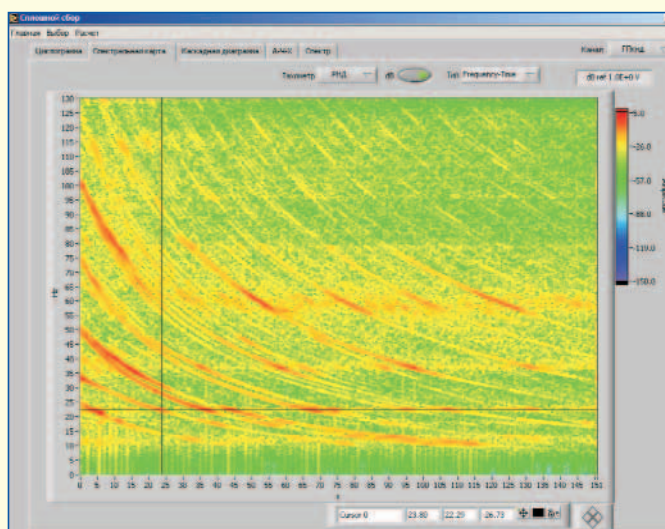


Рис. 7. Спектральная карта "частота - время"

Можно отметить, что для преобразователей, измеряющих амплитуду вибраций в вертикальной плоскости, значения частот для нижних резонансных зон выше по сравнению с соответствующими частотами колебаний в горизонтальной плоскости. Такое положение легко объясняется условиями закрепления двигателя на стенде. Соотношение частот собственных колебаний определяется жесткой подвеской двигателя

в вертикальном направлении и практически нулевой жесткостью подвески в горизонтальном направлении.

Из рассмотрения таблицы 1 следует, что погрешность измерения демпфированных частот собственных колебаний достаточно мала и не превышает нескольких герц. Очевидно, что полученная информация является весьма важной для разработчиков двигателей, которые занимаются отстройкой узлов и деталей от резонансных режимов.

Одним из важных направлений диагностики технического состояния газотурбинных двигателей является моделирование их вибрационных характеристик. Так, линейная модель двигателя может быть успешно использована для оценки влияния дисбалансов роторов на резонансное поведение двигателя в точках установки акселерометров. Нелинейные модели способны дать качественную картину влияния тех или иных дефектов (или их развития) на вибрационные характеристики двигателя.

Исследования должны проводиться с применением моделей, которые дают достаточно точные результаты в исследуемом диапазоне частот. Такие модели разрабатываются по чертежам двигателя с последующей идентификацией модели по экспериментальным данным.

В таблице 2 для сравнения представлены резонансные частоты колебаний, полученные при проведении эксперимента с выбегом роторов и с помощью расчетной модели полноразмерного двигателя ДР59. Модель была создана в программной системе Dynamics R3.1 и идентифицирована с привлечением экспериментальных результатов по резонансным режимам двигателя, полученным в результате обработки выбега роторов. При идентификации принималась в расчет анизотропия жесткостных свойств подвески двигателя. Далее производилось математическое моделирование, а по его результатам - изменение жесткости опорных узлов двигателя ДР59Л.

Можно отметить достаточно хорошее совпадение полученных расчетных и экспериментальных оценок частот резонансных режимов.

Таблица 2

Резонансная частота по различным каналам, Гц					
№	Эксперимент	Результаты расчетов			
		Частоты демпфированной системы без вращения роторов	Критические частоты вращения РВД	Критические частоты вращения РНД	Критические частоты вращения СТ
1	660	676	676	676	676
2	-	847	847	847	847
3	1320	1238	1238	1238	1238
4	2220	2367	2366	2365	2365
5	2820	3011, 2837 прод.	3010	3007	3006
6	3480	3545, 3665	3544, 3662	3543, 3660	3543, 3660
7	4620	4632	4622	4604	4604
8	5800...6400	6355, 6427	6176, 6460	5768	5578
9	6800...7200	6990, 7003, 7056	6739, 6813, 7207	6527, 6730, 7238	-
10	8400...9000	8086, 8291	7812, 8557	-	-
11	9000...9600	9365, 9412, 9434	9178, 9711	-	-

Сигналы, обусловленные появлением даже достаточно развитых дефектов подшипников, обычно имеют незначительную амплитуду и часто маскируются в шуме. И только при значительной мощности сигнала, в несколько раз превышающего шум, удастся заметить дефект при проведении обычного спектрального анализа. Чаще всего столь мощные сигналы возникают в предаварийном состоянии, возможно, за несколько минут до полного разрушения подшипника со всеми вытекающими отсюда последствиями - разрушением лопаточных аппаратов, корпусов опор и т.д.

Система VibroNET 2.1 позволяет в определенной мере решить проблему диагностики состояния подшипников. В основе предлагаемой методики лежит эффект резонансного усиления амплитуд гармонических компонент, соответствующих основным подшипниковым частотам или их кратностям. Очевидно, что если создать достаточно полный статистический архив данных о предельных значениях этих амплитуд, то с некоторой вероятностью можно прогнозировать и остаточный ресурс подшипников.

На рис. 8 и 9 показаны огибающие гармонических компонент, соответствующих основным "подшипниковым" частотам FTF, BSF промежуточного подшипника двигателя ДР59Л, поступившего в ремонт в ОАО "Газтурбосервис" и предварительно протестированного на стенде. На всех графиках отмечаются резонансные усиления соответствующих частотных компонент. Шумовой уровень в данном примере оценивается величиной 0,1...0,2 мм/с. Амплитуды резонансов достигают 0,3 мм/с. Появление резонансных усилений гармонических компонент с частотами подшипников может свидетельствовать о том, что существуют начальные изменения в состоянии данного подшипника (предполагается, что для кондиционного подшипника не существует причин возбуждения колебаний с указанными частотами).

После разборки двигателя и перед проведением ремонтных работ была проведена дефектация узлов и деталей. Явных разрушений на промежуточном подшипнике не наблюдалось, однако следы повышенного износа присутствовали, в частности, на телах качения, изменивших их начальные геомет-

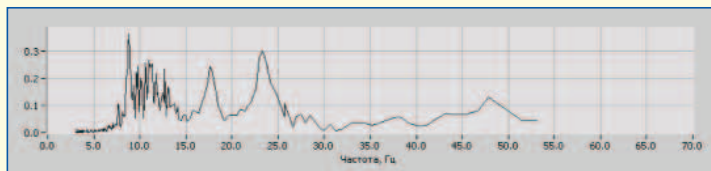


Рис. 8. Огибающая гармонических компонент с частотой FTF вращения сепаратора

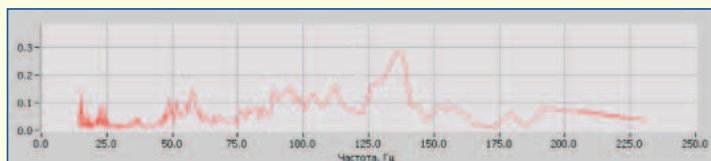


Рис. 9. Огибающая гармонических компонент с частотой BSF вращения тел качения



Рис. 10. Ролик промежуточного подшипника со следами износа



Рис. 11. Наружная обойма со следами проскальзывания

рические параметры (рис. 10), на наружной обойме вследствие проскальзывания в корпусе (рис. 11) и т.д.

Необходимо отметить, что ротор двигателя на режиме выбега не совершает обкатки под действием дисбалансов, а выбирает зазор в нижней точке подшипника. Это значит, что при расчете основных частот подшипников следует учитывать сектор, в котором тела качения нагружены собственным весом ротора и где возникают ударные импульсы от тех или иных дефектов.

Таким образом, нами отработана методика, позволяющая определять резонансные режимы сложных динамических систем ГТД на основе алгоритмов 3D-визуализации и порядкового анализа результатов выбега роторов. Полученные результаты позволяют проводить идентификацию математических моделей сложных роторных систем газотурбинных двигателей, повышая их точность и достоверность, а в дальнейшем осуществлять диагностику состояния подшипников газотурбинных двигателей на режиме выбега роторов. □

ИНФОРМАЦИЯ

По оценке фирмы "Боинг", в ближайшие 20 лет мировой парк грузовых самолетов увеличится практически вдвое - с 1766 до 3456 машин. Как ожидается, в течение указанного периода будет поставлено около 3000 грузовых самолетов, в то же время до 1250 единиц будет списано.

Фирма "Боинг" предложила новый вариант классификации грузовых самолетов в зависимости от величины поперечного сечения фюзеляжа и массы платной нагрузки. Так, под "стандартным типом" предлагается понимать узкофюзеляжные машины грузоподъемностью менее 50 т ("Боинг" 707, 727, 737, 757, "Макдоннелл-Дуглас" DC-8 и DC-9, семейство самолетов "Эрбас" А320 и т.п.). Под "средним типом" фирма подразумевает широкофюзеляжные самолеты грузоподъемностью 40...65 т ("Боинг" 767, "Макдоннелл-Дуглас" DC-10, "Локхид-Мартин" L-1011, "Эрбас" А300, А310 и А330). К категории "тяже-

лый тип" фирма "Боинг" предлагает отнести широкофюзеляжные самолеты с грузоподъемностью более 65 т ("Боинг" 747, 777, "Макдоннелл-Дуглас" DC-10-30, DC-10-40, "Эрбас" А340 и А380).

В американском варианте классификации не нашлось места для существующих и перспективных самолетов российского или украинского производства (хотя бы для уни-

Объем грузовых перевозок		
Год	Нагрузка, млн т	Изменение, %
1995	22,2	8
1996	23,2	5
1997	26,4	14
1998	26,5	0
1999	28,1	6
2000	30,4	8
2001	28,8	-5
2002	31,4	9
2003	34,5	10

кального Ан-124), что, на наш взгляд, симптоматично. Между тем, "Боинг" прогнозирует наибольший рост именно в отношении "среднего" и "тяжелого" типов грузовых самолетов. Фирма полагает, что в 2023 г. доля широкофюзеляжных "грузовиков" увеличится до 70 % (в настоящее время 44 %).

Заметим, что еще в апреле 1997 г. в Воронеже был изготовлен грузовой широкофюзеляжный самолет Ил-96Т грузоподъемностью 92 т. В расчете на зарубежного заказчика самолет оснащался американскими двигателями фирмы Pratt&Whitney и американской же авионикой. Зарубежная "начинка" машины составляла 50 % ее стоимости. Однако иностранных заказов фирма "Ильюшин", судя по всему, так и не дождалась, а для внутреннего рынка машина оказалась слишком дорогой - "Аэрофлот" отказался от планов закупки двадцати самолетов Ил-96М/Т. □

Соб. инф.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗРУШЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЛОПАТОК

Анатолий Петухов,

начальник сектора ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", д.т.н.

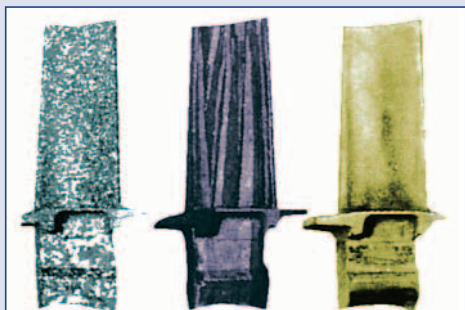


Рис. 1 Лопатки турбины, отлитые в одной форме по различным методикам: равноосная поликристаллическая (слева), НК и МОНО

В мировой технической литературе получили весьма широкое распространение публикации как отечественных, так и зарубежных авиадвигательщиков о "монокристаллическом методе" изготовления лопаток турбин. Приняв за аксиому тезис о том, что лопатка, представляющая собой единый кристалл высокотемпературного сплава, приобретает недостижимые при других методах изготовления механические свойства, инженеры настойчиво совершенствуют соответствующие технологии. Но так ли однозначны достоинства этого популярного метода производства лопаток, и нет ли и здесь каких-то "подводных камней"?

Повышение ресурса литых лопаток высокотемпературных турбин связано не только с разработкой специальных литейных жаропрочных сплавов, но и с методами управления процессом кристаллизации отливки из этих сплавов. Поэтому осуществляется постоянный поиск таких процессов, которые обеспечивают формирование в деталях заданных структур, гарантирующих сохранение необходимых прочностных характеристик детали в течение заданного ресурса.

Как известно, максимальные параметры длительной прочности и ползучести достигаются благодаря увеличению размеров зерна. При этом уменьшается площадь границ зерен, образуется столбчатая их структура, ориентированная по направлению действия главных напряжений. Это способствует увеличению долговечности детали при воздействии на нее циклически изменяющихся статических и термических напряжений, повышению стойкости сплава к высокотемпературной коррозии.

Такая задача технически и практически достаточно успешно решается с использованием метода направленной кристаллизации (НК). Процесс производства отливки требует строгого соблюдения режимов литья и кристаллизации: поддержания давления, скорости роста кристалла, температурного градиента при охлаждении отливки и т.д. Это и позволяет сформировать в детали заданную столбчатую или монокристаллическую (МОНО) структуру (рис. 1).

Для формирования монокристаллической детали с заданными аксиальной и азимутальной кристаллографическими ориентациями (КГО) в литейную форму помещают специальную затравку, имеющую непосредственный контакт с холодильником. При этом организуется с заданной скоростью отвод тепла из жидкости в твердую фазу. В сплавах с гранецентрированной кристаллической решеткой при кристаллизации и затвердевании в направлении теплоотвода равноосные зерна в результате конкуренции вытягиваются в кристаллографическом направлении $[001]$, оттесняя, благодаря своей дендритной природе, менее благоприятно ориентированные зерна.

Следует иметь в виду, что у МОНО при температурах ниже 900°C по разным кристаллографическим направлениям механические свойства (прочность, упругость, тягучесть и пр.) анизотропные. При превышении 900°C анизотропия уменьшается. От ориентации зерен не зависит только коэффициент линейного расширения α .

Известно, что значения критических касательных напряжений в кристаллической решетке для сплава и его структурного состояния являются постоянными и не зависят от ориентации монокристаллов. Величины этих напряжений связаны с типом решетки монокристалла (октаэдрическая или кубическая). Для каждой ориентации в монокристалле действует та система касательных напряжений, для которой их критическая величина окажется максимальной. Очагами усталостных разрушений в деталях могут явиться технологические дефекты, конструктивные или эксплуатационные концентраторы напряжений, находящиеся на плоскостях кристаллической решетки. На практике прогнозировать координаты "слабых мест" в этих системах очень сложно ввиду непредсказуемости размещения дислокаций в материале. При умеренной температуре ($T < 750^\circ\text{C}$) такие разрушения наблюдаются в зоне пересечения плоскостей скольжения (плоскости, проходящей через не самые близкорасположенные атомы в кристаллической решетке, по которой связь между отдельными атомами ниже, чем в узлах решетки) для КГО $[001]$ и $[111]$. В этом случае развитие начальной усталостной трещины и наличие плоскостей скольжения провоцирует дальнейшее разрушение. На рис. 2 приведен пример такого типа разрушения плоского образца при испытаниях на усталость ($T = 650^\circ\text{C}$). Здесь первичным очагом начального разрушения явилась начальная трещина от фреттинг-усталости, а последующее развитие трещин протекало по нескольким плоскостям скольжения монокристалла (1,2,3). Кроме того, на плоскости 2 видно скопление колонии карбидов, которые также могли провоцировать разрушение по этой плоскости. Подобного вида разрушение лопатки ТВД имело место в эксплуатации с началом разрушения от фреттинга по первому зубу елочного хвостовика.

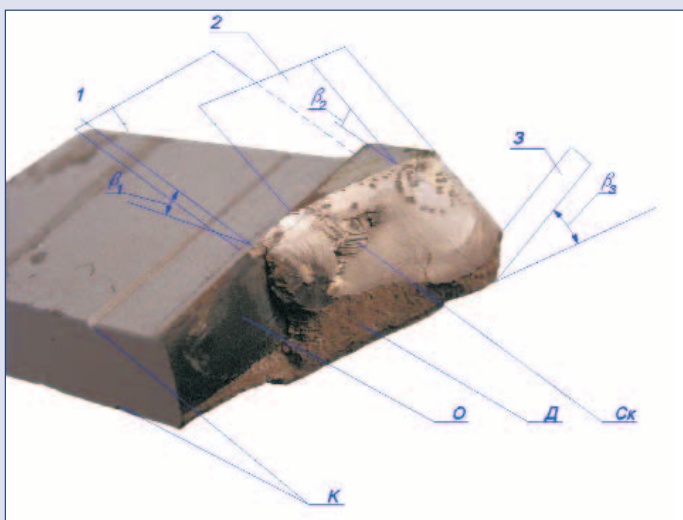


Рис. 2. Характер усталостного разрушения плоского образца: 1, 2, 3 - плоскости скольжения; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - углы между плоскостью скола и направлением главных напряжений; К - концентратор; О - очаг трещины фреттинг-усталости; Д - долом; Ск - ступеньки скола для параллельных плоскостей

Достигнув плоскости скольжения, проходившей вдоль продольной оси лопатки, трещина перескочила на эту плоскость, что привело к мгновенному разрушению. Лопатка была изготовлена из сплава ЖС26ВСНК.

Фрактография изломов показала, что при $T_{исп} > 900$ °С характер разрушений лопаток, отлитых методом НК и МОНО, практически не отличается от характера разрушений поликристаллических лопаток. В очагах усталостного разрушения имелись сколы, а основная поверхность излома была сглаженной, трещины развивались по нормали к линии действия главных напряжений.

Нужно отметить, что в ходе испытаний при нормальной температуре в профильной части лопаток наблюдались смешанные разрушения. В начальной стадии процесса разрушений был подобен соответствующим процессам в поликристаллических лопатках: достигнув плоскости скольжения, трещина меняла направление развития и быстро распространялась по плоскостям скольжения (рис. 3), а в случае разрушения внутренних элементов лопатки в ней начинали возбуждаться различные формы колеба-



Рис. 3. Усталостные трещины в лопатке МОНО

ний (пластинчатые, крутильные и т. п.).

Аналогичный характер разрушения лопаток с НК и МОНО структурой наблюдается и в эксплуатации, когда в зоне действия умеренных температур (где проявляется высокая анизотропия свойств) образуются очаги разрушений от перфорационных отверстий на внутренней поверхности, от дефектов литья и т.п. Обращает на себя внимание, что для развития трещин провоцирующую роль играют сколы от начального повреждения лопатки фреттингом, который в турбинных лопатках с равноосной структурой обычно не приводит к усталостным разрушениям.

Появление в кристаллической структуре лопатки плоскости скольжения непредсказуемо. Инициировать ее может любой неточно рассчитанный элемент конструкции, сработавший в качестве концентратора напряжения, большая температурная неравномерность в процессе эксплуатации лопатки, небрежность при изготовлении и др. Все это существенно уменьшает надежность лопатки. Учитывая запредельную стоимость изготовления таких лопаток, вопрос об их применимости вновь становится актуальным. □

БАЙКА

ПЕРЕНЕСЕННЫЕ НА НАШУ ПОЧВУ...

Дмитрий Соколовский

Не так давно отмечалось 600 летие появления в России первых башенных часов. Были они установлены в Кремле над входом в палаты Патриарха, отбивали каждый час и предназначались для правильного ведения церковной службы. Дело серьезное, а потому, и ладили его толковые византийские специалисты под командой ученого монаха Лазаря Сербина из Афонского монастыря, где такой сложный агрегат работал уже давно.

В процессе работы обнаружилось некое недоразумение: дело в том, что тогда считали по отдельности "дневные часы" и "ночные часы", по каковой причине специально приставленный человек при закате и восходе солнца устанавливал указатель времени в начальное положение (принято было все обратно привычному ныне: стрелка одна и закреплена, а циферблат вращался). Машина сия устраивалась так, чтобы в один оборот укладывался самый длинный день и самая долгая ночь. Их поделили на самое популярное число - дюжину. И вот, 21 июня день на Афоне длился именно столько, а в прочих днях этих часов, соответственно, было меньше.

Но что для Греции длинный день, то (привезенное на наши север) оказалось его частью: за самый долгий день прокручивалось... аккурат полтора оборота циферблата. Механикам пришлось попотеть и пересчитать передачи в конструкции, чтобы уместить столь долгий день на один оборот, оставив длину часа "греческую". Поэтому на циферблате первых московских часов помечено... (ни за что не догадается, кто не знал!) 17 делений! К стати, и сейчас на широте Москвы 21-22 июня день только чуть-чуть дольше (в часах). Так что, "часомерье патриаршего двора" сгодилось бы и нам, приучись мы рассвет считать первым часом нового дня.

И так - всегда и во всем: любые идеи, реально действующие где-то за горами, привнесенные на нашу почву, приобретают несколько диковатый вид. Хотя, впрочем, в результате достаточно долгого чесания в затылках, работы руками и разнообразного неформального охарактеризовывания объекта приложения сил, все работает. Даже то, что и у хозяев-то не шибко фурычило. А после - привыкаем.

Впрочем, последнее, вообще-то, и не о часах, да и все это касается не столько даже техники, сколько политики и разнообразных экономическо-управленческих новаций. Да и если бы попада-

ло к нам только то, что стоит перенимать, вроде тех же курантов! А то приходится только удивляться, откуда взялись на головы наши и потомков наших те специалисты, которые притащили сюда, скажем, новую систему общего и специального образования и столь назойливо ее внедряют уже который год.

Помните? В 60-х годах в Америке пришли к выводу, что наука и промышленность Штатов начинает отставать от Советской из-за неудачной и устаревшей системы подготовки будущих специалистов. И была принята 25-летняя программа модернизации всей образовательной системы, за основу которой была принята как раз наша. Во все это были вложены огромные государственные средства. И вот - где Америка и где мы, которые сейчас как раз пытаемся воспользоваться тем, что "не прошло" в свое время у наших бывших идеологических противников (ныне - просто конкурентов) - свободным самфинансированием всего образовательного процесса без государственной помощи и, соответственно, поддержки. Нет, просто интересно, кто же изобрел столь любопытную инверсию? А может, просто задачи были какие-то иные, невядомые нам.

...Сдается мне, что такие "изобретатели" навряд ли стали бы колупаться в часиках с боем на патриаршем дворе. Интересно, случись все же такая напасть, сколько было бы сейчас часов в наших сутках? □

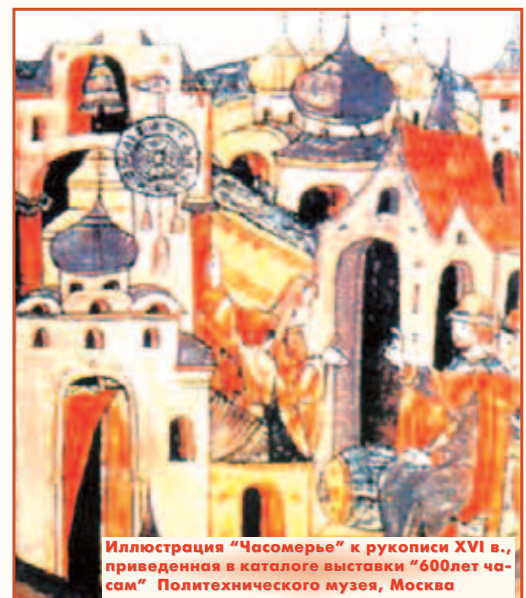


Иллюстрация "Часомерье" к рукописи XVI в., приведенная в каталоге выставки "600 лет часам" Политехнического музея, Москва

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ФГУП "ММПП "Салют":

Алексей Митрофанов, Николай Носов, Вадим Рогов

Написать эту статью нас побудили отдельные публикации на страницах журнала "Двигатель", в которых без ссылок на конкретные модели оборудования, без указания режимов и качества обработки сопоставляется работа неких копировально-прошивочных станков фирм SODICK (Япония) и AGIE (Швейцария). Так как подобный подход при решении задачи выбора оборудования, на наш взгляд, неверен, то в нашей статье мы попытаемся провести более корректное сравнение технических характеристик электроэрозионного оборудования ведущих мировых фирм и определить систему критериев для выбора электроэрозионного оборудования.

В приведенных ниже таблицах приведены технические характеристики некоторых проволочно-вырезных и копировально-прошивочных электроэрозионных станков. Мы взяли для сравнения те модели станков, которые эксплуатируются на нашем предприятии как в инструментальном, так и в основном производстве.

Как нетрудно убедиться, основные технические характеристики современного электроэрозионного оборудования различных ведущих мировых фирм практически идентичны, имеются только различия по габаритным размерам. Да и стоимость станков находится в одном диапазоне.

Эрозионные станки всех фирм имеют программируемые цифровые источники питания (генераторы). Системы программного управления мультипроцессорные; они управляют источником питания, приводами станка, системой заправки проволоки, а также системами оптимизации режимов обработки, которые обеспечивают:

- заданную производительность станка и качество поверхности (величину измененного слоя и шероховатость);
- снижение величины износа электрода-инструмента;
- повышенную точность обработки мелких элементов изделия (прямые и острые углы, малые радиусы и др.);
- защиту от коротких замыканий.

Название систем оптимизации технологического процесса у каждой фирмы свое, но выполняемые функции в принципе идентичны. Впрочем, только фирмы AGIE и ONA создали мощные интегрированные системы Agievision 3 и Erosion Expert System, обеспечивающие генерирование программ обработки после введения в систему характеристик детали, которые необходимо получить в результате обработки, и выбора одной из трех стратегий: наивысшей производительности, наилучшего качества или минимального износа электрода-инструмента. Преимущество этих систем по достоинству оценит даже неопытный оператор, поскольку дружелюбный

интерфейс и ясный диалог с такой экспертной системой надежно защищает от возможных ошибок и позволяет получить отличный результат даже при выполнении очень сложной работы. Особенно наглядно преимущества проявляются при планировании многоместной обработки минимальным числом электродов, когда главным требованием к технологическому процессу является обеспечение высокой производительности при минимальном износе электрода.

Нельзя утверждать, что один станок лучше другого только из-за наличия у него сенсорного дисплея. Спорным представляется и утверждение об отсутствии альтернативы линейным двигателям с дополнительным высокоэффективным охлаждающим устройством.

По нашему мнению принятие решения о закупке оборудования той или иной фирмы в наибольшей степени должно определяться следующими критериями:

- наличием и объемом библиотеки технологических режимов обработки различных конструкционных и инструментальных материалов;
- сроком службы и стоимостью быстроизнашиваемых частей и расходных материалов;
- наличием сервисного обслуживания, его мобильностью и качеством, а также наличием технологической поддержки пользователя;
- удобством программирования;
- дружелюбностью интерфейса.

К примеру, применение на вырезных станках фирмы AGIE V-образных алмазных направляющих, одного комплекта которых хватает на 20 000 ч работы станка, позволяет работать с проволокой любого диаметра. На станках других фирм роль направляющих выполняют фильеры с ресурсом 2000...3000 ч (1 год), причем для проволоки каждого диаметра нужны свои фильеры. Таким образом, по второму из названных критериев станки AGIE обладают определенными преимуществами.

Другим примером удобства станков AGIE для работы оператора является диалоговый режим программирования на русском языке. Оператору нет необходимости выверять положение заготовки, достаточно включить измерительный



цикл, и система управления станка определит положение заготовки и скорректирует управляющую программу.

С другой стороны, наличие у станка фирмы SODICK так называемой PIKA-системы, обеспечивающей доводку поверхности до Ra = 0,06 мкм (11 класс), является достоинством станка, исключая дополнительную операцию полирования (если не мешает насыщение обработанной поверхности хромом). Правда, следует отметить, что пользоваться PIKA-системой крайне неудобно, так как требуется много времени на ее установку, замену диэлект-

Проволочно-вырезное ЭЭ оборудование

Модель станка	A800F M25	Robofil-690	Agiecut-350HSS	A325 M25	Evolution 2
Изготовитель	FINE SODICK	CHARMILES	AGIE	FINE SODICK	AGIE
Тип обработки	Струйная	Струйная	Погружная и/или струйная	Погружная и/или струйная	Погружная и/или струйная
Точность обработки	5...7 мкм/300 мм	5 мкм	5 мкм	5...7 мкм/300 мм	3 мкм
Точность позиционирования	5 мкм/300 мм	5 мкм	5 мкм	5 мкм/300 мм	Ps = 1,5 мкм
Шероховатость, мкмRa	0,28	0,28	0,28	0,28	0,18
Ход по осям XxYxZ, мм	800x700x300	800x600x400	700x400x406	350x250x220	350x250x256
Макс. размеры детали (ДхШхВ), мм	1000x800x300	1220x1000x400	1300x1100x400	820x600x220	750x550x250
Макс. масса детали, кг	1000	2000	2000/3000	450	200/450
Макс. угол конуса, °/мм	±14/100	±15/110	±30/70	±20/80	±30/100
Диаметр проволоки, мм	0,25 - стандарт, 0,1 - миним.	0,25 - стандарт, 0,2 - миним.	0,25 - стандарт, 0,1 - миним.	0,25 - стандарт, 0,1 - миним.	0,25 - стандарт, 0,1 - миним.
Заправка проволоки	Автоматич.	Автоматич.	Автоматич.	Автоматич.	Автоматич.
Производительность, мм ² /мин	280	300	300	260	300
Потребляемая мощность, кВА	12	10	9,8	6 (ном.), 13 (пик)	9,1

рика, промывку ванны станка и прочее. По этим причинам ее практически не используют.

И таких примеров может быть великое множество. Только проведение всестороннего и глубокого анализа достоинств и недостатков станков по указанным ранее критериям позволяет осуществить правильный выбор конкретной модели оборудования. Достоверность анализа повысится, если его осуществлять не на основе рекламной и нередко не вполне объективной информации, предоставляемой фирмами-изготовителями, а с привлечением опыта эксплуатации имеющегося оборудования на конкретном предприятии с учетом специфики задач, решаемых им.

Так, на ФГУП "ММПП "Салют" как в инструментальном, так и в основном производстве для изготовления деталей сложных форм (ковочных и вырубных штампов, пресс-форм и др.), вырезки окон, перфорации охлаждаемых деталей ГТД, обработки микроотверстий используются около 200 электроэрозионных станков. Список обрабатываемых материалов весьма обширен - от инструментальных материалов до жаропрочных сталей и сплавов. В отдельном ряду стоят детали из титановых сплавов, обработка которых электроэрозионным методом отличается некоторыми особенностями, связанными со свойствами титановых сплавов.

В состав станочного оборудования "Салюта" входят электроэрозионные станки ведущих мировых фирм AGIE CHARMILLES Group, SARIX (Швейцария), ONA (Испания), AMCHEM (Англия), SODICK (Япония), фирмы MAX SEE (Тайвань), а также отечественные копировально-прошивочные и вырезные станки.

Парк импортного электроэрозионного оборудования предприятия включает в себя:

- тридцать станков фирмы AGIE, как вырезных, так и копировально-прошивочных;
- два специализированных шестикоординатных станка фирмы AMCHEM мод. HSD-II и HSD-GT;
- два станка фирмы CHARMILLES мод. ROBOFIL 690 и ROBOFORM 35P;
- двадцать четыре станка фирмы MAX SEE (в основном копировально-прошивочные типа ZNC);
- два копировально-прошивочных станка мод. HS 600 фирмы ONA;
- один специализированный шестикоординатный станок фирмы SARIX мод. SX-200;
- четыре станка фирмы SODICK мод. A325 M25, A800F M25, A65R, K1CN;

Следует отметить, что если станки фирм AMCHEM, CHARMILLES, MAX SEE, ONA и SARIX приобретены нашим предприятием относительно недавно, то ряд станков фирм AGIE и SODICK эксплуатируются уже около десяти лет. На начальном этапе оснащения предприятия современным электроэрозионным оборудованием существовала дилемма, станки какой фирмы предпочесть - AGIE или SODICK. В условиях такой неопределенности были приобретены по три станка указанных фирм для инструментального производства. После накопления определенного опыта эксплуатации предпочтение было отдано станкам фирмы AGIE. Не последнюю роль в этом сыграла деловая репутация фирмы AGIE, а также успешное функционирование техцентра фирмы, который осуществлял мобильный ремонт и оказывал технологическую поддержку.

В заключение хотелось бы отметить, что дальнейшее расширение областей применения электроэрозионной обработки обусловлено необходимостью автоматизации производства с внедрением CALS-технологий для удовлетворения следующих требований рынка:

- быстрой обновляемости продукции и сокращения жизненного цикла изделий;
- расширения номенклатурного ряда изделий;

Копировально-прошивочное ЭЭ оборудование				
Модель станка	A 65R	Roboform-35P	Agietron-Advance	HS - 600
Изготовитель	FINE SODICK	CHARMILES	AGIE	ONA
Точность позиционирования	4 мкм/300 мм	5 мкм	3 мкм	5 мкм
Шероховатость мкмRa	0,06 (11 класс) с системой PIKA	0,1 (10 класс)	0,2 (9 класс)	0,1 (10 класс)
Ход по осям XxYxZ, мм	650x450x350	350x250x300	700x500x500	1000x600x500
Расстояние между пинолью и столом, мм	710	450	515	720
Размеры рабочего стола, мм	800x550	500x400	750x640	1200x800
Размеры ванны (ДxШxВ), мм	1000x700x450	800x550x300	1300x1100x400	1700x1000x600
Максим. уровень раб. жидк., мм	400	330	400	565
Макс. масса детали/инструм., кг	1000/100	500/50	2000/80	4000/400
Ось "С"	встроенная	встроенная	встроенная	встроенная
Управление по осям	X, Y, Z, C - одновременно	X, Y, Z, C - одновременно	X, Y, Z, C - одновременно	X, Y, Z, C - одновременно
Потребляемая мощность, кВА (при токе генератора, А)	8 (40) 12 (80)	5	11 (64) 16 (128)	13 (60) 15 (120)

- повышения качества и конкурентоспособности изделий по критерию качество/цена;

- усиления давления социального фактора (дефицит и дороговизна квалифицированного труда) и фактора охраны окружающей среды (утилизация отходов и др.).

Ближайшей перспективой дальнейшего развития технологии электроэрозионной обработки является, на наш взгляд, создание интегрированных технологических систем. Такие системы могут создаваться на основе парка надежных электроэрозионных станков с развитым технологическим обеспечением. Создание гибких технологических модулей для осуществления операций физико-химической обработки и обработки резанием позволит существенно повысить эффективность обработки многих деталей авиационной техники.

В этом году фирме AGIE исполнилось 50 лет. Пользуясь случаем, хотим поздравить коллектив фирмы с юбилейной датой, к которой он подошел с новой моделью вырезных станков мод. PROGRESS 3, удачно сочетающей производительность и качество, и системой HYPERSPARK, обеспечивающей повышение производительности копировально-прошивочных станков до 30 % при обработке деталей сложной формы, и пожелать разработчикам фирмы AGIE дальнейших творческих успехов.



скорости

Системы AGIECUT PROGRESS гарантируют максимальную скорость электроэрозионной резки.

производительности

AGIETRON I HYPERSPARK и AGIETRON EXACT обеспечивают высокую производительность электроэрозионной резки.

точности

Нисходящая точность электроэрозионной резки — отличительная характеристика системы AGIECUT VERTEX.

гибкости

Высокая гибкость и адаптивность при использовании оборудования для электроэрозионной обработки AGIETRON ADVANCE.

Мы знаем лучшие продукты на мировом рынке электроэрозионной обработки, но ни один продукт не обладает системой управления, сравнимой с Agievision. Удобство для пользователя, полный массив данных по технологиям электроэрозионной обработки, простота управления при сложных формах детали, а также целенаправленный, ориентированный на изделия ввод данных придают надежность процессу обработки, в чем мы неоднократно убеждались.

Н. Носов,
руководитель участка электроэрозионной обработки инструментального производства ММПП "Салют"

В Московском центре AGIE получена производительность 540 мм²/мин.

Еще лучше качество поверхности! Наименьший износ электродов! ... И быстрее станков с линейным приводом!

AGIE гарантирует точность обработки ±0,5 мкм, шероховатость Ra 0,05 мкм.

600 мм²/мин. при токе 60 А (графит/сталь).



СОЗДАТЕЛЬ ТРЕХ ОКБ

Лев Берне

Август 1936 года. Небольшая группа специалистов внимательно следила, как новый опытный бомбардировщик ЦКБ-26 совершил посадку. Летчик-испытатель Владимир Коккинаки устало стаянул с потной головы шлем.

"Сергей Владимирович", - обратился он к главному конструктору С.В. Ильюшину. - "Максимальная высота 12 560 метров - похоже, это мировой рекорд. Двигатели работали отлично!"

"Вот ему скажи спасибо", - кивнул Ильюшин на скромно стоящего неподалеку высокого стройного мужчину. - "Назаров Аркадий Сергеевич, подойди сюда. Он - главный конструктор мотора М-85. Без него мы бы ничего не получили. Да, кстати. Владимир собирается выполнить петлю Нестерова на ЦКБ-26 - у тебя, Аркадий Сергеевич, возражений не будет?"

Всего через год Владимир Коккинаки на том же ЦКБ-26 совершил скоростной беспосадочный перелет по треугольнику Москва - Севастополь - Свердловск - Москва протяженностью 5018,2 км с грузом 1000 кг за 16 часов со средней скоростью 325 км/ч (три международных рекорда). В значительной мере этот успех был обеспечен именно силовой установкой, включавшей два мотора М-85. Поэтому коллектив двигателей под руководством Назарова можно по праву считать "соавтором" рекордных достижений.

Аркадий Сергеевич Назаров родился 9 марта 1899 года в селе Нижняя Оторма, что в Тамбовской области, в семье служащего винокурного завода. У родителей было 13 детей. Старшие нянчили младших, и, в частности, Аркадий вынуждал двух своих сестер. И в учебе, и жизни старшие помогали младшим.

По окончании Аркадием 3-классной сельской школы отец отвез его в уездный город Моршанск и определил его в реальное училище. Скоро в Моршанск переехала вся многочисленная семья. Отец устроился на более высокооплачиваемую работу на суконной фабрике. Как бы ни было трудно содержать большую семью, отец стремился дать детям дальнейшее образование. В 1918 г. после окончания реального училища с золотой медалью Аркадий поступил в Московское высшее техническое училище



Авиаторы отряда на Западном фронте

(сегодня МГТУ им. Баумана). Но проучился он в будущей "Бауманке" недолго: надо было зарабатывать на жизнь, а совмещать учебу с работой в тяжелейших условиях начавшейся гражданской войны было невыносимо. Аркадий возвратился в Моршанск и практически сразу в апреле 1919 г. вступил добровольцем в Красную Армию - пулеметчиком в 18-й стрелковый полк. Это была настоящая боевая часть, почти непрерывно участвовавшая в боях сначала на Восточном, а затем на Северо-Западном фронте.

Как-то в короткую передышку неподалеку от места расположения полка приземлились несколько аэропланов. Вскоре появились техники, механики, мотористы... Это был 31-й авиационный отряд, приданный Северо-Западному фронту. Аркадий все свободное время проводил на аэродроме, а потом решил обратиться к начальнику авиационного отряда с просьбой, чтобы тот взял его к себе.

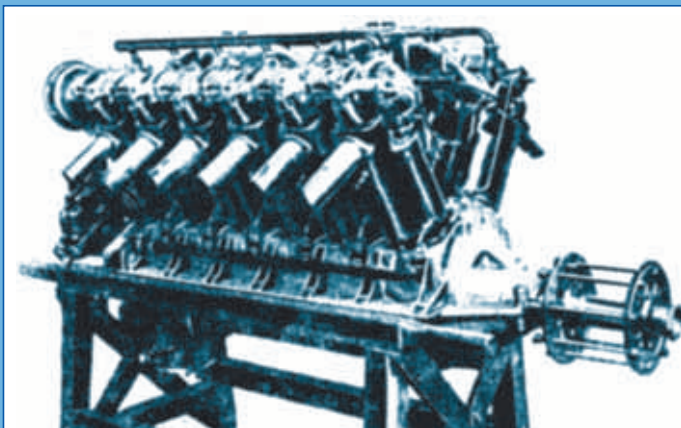
Командир полка, когда к нему явился начальник авиаотряда, сначала возражал, но помог комиссар полка. "Стрелять из пулемета может каждый, а вот чтобы с самолетом обращаться - тут образование надо", - мудро заметил он. - "Пусть идет в авиацию..." Так среди технического состава 31-го авиаотряда оказался первокурсник МВТУ.

Аркадий высоко оценил доверие, которое ему оказали, и быстро освоил профессию механика самолета. Отряд, на вооружении которого были истребители "Форман" и разведчики "Вуазен" и "Лебедь", перебазировали на разные аэродромы Западного, а потом и Польского фронтов.

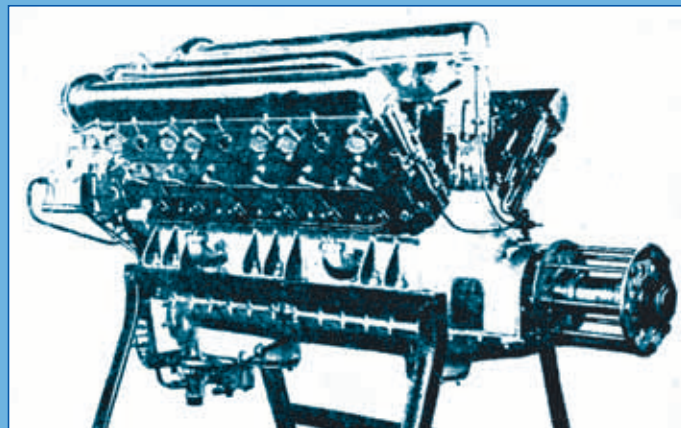
Осенью 1920 г. командующему авиацией Западного фронта пришло предписание: откомандировать двух лучших молодых специалистов, имеющих среднее образование, на учебу в Московский авиационный техникум, преобразованный в 1921 г. в Военно-воздушную академию имени профессора Николая Егоровича Жуковского. Назаров подходил как нельзя лучше.

С первых дней пребывания в академии Аркадий с головой окунулся в творческую атмосферу. В академии тогда бурлила научная и общественная жизнь. Все слушатели состояли в различных кружках Осоавиахима и Военно-научного общества по созданию авиационной техники. Это была дополнительная школа научного творчества.

На старших курсах Аркадий увлекся легкомоторным авиационным спортом. Больше всего его интересовали моторы: он понимал, что прогресс авиации зависит от уровня двигателестроения. На последнем курсе Назаров получил немалую административную должность руководителя Комитета легкомоторной авиации Осоавиахима, где ему пришлось в основном заниматься проблемами моторостроения для малой авиации. Аркадий участвовал в подготовке ряда рекордных полетов на дальность и максимальную высоту подъема. После окончания академии Назаров получил назначение - инженером по эксплуатации в знаменитую Качу. Он воспринял эту должность с пониманием, ведь его опыт эксплуатации авиационной техники, полученный до поступления в ВВА, был невелик. Но уже через год способного инженера перевели в Главное управление ВВС



Мотор М-5 - лицензионный вариант американского мотора "Либерти"



Трехрядный мотор М-18 конструкции А.А. Бессонова

Красной армии, где Назаров почти два года проработал инженером по моторам управления фабрично-заводских предприятий Военно-Воздушных Сил (теперь это УКВР ВВС).

В то время Военно-воздушная академия была единственным в стране учебным заведением, готовившим авиационных инженеров. Поэтому в конце двадцатых годов решением ЦК ВКП(б) и Совнаркома для укрепления молодой авиационной промышленности на руководящие должности было направлено 1000 инженеров из ВВС - в основном выпускников "Жуковки". Поэтому неудивительно, что большая часть руководства авиационной промышленности и главных конструкторов в то время состояла из выпускников ВВА.

В апреле 1928 г. Аркадия Сергеевича Назарова также перевели из ВВС в авиапромышленность. Он был назначен сначала старшим инженером, а потом начальником технического подотдела моторного отдела Всесоюзного авиационного объединения (ВАО) (кстати, к такому типу промышленно-экономической структуры сегодня хотят подвести наши реформаторы отечественную авиационную промышленность - прим. авт.).

Много времени Назаров проводил на заводах. В то время отечественное авиационное моторостроение набирало силу и практически полностью обеспечивало моторами все самолеты отечественной постройки. Наибольшее распространение тогда получил мотор М-5 (ранее он обозначался М5-400 - мотор, пятый образец, мощность 400 л.с.), представлявший собой лицензионное воспроизведение американского двигателя "Либерти". Надо отметить, что его внедрение в серию существенно обогатило арсенал технологических мероприятий всего цикла производства: был выпущен комплект рабочих чертежей в метрической системе мер, разработаны системы допусков и посадок, технологические карты изготовления и сборки деталей и узлов, изготовлен специальный режущий и измерительный инструмент и приспособления.

Мотор М-5 представлял собой 12-цилиндровый двухрядный V-образный двигатель с отдельно стоящими цилиндрами и углом развала 45°. Шатуны вильчатые, то есть оба главных, подшипники коленчатого вала скользящие, баббитовые. На последнем этапе Первой мировой войны и после ее окончания американцы оснастили многие типы самолетов этим неплохим двигателем. И все же созданный в условиях военной спешки М-5 обладал рядом существенных недостатков. Руководство ВАО оказывало помощь в то время еще слабо укомплектованным конструкторским отделам заводов-изготовителей авиадвигателей, в том числе и путем консультаций. Советы Назарова, ставшего уже высококвалифицированным специалистом, воспринимались серийщиками вполне благожелательно.

Помимо М-5 отечественная авиапромышленность осваивала в то время выпуск и других двигателей. Как известно, первым авиадвигателем собственной разработки, внедренным в массовое производство, в СССР стал созданный под руководством А.Д. Швецова в 1925 г. на заводе "Мотор" пятицилиндровый звездобразный двигатель воздушного охлаждения М-11. Он проектировался

по техническому заданию, сформированному при проведении конкурса на мотор для учебного самолета (в организации этого конкурса непосредственно принимал участие А.С. Назаров - председатель Комитета по легкомоторной авиации Осоавиахима). По своим характеристикам М-11 не уступал лучшим зарубежным моторам соответствующего класса. В 1927 г. мотор прошел госиспытания, и к моменту, когда Назаров стал работать в ВАО, его начали внедрять в серию.

В конце 1927 г. серийное производство М-11 было развернуто на Государственном авиационном заводе № 9 "Большевик" в городе Запорожье. Тогда же этот завод был переименован в ГАЗ № 29. Запорожский завод с самого начала своего существования, когда он еще назывался "ДЕКА", постоянно стремился к улучшению качества выпускаемой им продукции. Однако, несмотря на то, что предприятие традиционно обладало очень сильным инженерным составом, намечавшиеся улучшения не всегда можно было внедрить: небольшие конструкторские подразделения с трудом успевали вносить изменения, связанные с технологическими потребностями производства. Назаров много времени проводил в Запорожье, помогая заводу не только внедрять в производство новый мотор, но и вносить в него различные усовершенствования.

В 1925 г. ВВС объявил конкурс на создание моторов для военной авиации. Этот конкурс стал толчком для творческого соревнования отечественных конструкторов. Было представлено около десятка проектов, но наиболее интересными разработками оказались следующие:

- W-образный 18-цилиндровый мотор М-18 мощностью 750 л.с., разработанный на заводе "Икар" под руководством А.А. Бессонова;

- V-образный 12-цилиндровый мотор М-13 мощностью 820 л.с., разработанный под руководством Н.Р. Брилинга конструкторами А.А. Микулиным, Б.А. Чудаковым, И.Ш. Нейманом (все из НАМИ);

- V-образный 12-цилиндровый мотор М-9, сконструированный ленинградским конструктором В.В. Киреевым (в 1914-1915 гг.



Истребитель ИЛ-400 с мотором М-5

он разработал мотор РБЗ-6, который применялся на самолетах типа "Илья Муромец").

Все эти двигатели были еще "сырыми", хотя М-18 успел пройти 100-часовые испытания. В проведении испытаний моторов М-13 и М-18 Назаров принимал непосредственно участие. Оба двигателя продемонстрировали характеристики на уровне лучших зарубежных авиаторов того времени, однако по различным причинам они в серию не пошли.

В соответствии с предложениями ВАО, сформулированными Аркадием Сергеевичем, в 1928-1929 гг. Александр Бессонов при участии Владимира Базарова на базе конкурсного М-18 разработал два V-образных 12-цилиндровых мотора: V-12 и М-19 мощностью 610 и 700 л.с., соответственно. Они стали одними из первых в мире высотных моторов, оснащенных приводными центробежными нагнетателями (ПЦН).

В процессе доводки моторов V-12 и М-19 конструкторы столкнулись с большими трудностями (в основном при отработке ПЦН), но устранение дефектов шло довольно успешно. В 1930 г. двигатель М-19 прошел государственные испытания. Однако в серию ни он, ни V-12 запущен не был. Дело в том, что в это время уже началось производство по лицензии мощного немецкого мотора БМВ-6 (BMW-VI), известного у нас под маркой М-17.

Одновременно с М-17 Советский Союз приобрел лицензию на производство одного из лучших авиационных двигателей того времени - 9-цилиндровой "звезды" "Юпитер-VI" (Jupiter-VI) французской фирмы "Гном-Рон". Его взлетная мощность составляла 570 л.с., номинальная мощность - 480 л.с., а ресурс - 350 часов. В СССР "Юпитер-VI" получил обозначение М-22. Интересно, что этот мотор первоначально был разработан в 1925 г. английской фирмой "Бристоль", а уже затем французы приобрели на него лицензию и переработали технологию производства с переводом всех размеров в метрическую систему.

Передача в серийное производство на завод № 29 сначала мотора М-11, а затем М-22 в связи с необходимостью непрерывного конструкторского сопровождения новинок потребовала создания мощного заводского конструкторского бюро. В том, кто возглавит КБ, сомнений не возникало: конечно, Назаров. За два с лишним года работы в ВАО Аркадий Сергеевич вместе с В.Я. Климовым фактически стал техническим руководителем авиадвигателестроения страны. Он близко познакомился со всеми выдающимися конструкторами моторов: Швецовым, Бриллином, Микулиным, Бессоновым. Назаров хорошо изучил организацию производства на немногочисленных тогда моторных заводах. Но запорожский завод № 29 он знал особенно хорошо. С учетом этого приказом Главного управления авиационной промышленности НКТП № 148 от 6 июля 1930 г.

Аркадия Сергеевича Назарова назначили главным конструктором опытно-конструкторского отдела (переименованного затем в бюро) при заводе № 29.

В Запорожье он организовал законченное опытное производство, которое к 1936 г. включало конструкторскую группу, техническое бюро, цех опытной сборки, цех испытаний и бригады, обслуживавшие экспериментальные установки и стенды. Общая численность сотрудников в ОКБ достигла 200 человек, что по тем временам было вполне солидно.

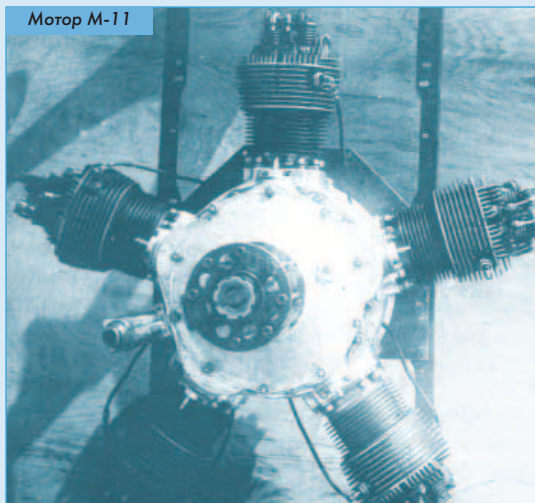
Под руководством Назарова была проведена большая работа, связанная с усовершенствованием мотора М-11. Так, вместо шарикоподшипников были установлены подшипники скольжения, полностью переделан кривошипно-шатунный механизм, проведены изменения по цилиндропоршневой группе и многое другое. Благодаря внедрению этих изменений была создана модификация двигателя М-11Д, отличавшаяся увеличенными мощностью (125 л.с.) и ресурсом (400 ч).

Мотор М-11, несмотря на его скромные "рекламные" показатели, прожил славную жизнь. Он находился в производстве до 1953 г., а эксплуатировался до 1959 г. За время выпуска было создано 15 модификаций двигателя. Во второй половине 40-х годов ресурс был доведен до 500...600 ч. Мотор применялся на самолетах 88 типов, в том числе У-2 (По-2), УТ-1, УТ-2, Як-6, Як-12 и других. Всего самолетов с моторами М-11 различных модификаций было выпущено более 50 тысяч единиц, а моторов - по меньшей мере 120 тысяч.

Работая главным конструктором Запорожского завода, особенно много сил отдал Аркадий Сергеевич Назаров доводке и внедрению в серию мотора М-22. Этот 9-цилиндровый звездообразный мотор воздушного охлаждения был высотным переразмеренным с расчетной высотой около 150 м. К его конструктивным особенностям следует отнести необычную и весьма сложную в производстве конструкцию цилиндра: четырехклапанная головка из легкого сплава не навертывалась на резьбу в верхней части открытой гильзы, как у большинства моторов такого типа, а стыковалась по плоскости со стальным пояском цилиндра, причем крепилась к нему на шпильках. Чтобы обеспечить хорошую теплоотдачу от стального днища к головке требовалось обеспечить точную пригонку стыка по плоскости соединения, что достигалось ручной шавровкой. Поршни тоже были необычными - так называемого "типа Рикардо" по имени известного английского двигателя - с юбкой, вырезанной в ненагруженной зоне возле выхода поршневых пальцев.

Еще одной особенностью мотора было применение механизма компенсации зазоров в механизме привода клапанов. Поскольку при работе мотора цилиндр нагревается до существенно более высокой температуры, чем тяга, управляющая открытием клапана, то в результате неодинакового теплового расширения узлов и деталей зазор в передаче существенно увеличивается (на 0,5...1,5 мм в зависимости от размеров и конструкции мотора). Это приводит к искажению фаз газораспределения на горячем моторе. У мотора М-22, как, впрочем, и у всех моторов фирм "Бристоль" и "Гном-Рон", применялась кинематическая система компенсации зазоров. Размеры звеньев механизма газораспределения подбирались таким образом, что при любом перемещении головки цилиндра относительно картера зазоры в клапанах оставались практически неизменными.

Двигатель М-22 производился до 1935 г., а эксплуатировался вплоть до 1941 г. Всего было выпущено более восьми тысяч моторов, которые устанавливались на 25 моделях самолетов военной и гражданской авиации. В их числе серийные истребители И-4



Мотор М-11



Учебный самолет У-2 с мотором М-11

(АНТ-5) А.Н. Туполева, И-5 и первые серии истребителей И-15 и И-16 Н.Н. Поликарпова, пассажирские К-5 К.А. Калинина, "Сталь-3" А.И. Путилова и ХАИ-1 И.Г. Неймана.

Параллельно с разработкой крупноразмерных авиационных двигателей Аркадий Сергеевич Назаров конструировал и мало-мощные моторы. Взяв за основу отработанную в ОКБ-29 цилиндрическую группу двигателя М-11, он предложил целое семейство авиационных двигателей воздушного охлаждения. Так, были созданы двухцилиндровый мотор "Комсомолец" и трехцилиндровый двигатель ЗМ-11 мощностью 60 л.с. и массой 125 кг, который хотя и прошел испытания успешно, но в серию не передавался.

Был изготовлен также пятицилиндровый мотор М-51, который представлял собой вариант М-11 с центральной кулачковой шайбой вместо отдельных кулачковых валов на каждый цилиндр. При разработке этого мотора конструкторы постарались максимально использовать детали и узлы М-11, в частности, цилиндры, поршни, шатуны. Той же идеей о максимальном использовании деталей М-11 воспользовались при создании семицилиндрового мотора М-48 и девятицилиндрового двигателя М-49 мощностью 270 л.с.

Важной особенностью двух последних двигателей являлось оснащение их приводными центробежными нагнетателями (впервые в Советском Союзе на маломощных авиадвигателях). Моторы успешно прошли государственные испытания и позднее послужили основой для разработки двигателей серии МГ (мотор гражданский): МГ-11, МГ-21 и МГ-31.

В связи с необходимостью разработки новых маломощных двигателей для учебной, спортивной и гражданской авиации было принято решение о создании специализированного конструкторского бюро на базе завода № 82 ГВФ в Тушино. Туда была переведена из Запорожья группа конструкторов с тематикой мотора М-11 и его модификацией. Затем, в 1932 г., в системе ГВФ развернули Научно-исследовательский институт авиадвигателей (НИИ АД ГВФ) с опытным заводом (на базе все того же завода № 82 ГВФ). Ядро отдела бензиновых двигателей института составили бывшие конструкторы ОКБ завода № 29.

Отдел возглавил Михаил Александрович Коссов, ранее на запорожском заводе занимавшийся мотором М-11 и его модификациями. В 1932-1934 гг. на основе богатого опыта, накопленного при создании семейства модификаций М-11, сотрудники отдела сконструировали семейство двигателей, у которых взаимозаменяемость деталей достигла 95%. В состав семейства входили пятицилиндровый мотор МГ-11, семицилиндровый МГ-21 и девятицилиндровый МГ-31. После успешного окончания государственных испытаний эти моторы устанавливались на самые разнообразные летательные аппараты, в том числе на учебно-тренировочный истребитель УТИ-6, пассажирские самолеты САМ-5-2бис, КАИ-2, "Сталь-2", РАФ-11ИС, САМ-16 и вертолет "Омега-11".

В 1932-1935 гг. под руководством Назарова в ОКБ завода № 29 спроектировали и в короткий срок сдали на Государственные испытания мощный мотор воздушного охлаждения М-58, который был установлен на опытный самолет Поликарпова.

Несмотря на обилие опытных моторов, они все же уступали лучшим зарубежным моторам того времени. Этому было несколько причин, но основная заключалась в том, что технологические процессы, необходимые для производства авиационных двигателей, в СССР безнадежно отставали из-за общего низкого технического уровня отечественного машиностроения. Чтобы советская авиация приблизилась к мировому уровню, необходимы были современные моторы, созданные по лучшим технологиям того времени.



Истребитель И-5 с мотором М-22 в полете

В связи с этим в конце 1932 г. правительство Советского Союза приняло кардинальное решение о закупке за рубежом лицензий на производство новейших авиационных двигателей. Согласно выставленным Советским Союзом условиям - это было, наверное, главным - отечественным заводам передавалась не только конструкторская и технологическая документация, но и уникальное станочное и инструментальное оборудование. Таким образом руководители отрасли рассчитывали сделать огромный шаг вперед в отношении технологического уровня производства авиадвигателей.

Для выполнения указанного решения Советского правительства в зарубежную поездку отправились две комиссии специалистов-моторостроителей. Одна, возглавлявшаяся В.Я. Климовым, выехала во Францию, а другая во главе с И.И. Побережским и А.Д. Швецовым - в США.

С самого начала предполагалось, что завод № 29 будет производить один из звездообразных моторов воздушного охлаждения фирмы "Гном-Рон". Однако все переговоры поручили провести В.Я. Климову, который был хорошим специалистом

по двигателям с жидкостным охлаждением. Отстранение Назарова от поездки во Францию (первоначально именно он должен был вести переговоры с "Гном-Рон") оказалось крупной ошибкой. Дело в том, что В.Я. Климов не смог в полной мере справиться одновременно с двумя заданиями - переговорами с фирмами "Испано-Сюиза" и "Гном-Рон" - и в связи с этим допустил ряд принципиальных упущений.

Двигатель воздушного охлаждения, который он выбрал - "Мистраль Мажор" (Mistral-Major K-14) - был для своего времени действительно выдающимся: 14-цилиндровая двухрядная (одна из первых в мире) "звезда", причем цилиндры заднего ряда располагались в промежутках между цилиндрами переднего ряда. Мотор мощностью 860 л.с. весил всего 600 кг и имел большие резервы в отношении форсирования.

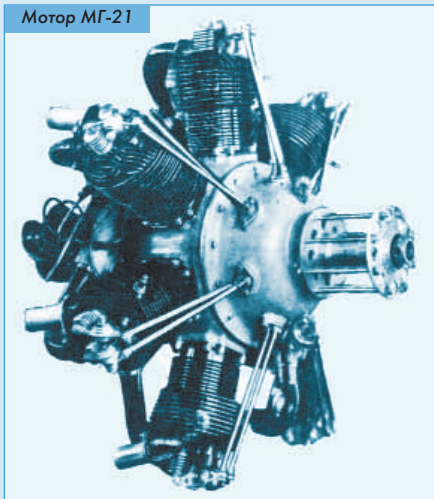
К его конструктивным особенностям можно отнести:

- планетарный редуктор с коническими шестернями;
- ПЦН с открытой крыльчаткой (не лучшая схема для получения хорошего к.п.д.);
- систему компенсации зазоров в клапанах,
- наворотные головки цилиндров (как на М-11) с предохранением от отворачивания с помощью оребренной контргайки,
- привод к ПЦН с упругой подпружиненной шестерней.

В Советском Союзе освоенный в производстве "Мистраль-Мажор" получил наименование М-85. Двигатели этого типа устанавливали на самолеты-бомбардировщики С.В. Ильюшина ДБ-3, опытные пассажирские самолеты А.Н. Туполева (АНТ-35) и некоторые другие.

(Продолжение в следующем номере)

Мотор МГ-21



ИНФОРМАЦИЯ

Корпорация "Иркут" начала поставку ВВС Индии третьей партии многофункциональных двухместных истребителей Су-30МКИ. Таким образом, корпорация "Иркут" совместно с "ОКБ Сухого", РПКБ, НИИП, НПО "Сатурн" и другими предприятиями кооперации завершает выполнение контракта, подписанного с Министерством обороны Индии в ноябре 1996 г. Сертификация Су-30МКИ третьей партии была успешно завершена 16 ноября 2004 г.

Самолет Су-30МКИ, имеющий в своем составе радиолокационную станцию с фазированной антенной решеткой (ФАР) и двигатель с управляемым вектором тяги (УВТ), является на сегодняшний день единственным в мире истребителем такого уровня, выпускаемым серийно.

Контракт с ВВС Индии предусматривал поставку в Индию истребителей Су-30МКИ разработки "ОКБ Сухого" в период с 2002 по 2004 г. Весь контракт был разделен на три этапа. Самолеты первого этапа поставки, в отличие от ранее поставленных Су-30К, имели переднее горизонтальное оперение (ПГО) и УВТ двигателя и предназначались в основном для работы по воздушным целям. Поставка была выполнена с опережением графика контрактных обязательств.

На втором этапе истребитель был доработан для применения ракеты Х-31А и обеспечения возможности одновременной атаки четырех воздушных целей управляемыми ракетами "воздух-воздух". Кроме того, были реализованы дополнительные режимы РЛС, в том числе режим цифровой карты местности и режим, обеспечивающий применение ракеты средней дальности класса "воздух-поверхность" (Х-59М) с телевизионным наведением.



Пресс-конференция, посвященная завершению поставок Су-30МКИ в Индию

Самолет Су-30МКИ третьего этапа полностью реализует все режимы навигации и боевого применения в соответствии с контрактными обязательствами. Истребитель, оснащенный РЛС Н-011 с ФАР, обеспечивает одновременное сопровождение до 15 целей, способен применять всю номенклатуру авиационных средств поражения, обеспечивает одновременную атаку до четырех целей ракетами "воздух-воздух" в переднюю и заднюю полусферу в свободном пространстве и на фоне земной поверхности, позволяет применять корректируемые авиационные бомбы калибра 500 и 1500 кг с целеуказанием от системы телевизионного лазерного прицеливания. Самолет третьего этапа обеспечивает одновременную работу по наземной цели с сохранением обзора воздушного пространства и атаку воздушной цели, а также режим групповых действий.

В соответствии с требованиями контракта Су-30МКИ третьего этапа реализует все режимы навигации и боевого применения, включая пуск АСП в режиме сверхманевренности. Сверхманевренность Су-30МКИ обеспечивается благодаря исключительным аэродинамическим характеристикам самолета и применению двигателя АЛ-31ФП с УВТ разработки НПО "Сатурн". Уникальная аэродина-

мическая компоновка и двигатель с УВТ значительно повышают безопасность полета во всех режимах, предотвращают сваливание самолета в штопор и обеспечивают ему решающее преимущество в ближнем воздушном бою. Первый серийно выпускаемый двигатель с УВТ АЛ-31ФП по своим ресурсным показателям (1000 ч до капитального ремонта, назначенный ресурс 2000 ч и межремонтный ресурс поворотного реактивного сопла 500 ч) соответствует мировым стандартам.

На сегодняшний день ни один из введенных в состав боеготовых сил истребитель мира не обладает сверхманевренностью, которая относится к неотъемлемым качествам истребителей пятого поколения. Технология управляемого вектора тяги в западных странах еще находится на стадии исследований, разработок и экспериментов. Вторым после Су-30МКИ серийным истребителем, оснащенным двигателем с УВТ, стал американский самолет пятого поколения F-22 "Рэптор", который, впрочем, еще не достиг состояния боеготовности в строевых частях.

В рамках дальнейшего развития сотрудничества с ВВС Индии корпорация "Иркут" активно участвует в реализации подписанного в декабре 2000 г. контракта, предусматривающего лицензионное производство истребителей Су-30МКИ в Индии на производственных мощностях индийской корпорации HAL. В настоящее время проводятся испытания двух первых самолетов подразделения корпорации HAL в городе Насик. В соответствии с условиями контракта, который рассчитан до 2017 г., индийская сторона будет осуществлять производство Су-30МКИ, включая двигатели, системы самолета и бортовое радиоэлектронное оборудование.

Соб. инф.

ИНФОРМАЦИЯ

13 ноября 2004 года мэр Москвы Юрий Лужков в очередной раз посетил ФГУП "ММПП "Салют". По сложившейся традиции его сопровождали члены московского правительства. Генеральный директор "Салюта" Юрий Елисеев ознакомил главу города с выпускаемым заводом средствами малой механизации для городского коммунального хозяйства, которые были размещены на специальной площадке перед механическим цехом.

Затем все прошли в механический цех, в котором несмотря на субботу работало большинство станков. Практически все станочное оборудование завода представлено самыми современными моделя-



ми. Совсем недавно был приобретен еще один станок для обработки по технологии "блиск" дисков первых ступеней компрессоров авиационных двигателей АЛ-31Ф и

АИ-222-25. Один из таких дисков был продемонстрирован мэру среди других образцов высокотехнологичной продукции завода.

В сборочном цехе Юрию Лужкову показали основную продукцию завода "Салют" - авиационные двигатели, в том числе АЛ-31Ф, снабженный соплом с регулируемым вектором тяги, и АИ-222-25, предназначенный для учебно-тренировочного самолета Як-130.

После осмотра цехов мэр Москвы и генеральный директор ФГУП "ММПП "Салют" провели совещание, на котором обсуждались вопросы взаимодействия города и завода в современных экономических условиях.

Соб. инф.

ИНФОРМАЦИЯ

О НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СОВЕЩАНИЯХ В ЦИАМ

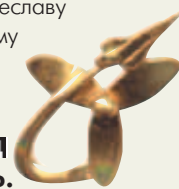
В наступающем 2005 г. в ЦИАМ будет продолжена практика проведения научно-информационных совещаний. На них с целью обеспечения конкурентоспособности отечественных разработок обсуждаются сведения о последних достижениях в авиадвигателестроении и смежных областях, опубли-

кованные в ведущих зарубежных изданиях и Интернете.

Наиболее интересные и актуальные сообщения комментируют ведущие специалисты отрасли. Работа совещаний проводится по понедельникам два раза в месяц, начало их в 8 ч 30 мин, продолжительность - 1 час.

По всем вопросам обращаться к начальнику сектора анализа научно-технической информации Хайлову Вячеславу Михайловичу или техническому секретарю совещаний Цыбенко Дмитрию Александровичу по телефону: (095) 362-9308 или 361-6635.

Соб. инф.



ПАМЯТИ ВАЛЕРИЯ ПАВЛОВИЧА ЛЕСУНОВА



Уважаемые коллеги! С большим прискорбием сообщаем вам о скоропостижной кончине 18 декабря 2004 г. генерального директора ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" Валерия Павловича Лесунова. Эта трагедия вызвала у всех, кто как-либо был связан с уфимскими моторами щемящее чувство невосполнимой утраты, которое еще долго будет отдаваться в наших сердцах.

Всю свою жизнь Валерий Павлович тесно связал с Уфимским Моторным. Здесь он начал свою трудовую деятельность и здесь же он последовательно прошел весь долгий и тернистый путь до руководителя одного из крупнейших машиностроительных предприятий России. Огромная заслуга В.П. Лесунова в том, что, придя к руководству объединением в трудный период его истории, он сумел сплотить коллектив и, мобилизовав все ресурсы, возродить присущий предприятию уровень и вывести его в лидеры российской авиационной промышленности. Валерий Павлович работал самоотверженно и увлеченно, постоянно генерировал новые идеи, оставаясь настоящим лидером коллектива моторостроителей.

Сегодня вместе с родными и близкими В.П. Лесунова скорбит весь коллектив УМПО, все уфимцы, все моторостроители России, все знавшие Валерия Павловича и сотрудничающие с его предприятием.

Благодаря его усилиям только за последние три года УМПО в 2,3 раза увеличило объем производства, дважды становилось лучшим предприятием-экспортером страны. Сам Валерий Павлович несколько лет входил в число ста лучших менеджеров России, а в 2004 году стал лауреатом национальной премии "Человек года - 2004". Несмотря на

громадную загруженность государственной деятельностью и производственными делами, он всегда находил время, чтобы обратить внимание на укрепление социальной сферы объединения.

В последние дни уходящего года мы потеряли гениального руководителя и организатора, талантливого инженера и ученого, доброго и верного товарища. В эти скорбные дни в адрес УМПО со всех сторон света непрерывно идут соболезнования. "Он был настоящим другом, человеком с философским подходом к жизни. Мы будем помнить его вклад до тех пор, пока будет существовать Отделение Корпуса ХАЛа". "...В компании "Дженерал Электрик" хорошо знали этого умного и энергичного человека, талантливого руководителя. Мы надеялись увидеть его среди наших гостей в январе на Ежегодном Совещании у нас, во Флоренции". Таких телеграмм - несколько сотен.

Валерий Павлович ушел в самом расцвете творческих сил, он был полон планов, которые еще только предстояло реализовать. Его имя навсегда останется в памяти моторостроителей и всех, кто его знал и любил.

Совет директоров, администрация, профсоюзный комитет, товарищи по работе

Мы хотели бы присоединиться к соболезнованиям, выражаемым родным и близким Валерия Павловича - большого друга нашего журнала, публикации которого составляли золотой фонд нашей технической журналистики. По этой причине мы заявили его статью "Инвестиции в будущее", опубликованную в №2 научно-технического журнала "Двигатель" за 2004 год, на конкурс "Пресса об инновациях", проводимый в рамках V Московского международного салона инноваций и инвестиций, как лучшую публикацию об истории успеха в сфере инновационной деятельности в 2004 году.

Кончина В.П. Лесунова - печаль и невосполнимая потеря для нас.

Редакция журнала "Двигатель"

ВЕДУЩИЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ВЫСТАВКИ

19-22 апреля 2005



Инструменты. Станки. Оборудование.

UralExpoTOOL

2-я Международная специализированная выставка



Екатеринбург, ВЦ КОСК «Россия»

Поддержка:



Организаторы:



RTE - Москва
Тел.: +7 (095) 101-4407
Факс: +7 (095) 101-4417
E-mail: tool@rte-expo.ru
http://www.rte-expo.ru



RTE-Ural
г. Екатеринбург
Тел.: +7 (343) 217-9069
Факс: +7 (343) 217-9067
E-mail: tool@rte-ural.ru

Информационная поддержка:










www.uralexpotool.ru

ПРОГНОЗ ИТОВОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В 2004 ГОДУ



На состоявшейся в начале декабря XIII Международной автомобильной конференции "Российский автопром в 2004 году. Особенности и перспективы развития" практически всем выступающим пришлось отвечать на многочисленные вопросы. Причем в вопросах сквозила все возрастающая тревога за судьбу российского автопрома. Каждое выступление достойно того, чтобы посвятить ему отдельную статью в нашем журнале, но сегодня мы остановимся на заключительном докладе Александра Ковригина – председателя совета директоров ОАО "АСМ-холдинг". В этом докладе в сконцентрированном виде дан анализ текущего состояния и перспектива развития российского автопрома. Вот его краткое изложение.

За первые шесть месяцев 2004 г. общее производство автомобилей во всем мире возросло более чем на 6 % и достигло 32,6 млн единиц. Темп роста составил по тяжелым коммерческим грузовикам 16,5 %, по легким коммерческим автомобилям 6,6 %, легковым автомобилям 5,4 %. Наивысшие темпы роста зафиксированы в Восточной Европе, Азии, Южной Америке.

Автомобильная экономика имеет оборот 1,6 триллиона евро, а ее налоговые поступления превышают 5 млрд евро. Она занимает шестое место среди крупнейших в мире экономик, и в ней занято 8 млн человек или 5 % всех занятых в обрабатывающих отраслях.

Инвестиции автопроизводителей и их поставщиков в НИОКР ежегодно составляют более 74 млрд евро. Главным образом они направляются на обеспечение безопасности и экологии.

Из выступления Президента OICA - профессора Бернда Готшалка: "Автомобильная промышленность является важным фактором поддержания жизненного уровня и роста благосостояния для многочисленных национальных экономик. ...Каждый, кто способствует развитию мобильности и транспорта, не только поддерживает экономический рост и занятость населения, но и обеспечивает импульс для технического прогресса".

Тенденция подъема производства автотранспортных средств в России в 2004 г. сохранилась, хотя темпы роста их выпуска к концу года значительно снизились. В целом за 10 месяцев изготовлено 1 163 259 автотранспортных средств, или на 9,6 % больше, чем за соответствующий период 2003 г. Прирост производства произошел во всех секторах автомобилестроения: по грузовым, легковым автомобилям и автобусам.

Ожидается, что выпуск грузовых автомобилей в 2004 г. составит 200-205 тыс. машин, или на 4...5 % больше, чем в 2003 г.

В АМО "ЗИЛ" весь прирост обеспечили среднетоннажные автомобили. На ОАО "ГАЗ" так же вырос выпуск среднетоннажных автомобилей (ГАЗ-3308, ГАЗ-3309).

Общий октябрьский спад производства автомобилей в России не затронул ОАО "КАМАЗ". При сохранении достигнутого месячного темпа ОАО "КАМАЗ" может превысить в 2004 г. уровень выпуска в 30 тыс. грузовиков (последний раз этот уровень производства был превышен десять лет назад - в 1993 г.). Динамика производства ОАО "КАМАЗ" за последние 10 лет показывает, что потерять позиции на рынке можно быстро, а восстановление их происходит медленно и с большим трудом.

В ОАО "АЗ "Урал" количество произведенных за 10 месяцев 2004 г. большегрузных автомобилей возросло на 9,9 % по сравнению с соответствующим периодом 2003 г., в том числе выпуск шасси увеличился на 40,9 %.

Из основных российских заводов, производящих грузовые автомобили, снизили выпуск по сравнению с соответствующим периодом 2003 г. ОАО "УАЗ" (-9,3 %) и ОАО "ИжАвто" (-6,0 %). Резко уменьшилось производство грузовиков KIA в ОАО "Автотор" - более чем в 5 раз. Таким образом, тенденция снижения производства малолитражных грузовиков во второй половине года четко прослеживается, в то время как производство среднетоннажных и большегрузных автомобилей получило устойчивый рост.

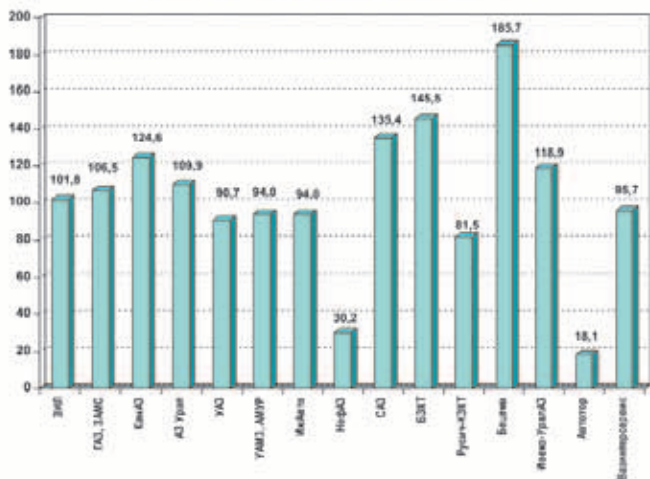
Ожидаемый выпуск автобусов в 2004 г. составляет 77...78 тыс. штук, что на 1,5 % превысит уровень производства в 2003 г. Не снижается популярность автобусов "ГАЗель" и "Соболь" - их производство в ОАО "ГАЗ" выросло за 9 месяцев на 15,8 % (с учетом производства в ООО "ЗАМС"). Компания "Русские автобусы" увеличила выпуск автобусов за рассматриваемый период на 11,6 %, в том числе ОАО "ПАЗ" на 9,0 %, ОАО "ЛиАЗ" на 9,3 %, ООО "КАВЗ" на 38,7 %.

ОАО "НефАЗ" увеличило выпуск автобусов за 10 месяцев 2004 г. на 35,9 %, ОАО "Скания-Питер" в 1,5 раза. Из основных предприятий-производителей автобусов только ОАО "УАЗ" отстает от уровня производства за аналогичный период прошлого года на 19,8 %, а АМО "ЗИЛ" на 41,5 %.

Примечательно, что в июле и сентябре этого года впервые за последние десять лет превышен уровень производства легковых автомобилей в 100 тыс. единиц за один месяц. Это значит, что потенциал российских автомобилестроителей уже превышает 1,2 млн легковых автомобилей в год. Однако в 2004 г. ожидается выпуск 1,1 млн, или на 8,8 % больше, чем в 2003 г.

Основные российские производители отечественных легковых автомобилей повысили показатели выпуска по сравнению с соответствующим периодом прошлого года: ОАО "ВАЗ" на 2,8 %, ОАО "ГАЗ" на 22,7 %, ОАО "КАМАЗ" на 4,5 %, ОАО "ИжАвто" на 15,2 %. Снижение количества произведенных легко-

ПРОИЗВОДСТВО ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ ЗА ЯНВАРЬ - ОКТЯБРЬ 2004 Г. В ПРОЦЕНТАХ К СООТВЕТСТВУЮЩЕМУ ПЕРИОДУ 2003 Г.



вых автомобилей зафиксировано в ОАО "УАЗ" (-1,6 %), ОАО "СеАЗ" (-5,8 %), ООО "Рослада" (-41,2 %).

Особое внимание привлекает развитие событий на предприятиях, организовавших выпуск автомобилей иностранных моделей в России. За 10 месяцев 2004 г. ЗАО "Автотор" увеличило выпуск легковых автомобилей в 1,83 раза, ЗАО "Форд Мотор Компани" - в 1,86 раза. Примерно в 5 раз увеличен выпуск в ОАО "ТатАЗ", в 2,66 раза в ЗАО "ГМ-АвтоВАЗ". В целом за 10 месяцев 2004 г. эти предприятия выпустили 106 211 автомобилей, что в 2,6 раза больше, чем за соответствующий период прошлого года. Это составляет 11,3 % от общего выпуска легковых автомобилей в России за 10 месяцев 2004 г. Напомним, что в 2002 г. их доля составляла лишь 1,1 %, в 2003 г. - 5,3 %. Оценка намерений предприятий и фирм, входящих в эту группу в настоящее время или намеревающихся в ближайшее время организовать новые предприятия по производству автомобилей иностранных моделей в России (Toyota, Volkswagen, Hyundai и другие), позволяет прогнозировать существенное увеличение доли иностранных моделей в общем производстве легковых автомобилей в России и значительное обострение конкурентной ситуации на российском автомобильном рынке для отечественных предприятий. Если учесть только действующие предприятия, то доля иностранных моделей в 2005 г. должна вырасти до 16,6 % от общего производства легковых автомобилей в России.

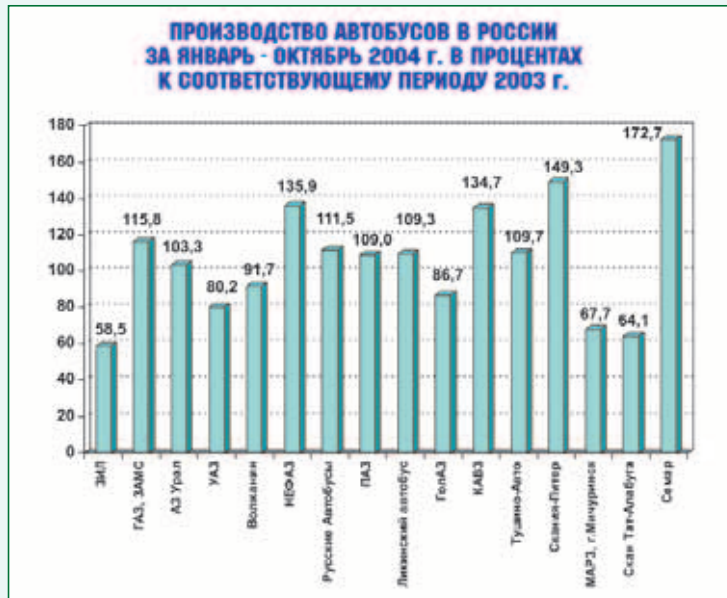
Такой прогноз основан в большой степени на том обстоятельстве, что иностранные производители автомобилей в России получили значительный объем льгот федеральных и региональных органов управления при одном основном условии: обеспечить достижение договорного уровня локализации производства в обусловленные сроки. Однако серьезной проверки выполнения взятых обязательств, очевидно, никто не производит. Так, "Форд Мотор Компани" считает, что у него уровень локализации уже достиг 25 %; однако в перечне российских поставок к настоящему времени числятся лишь боковые стекла, брызговики, отдельные штамповки и другие мелкие детали. А к 2007 г. ему нужно достичь 50 % уровня локализации. Чтобы приблизиться к этому уровню, уже выдвигаются требования зачислить в объем локализации экспорт российских компонентов, освоенных для "Форда", т.е. ради достижения "нужной" цифры предлагается обойти условия инвестиционного соглашения. Очевидно, правомерной является сегодня постановка вопроса о проверке реально достигнутого уровня локализации на тех предприятиях, которые в соответствии с инвестиционными соглашениями действуют в рамках соответствующих правительственных документов. Нарушение этих соглашений ставит производителей отечественных автомобилей в неравные конкурентные условия на российском рынке, т.к. существенно сокращает разницу в ценах импортных, собранных в России, и наших автомобилей.

Создавая преимущества нашим зарубежным коллегам, организовавшим сборку иностранных автомобилей на российской территории, мы, естественно, сужаем рынок для отечественных автомобилей, и нужно обязательно проверять, чистая ли игра здесь имеет место.

Учитывая изложенные обстоятельства, нужно отметить, что проблемы развития российского автопрома все более обостряются.

Нарастающая конкуренция производителей иностранных моделей в России, значительный рост ввоза новых иностранных автомобилей, все еще существенные объемы ввозимых бывших в эксплуатации иномарок - все это требует напряженной работы, нацеленной на повышение конкурентоспособности отечественных автомобилей. В первую очередь нашим заводам нужно достичь показателей качества, определенных Концепцией развития российской автомобильной промышленности.

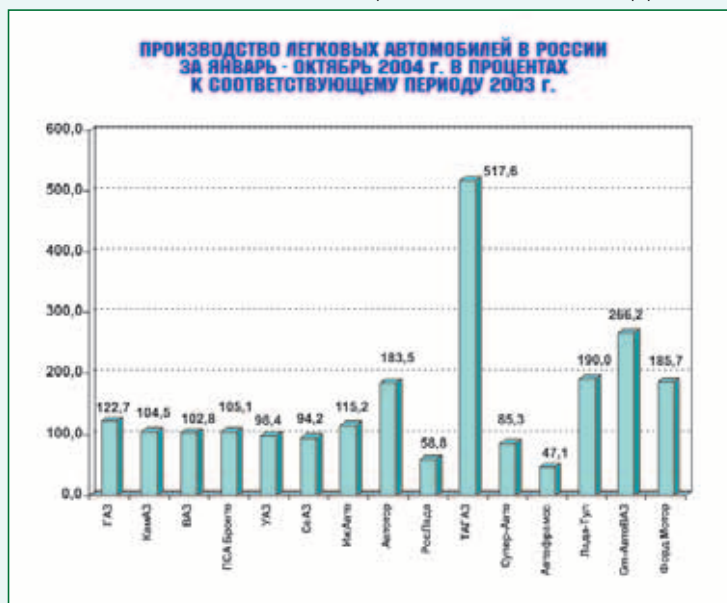
Поэтому одной из основных проблем развития отечественной автомобильной промышленности является привлечение инвестиций для реализации проектов совершенствования автотранспортной техники и роста ее конкурентоспособности. При современном состоянии российской экономики, которое характеризуется жестким дефицитом бюджетных средств и высокой



стоимостью заемных средств, основным источником развития предприятий являются собственные средства. Получить их организация (предприятие) может преимущественно за счет снижения налоговой нагрузки, величина которой определяется действующим законодательством. В ОАО "АСМ-холдинг" разработан проект закона, который направлен именно на снижение этой нагрузки путем снятия НДС при ввозе товаров и оборудования, предназначенных для реализации инвестиционных проектов, а также для организации выпуска автотранспортной техники за счет этих инвестиционных проектов. Кроме того, проект закона предусматривает снижение налоговой базы и ставок при уплате налога на прибыль, отмену таможенных пошлин при ввозе товаров для реализации инвестиционных проектов и снижение ставок по уплате земельного налога.

Проект этого закона размещен на сайте ОАО "АСМ-холдинг" для обеспечения участия в обсуждении широкого круга лиц, заинтересованных проблемами развития российского автопрома. Еще не умерла надежда, что правительство прислушается к мнению специалистов о необходимости государственной поддержки автомобильной промышленности.

Среди наших чиновников, безусловно, найдутся противники такого закона. Возражения основываются на основном тезисе рыночной экономики: никому никаких преференций, в том числе и в отраслевом разрезе. Но давайте обратимся к примерам. В рамках реструктуризации европейского отделения General Motors завод Saab в Швеции подлежал закрытию в связи с низкой эффек-



тивностью работы. Чтобы предотвратить закрытие завода правительство страны в ноябре 2004 г. приняло решение оказать ему помощь, объявив об инвестировании 1,1 млрд евро в развитие юго-западной части страны. Наш же АЗЛК погиб в бесконечных спорах - помогать или не помогать.

Для подтверждения эффективности государственной поддержки обратимся к автомобильным событиям в Украине. Здесь в 1997 г. был принят закон "О стимулировании производства автомобилей в Украине", а в 2004 г. - закон "О развитии автомобильной промышленности Украины", где автомобилестроение определяется как приоритетная отрасль экономики Украины. Насколько эти документы оказались действенными для развития украинского автомобилестроения? Темпы роста производства автомобилей впечатляют. Основной завод - ЗАО "ЗАЗ" в Запорожье продемонстрировал исключительные темпы роста в 2001-2004 гг. и освоил сборку нескольких новых моделей, в т.ч. иностранных. Возникло несколько новых заводов по производству легковых автомобилей и автобусов.

Между тем, государственная поддержка автомобильной промышленности в Украине никак не навредила общему подъему экономики в этой стране. Темпы роста ВВП за последние годы составили: в 2002 г. - 5,2 %, в 2003 г. - 9,4 %, за 9 месяцев 2004 г. - 13,4 %. Темпы роста продукции промышленности в 2002 г. составили 7 %, в 2003 г. - 16 %, за 10 месяцев 2004 г. - 14,4 %, при этом объем экспорта вырос почти на 50 %.

Нашим ведущим экономическим ведомствам есть почва для серьезного анализа и выработки новой промышленной политики. Тем более что темпы экспансии на российский рынок новых легковых автомобилей иностранных марок и в 2004 г. продолжали динамично развиваться. Общее количество автомобилей, проданных официальными дилерами за первые 9 месяцев 2004 г., составило 285 тыс. ед. (это почти вдвое больше объема продаж за тот же период прошлого года и на треть превышает объем продаж за весь 2003 г.). Можно предположить, что объем продаж новых иномарок в России к концу 2004 г. приблизится к 320 тыс. автомобилей.

Анализ распределения продаж новых легковых автомобилей иностранных марок в России по ценовым сегментам показывает, что 76 % продаж приходится на автомобили с ценами в пределах 20 тыс. долларов. В том числе 56 % - на автомобили с ценой не выше 15 тыс. долларов, причем в сегменте 10...15 тыс. долларов находится 45 % продаж.

В настоящее время отчетливо обозначился сдвиг предпочтения россиян в сторону относительно дорогих (по сравнению с отечественными автомобилями) автомобилей иностранных моделей. Одна из причин - продолжающийся рост доходов наших сограждан. Так, по данным Росстата рублевые и валютные вклады частных лиц в российских банках за 8 месяцев текущего года выросли на 17,1 % до 1803 млрд рублей, а общий объем денежных накоплений частных лиц составляет 2467,7 млрд рублей. Это позволяет россиянам в этом году впервые тратить на

покупку новых иномарок больше денег, чем на продукцию "чисто российского" автопрома. Несмотря на то, что физические объемы продаж отечественных машин почти втрое выше иностранных, объем продаж последних в денежном выражении по итогам года прогнозируется в сумме 7,0...7,5 млрд долларов, а отечественных 4,5...5,0 млрд долларов.

Наблюдаемое повышение платежеспособного спроса населения и преимущественная концентрация его (применительно к рынку иномарок) в ценовом сегменте 10...15 тыс. долларов дают основание предполагать, что перспективы сбыта для отечественных автомобилей, в том числе семейства "Лада" "Калина" и других, находящихся в ценовой зоне 7,0...15 тыс. долларов, будут полностью зависеть от их технического уровня, качества и цены.

Рост конкурентоспособности - основное условие сохранения отечественного автопрома. Наши конкуренты уже прогнозируют его постепенное умирание. Приводим один из прогнозов, представленный американской компанией RAND (Вирджиния, США).

Основной вывод этого прогноза: перспективы развития российского автопрома в настоящее время неизбежно связаны с интеграцией в мировой автопром. Самостоятельное развитие российских заводов (за исключением ВАЗа) проблематично.

Правительственная поддержка российского автопрома расценивается как прохладная. Только в сфере таможенно-тарифной политики сделаны определенные подвижки: введены повышенные импортные пошлины на иномарки старше 7 лет, унифицированы таможенные тарифы для автомобилей от 3 до 7 лет для импорта физическими и юридическими лицами.

Однако "Концепция развития автомобильной промышленности до 2010 года" характеризуется как декларативный документ. Необходимые меры для ее реализации, особенно в части повышения технического уровня российского автопроизводства, не предпринимаются.

Правительственное стимулирование иностранных инвестиций недостаточно, особенно это касается небольших проектов, связанных с организацией производства современных комплектующих изделий, крупных компонентов, комплектных модулей.

В итоге RAND прогнозирует значительный рост продаж иномарок, произведенных в России. Во-первых, будут увеличиваться возможности россиян платить за автомобили больше; во-вторых, более благоприятный климат для иностранных инвестиций создают предпосылки для производства иностранных моделей на территории России. При этом продажи новых ввозимых иномарок возрастут в 6 раз, еще более внушительный прирост продаж придется на иномарки российского производства; на долю машин российских моделей придется менее трети общего российского рынка автомобилей в 2010 г. и не более 25 % в 2020 г. В целом же продажи легковых автомобилей к 2020 г. по прогнозу американских аналитиков составят в России 3 млн, из них будет ввезено новых и бывших в употреблении иномарок 1200 тыс. ед. (40 %), а 60 % придется на российские и иностранные модели, произведенные в России. Есть и пессимистический вариант прогноза, предусматривающий иной сценарий роста доходов населения. В этом случае получат преимущество продажи традиционно российских автомобилей и подержанных иномарок, но и этот вариант оставляет для традиционно российских автомобилей всего лишь 37,5 % доли рынка. Таким образом, к 2020 г. российские модели еще не исчезнут, но доля их продаж снизится и составит, как отмечено ранее, 25...37,5 %. Таким видят процесс умирания российского автопрома американские аналитики.

Прогноз ОАО "АСМ-холдинг" на период до 2010 г. более оптимистичен. Считается, что в России будет производиться до 1,2 млн единиц традиционно российских автомобилей и до 400 тыс. единиц иностранных моделей.

В настоящее время предприятия формируют свои планы на 2005 г. Уже сейчас очевидно, что следующий год на российском автомобильном рынке будет проходить в той же острой конкурентной борьбе, как и предыдущие. В этих условиях предприятия вправе надеяться на активную государственную поддержку. ■



ПО СЛЕДАМ ЗАБЫТЫХ ВАРИАНТОВ ДВС

Андрей Миллер, инженер-конструктор ГУП "Экоавтотранс" (Санкт-Петербург)

К 1983 г. я уже три года отработал конструктором в одном из ленинградских НИИ. Меня очень интересовали двигатели внутреннего сгорания. Я понимал, что у любой самой совершенной техники всегда есть свои недостатки, а путь создания новой конструкции весьма сложен. Поэтому я решил разобраться в проблеме и стал собирать информацию. Конечно, тогда я еще не мог знать, что мне в будущем представится возможность работать над двигателями оригинальных схем.

Подобрать необходимые книги было очень непросто. В библиотеке своего института я нашел книги по ДВС, в том числе книги С.С. Баландина и В.М. Кушуля. Их изучение не могло быть быстрым делом. Однажды в моем отделе зазвонил местный телефон и голос человека чуть постарше меня спросил: "А что, все книги по двигателям из нашей библиотеки у Вас?". Пришлось подтвердить этот печальный факт, и мы договорились встретиться. Так состоялось знакомство с Игорем Кирилловым, который работал в другом отделении нашего института. Игорь не был конструктором, но он хорошо разбирался в двигателях, и общаться с ним было интересно. Мы обменивались друг с другом мнениями, и очень скоро нами овладела мысль объединить две конструкции двигателей в одну, т.е. создать бесшатунный двигатель, работающий по "циклу Кушуля".

Объединив новый рабочий процесс и бесшатунный силовой механизм (БСМ), мы рассчитывали получить качественно новый двигатель, в конструкции которого недостатки обеих схем взаимно компенсировались бы, а достоинства - дополнялись. Также нам было понятно, что ни Х-образная, ни крестообразная схемы двигателя не смогут быть привлекательными для установки на автомобиль и судно. Большие недостатки имеют как V-образная, так и оппозитная схемы. Необходимо было решить проблему жесткости БСМ при малом числе цилиндров и "довести до ума" многое другое. Постепенно у нас вырисовывалась возможная схема двигателя и его компоновка. Дело было за "малым" - создать двигатель.

В рамках нашего НИИ сделать это не представлялось возможным: его тематика была совершенно иной. Для пользы дела мы решили "выйти" на В.М. Кушуля, который, как мы знали, в то время заведовал кафедрой в ЛИАПе. Кушуль встретил нас хорошо, после знакомства было несколько обстоятельных разговоров и мы из первых рук узнали историю создания его двигателей. Рассказал он и о людях, которые с ним работали. То, что мы узнали от В.М. Кушуля, как нам представляется, достойно как минимум отдельной статьи, а может быть и книги. Очень быстро мы поняли и другое - работы уже целый ряд лет не проводились, и к 1987 г. у В.М. Кушуля в ЛИАПе уже не было ни испытательных стендов, ни даже приличного кульмана. Двигатели, созданные ранее (более 15 проектов), пылились в подвалах или были розданы по другим организациям, большая их часть была утрачена. Никакого коллектива не существовало.

К счастью, в ЛИАПе работал еще один человек, принимавший непосредственное участие в создании этих двигателей. В кабинете В.М. Кушуля мы познакомились с А.И. Костиным, в свое время разработавшим 8-цилиндровый двигатель ДК-14, 4-цилиндровый дизель для шахт и карьеров и многое другое. Из разговора с ним я узнал и о его последней, уже самостоятельной работе - двухтактном двигателе ВНИИ 3.101, который он создал совместно с ВНИИМотопромом (Серпухов) в 1981 г. Этот двигатель успешно прошел полный цикл испытаний. Зашел разговор о наших идеях в этой области и возможности возобновления работ.

Неожиданно В.М. Кушуль рассказал нам о письме, которое он получил от завода "Дагдизель" с предложением о сотрудничестве. Мне этот завод был хорошо известен (т.к. он входил в наш Минсудпром и там изготавливались кое-какие изделия для отдела,

в котором я работал). В.М. Кушулю, ничего не зная об этом заводе, я сообщил нужные номера телефонов, и пока он связывался, мы начали эскизные прорисовки двигателя. Реакция "Дагдизеля" была к нашему удивлению быстрой. Его сотрудники, часто приезжавшие в Ленинград, заехали и к нам. Так мы познакомились с В.П. Копцевым и Б.В. Артемьевым, начальником и инженером отдела испытаний двигателей.

Завод в то время являлся единственным в стране производителем судовых дизелей размерности 48,5/11. Это были унифицированные 2-, 4-, и 6-цилиндровые рядные двигатели, применявшиеся в качестве главных на шлюпках и катерах. Из разговоров с каспийцами мы узнали о проблемах предприятия: устаревшая конструкция и относительно низкие технические показатели двигателей, выпускаемых заводом, заставляли интенсивно искать замену. Поэтому их интересовали технические решения, предлагаемые ЛИАПом. Наше же внимание привлекло сообщение о макете бесшатунного двигателя, созданного в их отделе ранее. Мы быстро договорились о совместной организации работ по новому двигателю и для их начала решили подготовить эскизные проекты с двух сторон, чтобы потом выбрать наилучший.

Каспийцы уехали, и через пару недель мы получили от них эскизный проект V-образного бесшатунника, цилиндры которого были попарно соединены слишком длинным и неудобным, на наш взгляд, каналом.

Будет уместно сказать о том, что мы вовсе не были фанатично уверены (как это иногда бывает) в преимуществах бесшатунного двигателя, понимали, в какой области техники работаем и за какую проблему беремся. Мы верили только конкретным и реальным фактам. Между собой мы договорились, что если результаты испытаний опытного двигателя окажутся неудачными, то все равно их опубликуем, как это делают солидные фирмы. Однако нас ободряли слухи о подобных двигателях, созданных к тому времени на ЗИЛе, Ирбитском мотозаводе и др. Хотя конкретные результаты и ход работ нам были совсем неизвестны.

Из всех нас только А.И. Костин обладал наибольшим и, самое главное, разносторонним опытом создания и доводки двигателей. До прихода к В.М. Кушулю он работал конструктором на "Русском дизеле" над двигателями мощностью порядка 9000 л.с. В ЛИАПе ему пришлось заниматься двигателями самой различной мощности, вплоть до двухтактных 100-кубовых моторов. Естественно, что ведущим конструктором в нашей группе мог быть только он.

После изучения наших эскизов и проведения необходимых расчетов Анатолий Иванович их в целом одобрил, хотя и заявил, что существуют другие, не менее интересные схемы двигателей. Кроме нашего энтузиазма на А.И. Костина, видимо, повлиял и оптимизм В.П. Копцева, поэтому, хоть и не без некоторого колебания, он согласился заняться этим проектом. Непосредственную разработку нашего эскизного проекта поручили мне. Таким образом, летом 1988 г. я с увлечением взялся за дело.

Работать пришлось вечерами в нерабочее время на кульмане, собранном из старых частей. В помещении ЛИАПа на первом этаже тогда стоял большой турбореактивный авиационный двигатель; мне поставили кульман рядом с ним, и между делом я с интересом изучал его конструкцию. Приходя вечером, я обнаруживал пометки на чертежах, которые В.М. Кушуль и А.И. Костин делали днем, осматривая работу, выполненную накануне. Через две недели продольный и поперечный разрезы были готовы и в виде копий посланы в Каспийск.

Видимо, наш проект произвел хорошее впечатление. Когда В.П. Копцев снова приехал к нам, то первые его слова были: "Давайте построим такой двигатель!". На этом "соревнование двух систем"

закончилось и началось обсуждение плана работ. В частности, были намечены объемы и возможные источники финансирования, а технический проект решили разделить: детали движения должны были проектироваться и изготавливаться на "Дагдизеле", все остальное, в том числе и общая компоновка - в Ленинграде. Сборка, доводка и испытания двигателя предполагались в Каспийске.

Начался этап создания технического задания и его согласования с возможными потребителями и заказчиками этого двигателя. Заказчиком выступило ЦКБ "Редан", где был проведен технический совет. На нем Анатолий Иванович представил проект двигателя. Обсуждение проекта было ожидаемо острым, звучало много осторожных мнений, но, тем не менее, проект был принят. На положительное решение вопроса повлияли квалифицированные ответы А.И. Костина, выступление и само присутствие В.М. Кушуля (многих интересовало, будет ли заниматься созданием двигателя сам автор). Сыграло и заявление представителей одного из центров НТТМ, что если ЦКБ "Редан" не будет финансировать создание двигателя, то молодежный центр решит эту проблему самостоятельно. Это выступление было неожиданным для всех присутствующих, а главный инженер ЦКБ С.П. Абрамов даже поинтересовался, как представители центра НТТМ попали на техсовет. Двигатель получил название "Каспий-65"; по техническому заданию он предназначался "...для использования в качестве главного двигателя на спасательных шлюпках морских судов и малых катерах".

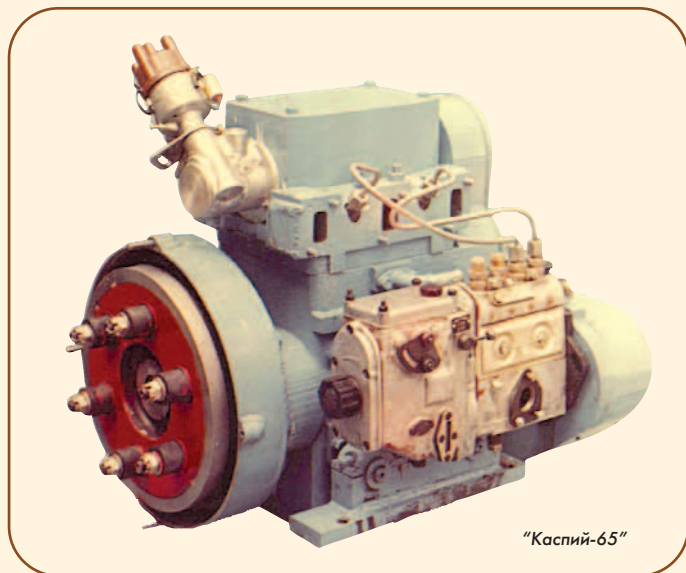
Для работы над техническим проектом был привлечен А.И. Бочаров - квалифицированный инженер-конструктор, работавший в то время на ПО "Звезда". Он взял на себя разработку головки цилиндров. Блок цилиндров поручили разработать мне, я отвечал также за общую компоновку двигателя с нашей стороны. А.И. Костин выполнял функции ведущего конструктора проекта, обеспечивая в том числе и связь с В.П. Копцевым, Наши группы часто обменивались идеями, замечаниями и "концепциями" отдельных узлов и деталей.

В процессе проектирования возникало немало сложных проблем. Мне особенно запомнилась одна. В конструкции "Каспия-65" направляющие ползунов и гильзу цилиндра предполагалось выполнить в виде единой детали. Другое конструктивное решение в данном случае было неприемлемо. Поэтому гильза цилиндра представляла собой трубу с прямоугольными вырезами с двух сторон. Большая часть гильзы, где ходил поршень, соединялась "полосками" с меньшей цилиндрической частью, придававшей всей этой конструкции необходимую жесткость. По "полоскам" ходили ползуны. Сложность была в изготовлении такой гильзы - выполнить вырезы в тонкостенной детали и не деформировать ее было очень сложно.

При запрессовке такой гильзы в блок по прессовой посадке "полоски", в отличие от цилиндрических частей гильзы, выгибались внутрь и размер по направляющим "уходил". Поэтому было необходимо выполнять расточку блока цилиндров под гильзу с переменными допусками по длине и в районе направляющих определять их экспериментально. Гильза после запрессовки в блок должна подвергаться хонингованию. С цилиндрическими частями гильзы не возникало никаких проблем, но что будет с хонами, когда они будут работать в районе таких больших вырезов? А.И. Костин предположил, что здесь нужны особые, длинные хоны.

Конечно, работая на двигателестроительной фирме, мы решили бы эти проблемы, но своей фирмы у нас не было, как и нет до сих пор, и нам пришлось доверить решение проблемы специалистам из Каспийска. Как эти проблемы там были решены и с каким качеством - я не знаю до сих пор. А ведь от этого напрямую зависело качество всего двигателя.

Так как каспийцы сомневались в возможности изготовления алюминиевых отливок блока и головки цилиндров на своем заводе, эти детали решено было заказать на ПО им. В.Я. Климова. Отношения между этим предприятием и В.М. Кушулем были особыми. Как рассказывал Вениамин Моисеевич, в свое время В.Я. Климов, изучив проект его первого двигателя, сказал ему: *"Ваш двигатель мне очень интересен и мы его обязательно сделаем"*. Сло-



"Каспий-65"

во свое он сдержал, и с тех пор наиболее сложные детали почти всех двигателей Кушуля изготавливались там.

ПО им. В.Я. Климова обладало огромными технологическими возможностями и очень квалифицированными кадрами. Однако в то время мы чуть было не заплатили за это. Когда чертежи поступили на предприятие, выяснилось, что нам не хватает денег на технологическую подготовку и проектирование литейной оснастки. В условиях такого предприятия, каким было ПО им. В.Я. Климова, необходимая сумма оказалась сопоставимой с затратами на изготовление самой оснастки и литья деталей. Так как в то время происходил переход на новые экономические условия, то предусмотреть все заранее мы не смогли. Денег не было, и вопрос повис в воздухе. Поиск средств привел Анатолия Ивановича в одну из коммерческих фирм. Там его выслушали и ...помогли. Видимо, чудеса иногда все же бывают.

Когда А.И. Костин приехал на ПО им. В.Я. Климова, один из инженеров-технологов подвел его к кулямону, отодвинул шторку и показал чертежи оснастки наших деталей. *"Только тогда я поверил, что двигатель мы сделаем"*, - сказал мне потом Анатолий Иванович. Было отлито пять комплектов деталей "блок цилиндра плюс головка цилиндра", три из них отправились в Каспийск. Затем вдруг встал вопрос о роликовых подшипниках качения, устанавливаемых на кривошипах. Найти их в Каспийске не удалось. Подключились к поискам и мы. Наконец я сумел "достать" подшипники на складе своего института.

Примерно в это время В.П. Копцев сообщил нам, что он ознакомил заводских технологов с проектом двигателя. Тем проект понравился, и они сочли его вполне приемлемым для производства двигателя на заводе. Преодолевая трудности и решая проблемы, каспийцы продвигались вперед. А.И. Костин и В.П. Копцев постоянно обменивались письмами, в которых Анатолий Иванович отвечал на вопросы, возникавшие у заводчан по ходу дела.

Наконец двигатель был собран и установлен на стенд. После холодной обкатки проводилось измерение мощности механических потерь. По данным завода, они оказались на 9 % меньше "паспортных" механических потерь обычного двигателя аналогичной размерности (МЗМА-407). При этом следует учесть, что ход поршня у "Каспия" был больше, чем у МЗМА-407 (88 мм и 75 мм, соответственно). Диаметр цилиндра обоих двигателей составлял 76 мм, степени сжатия - 11,5 и 7, соответственно. Таким образом, относительные механические потери (при прочих равных условиях) у разработывавшегося нами мотора были еще меньше.

Двигатель завели и начали исследования в диапазоне частот вращения от минимально устойчивой до 3000 мин⁻¹. Была экспериментально подтверждена возможность бездетонационной работы на низкооктановом бензине (А-76) при высокой степени сжатия (11,5) и коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 2$ при карбюраторной системе питания. В обычных карбюраторных двигателях

это невозможно. Проявил свои качества и бесшатунный силовой механизм. Помимо высокого механического к.п.д. он обеспечил полную уравновешенность сил инерции. Вибрация двигателя была едва ощутимой, в чем однажды убедился и директор завода, когда Анатолий Иванович предложил ему положить ладонь на работающий на стенде двигатель.

Начиналась кропотливая, нудная и не всегда благодарная работа, связанная с доводкой нового двигателя. В данном случае было необходимо изучить динамику БСМ, отработать пары трения, подобрать режимы смазки и охлаждения и многое другое. И это только по БСМ. В разговорах с А.И. Костиным руководство завода признавало новизну и перспективность разработки. Со своей стороны мы делали все возможное, чтобы завод продолжал работать над "Каспием", например, передали заводу права на патент, пытались найти финансирование и др.

Однако уже к 1993 г. работы по двигателю были практически свернуты. Сейчас, через много лет, я вполне понимаю руководство завода: работа пришла со стороны; финансирование закончилось; полный успех в случае продолжения работ не гарантирован; "административный ресурс" не задействован и так далее. Только непонятно, какая перспектива существовала тогда и существует сейчас для завода?

Примерно, в 1992 г. нам стало известно, что правительство выделило средства на освоение производства дизельного автопогрузчика на одном из заводов Екатеринбурга. К работе были привлечены многие известные организации, например НИИТРАНСМаш разрабатывал ГМП - гидромеханическую коробку передач и т. д. ЦНИДИ поручили разработку дизельного двигателя, который должен планировали освоить на заводе "Дагдизель". Таким образом, ЦНИДИ приносил на завод не только проект, но и деньги. Объективно это ставило крест на судьбе "Каспия" еще и потому, что все силы завода отвлекались на решение этой задачи.

Экономическое положение в стране быстро ухудшалось, а в северокавказском регионе уже начиналась война. Мы начали понимать, что результатов испытаний можем и не дожидаться. Анатолий Иванович стал добиваться проведения испытаний и доводки двигателя в Петербурге. По договору, заключенному между ЛИАПом и "Дагдизелем", мы должны были получить один двигатель в сборе. Однако аренда стендов у нас стоила очень дорого, а двигатель в Каспийске был только один. Брать двигатель "россыпью" Анатолий Иванович не хотел, а В.П. Копцев уже не мог собрать второй. Думаю, многие читатели понимают, что сборка опытного двигателя отличается от сборки серийного: здесь требуется высокая квалификация, а для оригинального двигателя еще и опыт. Сотрудники, с которыми работал В.П. Копцев, к тому времени вынуждены были заниматься другими делами или "зарабатыванием на жизнь" и людей у него уже не было. Потом, когда мы "созрели" и на "россыпь", было поздно уже и это. К тому же собирать и доводить двигатель нам было по-прежнему негде.

Поразительно, но среди этого развала все-таки происходили события, сыгравшие положительную роль, правда, гораздо позже. Дело в том, что представители завода автопогрузчиков из Екатеринбурга приезжали в Каспийск в связи с созданием двигателя ЦНИДИ - ДП-45. Случилось так, что они увидели "Каспий", стоявший на стенде. Двигатель понравился, особенно поразили его неболь-

шие размеры и масса. Вслушав объяснения В.П. Копцева, они взяли эту работу на заметку. К сожалению, в те годы эти контакты продолжения не получили.

Произошли изменения и в моей судьбе. Коллеги по отделу знали о моей работе, связанной с двигателями; впрочем, я никогда ее и не скрывал. Некоторые люди полагали, что, выполняя такую работу по совместительству, я получаю большие деньги. В нашем НИИ начались сокращения, и однажды начальник нашего отдела вызвал меня в кабинет и "порекомендовал" полностью сосредоточиться на вопросах двигателестроения за пределами института.

Так в конце 1992 г. я впервые стал безработным. В это время В.М. Кушуль и А.И. Костин сумели получить финансирование по программе "Конверсия-2000", и я стал работать в ЛИАПе официально.

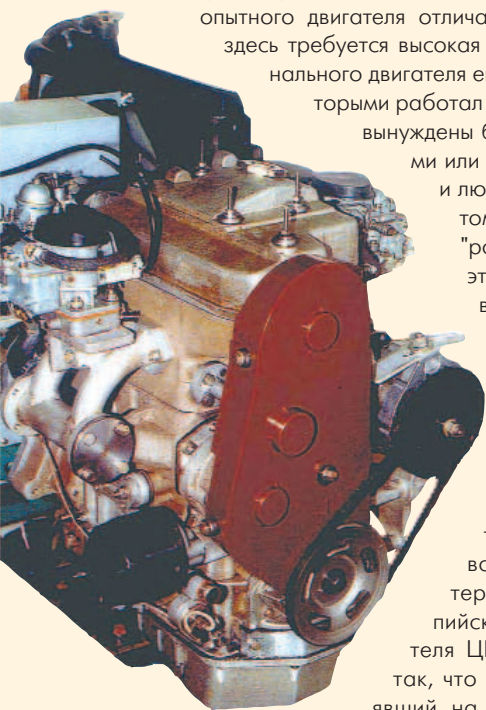
Так как двигатель из Каспийска нам получить не удалось, было решено собрать его в Петербурге. У нас тогда имелось два комплекта деталей блока и головки цилиндров, которые мы не отравили в Каспийск. Оставалось изготовить детали движения и обработать отливки чтобы можно было собрать двигатель. Но В.М. Кушуль захотел спроектировать новую 16-клапанную головку цилиндров и "накрыть" ею блок цилиндров "Каспия". В то время мы верили в государственное финансирование и надеялись на нормальные условия работы. С учетом других изменений, которые мы хотели внести в проект по опыту "Каспия", получался новый проект двигателя, который был назван "БК-93".

Начать проект В.М. Кушуль предложил мне с 16-клапанной головкой цилиндров. Проблема оказалась достаточно сложной. Дело в том, что цилиндры в наших 4-цилиндровых двигателях располагаются по углам квадрата, их оси параллельны. Так как мы используем 2-цилиндровый рабочий процесс, то расстояние между цилиндрами должно быть минимально. С другой стороны, рабочий процесс требует вертикального расположения клапанов в головке цилиндров, как у дизельного двигателя. Все это привело к тому, что торцы клапанов оказались сосредоточены на очень ограниченном пространстве, и надо было еще придумать, как осуществить их привод. В обычных бензиновых двигателях благодаря наклону клапанов места намного больше. Все варианты привода клапанов с коромыслами, рокерами и другими деталями ничего, кроме тоски, не вызывали. Анатолий Иванович, просматривая проработки, как-то с юмором посоветовал мне сделать четыре распределительных вала в головке (это на четыре-то цилиндра!).

Вариант решения пришел в голову при изучении старой книги по авиационным двигателям. Там я увидел вариант схемы, обеспечивавшей привод двух клапанов одним кулачком распределительного вала. Клапаны соединялись "траверсой" (перемычкой), а толкатели были вынесены в отдельные расточки по сторонам от клапанов. Так как практически все современные двигатели имеют непосредственный привод на клапаны, а толкатели, сделанные в виде стаканов, соосны с ними, то осталось только упростить старую схему: оставить "траверсу", убрать толкатели и сделать их на клапанах, как в нынешних двигателях. Привод сразу принял простой и современный вид: два распределительных вала в головке и непосредственный привод клапанов через "траверсу" с выпуклым профилем толкателя. Описание этой головки цилиндров вошло в один из отчетов 1993 г., так как по "Конверсии-2000" мы сдавали их покатально.

В 1997 г. аналогичный привод появился на... новом дизеле фирмы "Опель". Красавец "Экотек" был представлен в разрезе на странице популярного автомобильного журнала. Автор статьи писал, что специалисты "Опеля" благодаря такой конструкции снизили потери на трение в приводе клапанов на 30% и уменьшили ширину головки цилиндров. Удивительно, писал журналист, почему никто раньше не додумался до такой простой схемы? Сейчас патент на нее получил "Опель"...

К концу 1993 г. у нас уже не хватало денег не только на получение патента, но и на изготовление деталей нашего двигателя. В начале года я пришел работать в ЛИАП на ту же зарплату, которая у меня была в НИИ, но к концу года она осталась



ДНБ-4

прежней, а у моих бывших коллег она выросла в 3...4 раза. Дело в том, что финансирование по "Конверсии-2000" не индексировалось, а инфляция была огромной. Мы сумели сделать по БК-93 только проект и изготовили на ПО им. В.Я. Климова распределительные и коленчатые валы. До изготовления головки цилиндров дело так и не дошло.

В то время Анатолий Иванович еще поддерживал контакты с Каспийском. Обсуждая события, происходившие там, он как-то сказал, что возможен и другой, одновальный вариант двигателя "Каспий". Напомню, что "Каспий-65" был создан по двухвальной схеме, и его силовой механизм был относительно сложнее и тяжелее, чем у обычного двигателя (тем удивительнее его некоторые показатели). Поэтому в следующий раз, когда Анатолий Иванович заговорил об этом, то я признался, что не знаю, как это можно сделать. "Зато я знаю как", - сказал он и с юмором посмотрел на меня. "Тут что-то не так", - подумал я и напряг все свои способности. И вдруг все понял.

За год до этого разговора мы занимались эскизным проектом двухцилиндрового двухтактного бесшатунного двигателя. Потом этот проект стал основой технического проекта двигателя 2Д200, который проектировался и строился на ЗИДе - заводе им. Дегтярева (Ковров). Надо сказать, что механизм двигателя такой схемы получается несколько длиннее, чем у обычного двухцилиндрового рядного двигателя. Меня это не устраивало, и я пытался придумать другие варианты механизма.

Однажды мне пришло в голову "поставить" на одну шейку нашего коленчатого вала два штока с поршнями. После этого длина двухцилиндрового двигателя стала как у обычного двигателя. Но конструкция коленчатого вала получалась такой же, как у Баландина, что было неприемлемо. Я все-таки поделился этими соображениями с Анатолием Ивановичем и с удивлением заметил, что это произвело на него некоторое положительное впечатление. Он тогда сразу понял, что эта схема подходит именно для 4-цилиндрового двигателя. До меня это тогда просто не дошло и могло бы не дойти никогда.

Я быстро снял все, что у меня было на кульмане, и стал прикидывать новый двигатель. Анатолий Иванович с интересом следил за процессом, подключаясь по мере необходимости. Схема получилась превосходной, количество трущихся поверхностей стало меньше, чем у обычного 4-цилиндрового двигателя, а масса поступательно движущихся деталей уменьшилась вдвое по сравнению с "Каспием". Однако скоро эскиз пришлось отложить и снова заняться БК-93, который для меня сразу стал "устаревшим" и который нам так и не удалось построить.

В середине 1994 г. я ушел из института, так как жить на зарплату стало совсем невозможно, а работа уже не продвигалась вперед. Средств хватало только на составление отчетов. Мне удалось устроиться в магазин, где я проработал до 1996 г. Однако дома я думал над новой схемой. В.М. Кушуль и А.И. Костин работали преподавателями в ЛИАПе (тогда он уже стал называться ГУАП). Мы периодически общались, но возможности продолжения работы не возникало. Случилась и еще одна беда: тяжело заболел В.П. Копцев. Он до самого конца пытался найти возможности для продолжения работы, но ситуация в то время была безнадежной. Виталий Петрович Копцев ушел из жизни в начале 1995 г.

И все же в 1996 г. работы все-таки возобновились. На Урале, как я уже писал, знали о "Каспии" и о его судьбе. В том году представители деловых кругов этого региона вышли на связь с А.И. Костиным и предложили свою помощь для продолжения работы. Получилось так, что нам, начиная с середины 1996 г. и до 2000 г. удалось создать в металле (начиная с эскизных проектов) четыре проекта двигателей. Мы работали как в последний раз, понимая, что другой возможности реализовать свои планы у нас уже может и не быть.

Основным проектом, которым поручили заниматься мне, стал проект двигателя ДНБ-4, эскиз которого три года ждал своего часа. Он является первым бесшатунным двигателем нашей разработки, который может быть установлен на легковой автомобиль. Правда, по техническому заданию он предназначался для коммунальной городской машины. Разработка проекта происходила в стенах ГУАПа силами почти того же коллектива, который проектировал "Каспий". Когда проект был выполнен встал вопрос о заводе-изготовителе.

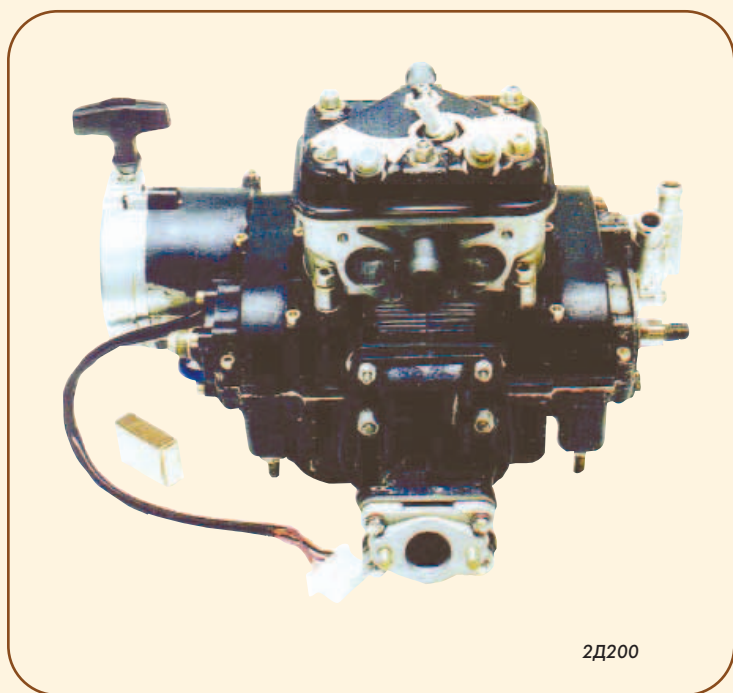
И тогда нам сильно повезло. Этим предприятием стал ТМЗ - Турбомоторный завод в Екатеринбурге. Профессионалы очень не любят, когда изобретатели начинают их "учить делать двигатели", и их можно понять. Знакомясь с Анатолием Ивановичем, директор ТМЗ подарил ему проспект с двигателями, выпускаемыми заводом, и стал ему объяснять, что D - это диаметр цилиндра, а S - это ход поршня... Однако доклад Анатолия Ивановича все выслушали с интересом и ознакомились с проектом.

Изготовление опытных образцов прошло (с технической точки зрения) на удивление гладко, хотя без трудностей и ошибок не обошлось. Часть деталей движения изготовил Ирбитский мотозавод. На Турбомоторном заводе была организована группа квалифицированных специалистов, которая стала заниматься бесшатунником. Настал и тот день, когда в присутствии большого количества специалистов завода (большинство из которых было настроено скептически) двигатель завелся, вышел на номинальные обороты и отработал столько времени, что стало понятно - это серьезно.

Оставалось выявить возможности двигателя. Это потребовало доводки двигателя до расчетных параметров. Возникла необходимость в испытательном оборудовании - стенде. Так как Турбомоторный завод выпускает двигатели гораздо большей мощности, то подходящего стенда у них не оказалось. Для читателей журнала могу пояснить, что стенд - дорогое удовольствие, на мировом рынке он стоит миллионы долларов. Поэтому вплоть до последнего времени доводка нашего двигателя проводилась на холостом ходу, без нагрузки.

Специалисты завода преодолели много трудностей: перегрев масла, большие механические потери, конструктивные недостатки, поломку деталей, отработали геометрию трущихся поверхностей, определились с параметрами смазочной системы и системы охлаждения... Было выполнено измерение часового расхода топлива на холостом ходу. Он оказался на 10 % меньше, чем у обычного двигателя, причем измерения производились в то время, когда механические потери были еще велики и указанная экономия топлива была достигнута только за счет рабочего процесса.

Приведу отрывок из последнего по времени технического отчета: "... двигатель ДНБ-4 за период с 15.01. по 2.03.01 г. прошел



2Д200

"холодную" обкатку в течение 9 часов при 800...1550 об/мин, а затем и "горячую" обкатку при работе на холостом ходу в диапазоне частот вращения 1000...2600 об/мин с кратковременным выходом на 3000 об/мин. Продолжительность "горячей" обкатки 9 часов 20 мин. Двигатель работал с одним (правым) карбюратором (т. е. с $\alpha = 2$, прим. авт.) на бензине А-76.... Во всем диапазоне оборотов двигатель работал устойчиво. Запуск двигателя производился стартером..." Следует отметить, что частота 3000 мин⁻¹ соответствовала максимальным оборотам ДНБ-4, которые ему были заданы по техническому заданию и на которые он был спроектирован.

На сегодняшний день данный проект - единственный из всех наших проектов, по которому проводятся исследования и доводка. И пока все идет неплохо, хотя и очень медленно. Отсутствие стенда ставит под вопрос завершение работы. У завода много проблем. Однако надежда остается.

Следующим проектом, который был реализован в то время, стал двигатель 2Д200 - двухцилиндровый двухтактный рядный бесшатунный двигатель с непосредственным впрыском топлива. Этот удивительный по конструкции и техническим решениям двигатель был задуман давно, и об этом я писал ранее. Обычный двухтактный двигатель продувается топливоздушной смесью, поэтому каким бы ни был совершенным процесс сгорания, топливо вместе с воздухом попадает в выхлопную систему. Для преодоления этого недостатка необходимо впрыскивать топливо в цилиндр после закрытия продувочных окон поршнем. Для этого необходим топливный насос, способный работать на высокой частоте вращения (6000 мин⁻¹ - так как у двухтактного двигателя каждый оборот рабочий) и малых подачах топлива.

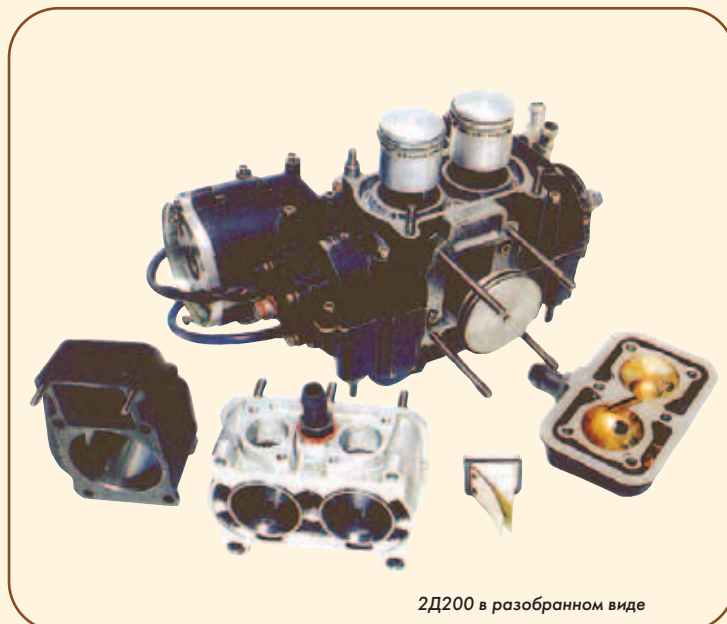
Насос был разработан Л.Н. Поповым, а его прототип применялся еще на двигателях Кушуля. Л.Н. Попов долгое время работал в ЦНИТА, где занимался и беспрецизионным впрыском. Для того чтобы изготовить такое "тонкое" изделие как топливный насос, А.И. Костин опять обратился на ПО им. В.Я. Климova, где и была выполнена эта работа.

Сам двигатель проектировался в КБ завода им. Дегтярева, ведущим конструктором проекта был С.С. Аверьянов. Там же были изготовлены три опытных образца. На стенде этого завода они прошли 8-часовую холодную обкатку. Мощность механических потерь была нормальной и такой же, как у двигателей аналогичной размерности, выпускаемых заводом.

Рабочий процесс двигателя позволяет осуществлять послойное смесеобразование и сгорание, что было реализовано и исследовано во время испытаний двигателя ВНИИ 3.101. Из особенностей конструкции еще хотелось бы отметить наличие продувочного поршня, который сжимает воздух для продувки в отдельном цилиндре; поэтому пары масла из картера не попадают в камеру сгорания. Смазка трущихся поверхностей осуществляется насосом под давлением, охлаждение двигателя - жидкостное. По уровню технических решений данный двигатель превосходит 4-тактные двигатели, при этом он меньше их по размерам и массе, обладая большей удельной мощностью. В настоящий момент доводка этого двигателя остановлена из-за отсутствия финансирования.

Двигатель АИК-97 - двухцилиндровый двухтактный рядный с обычным кривошипно-шатунным механизмом - создавался в основном для демонстрации возможности нового рабочего процесса в случае его применения в обычном дешевом двигателе с кривошипно-камерной продувкой. Может применяться на мотоциклах класса 250 см³. Из особенностей конструкции следует упомянуть жидкостное охлаждение, наличие двух карбюраторов с пластинчатыми клапанами на впуске и уравнивающий вал.

Во время работы над этими двумя двигателями наглядно проявилась интересная особенность БСМ. Однажды на столе оказались рядом кривошипно-шатунный и бесшатунный двигатели примерно одинаковой размерности (АИК-97 и 2Д200) со снятыми головками цилиндров. Поршень бесшатунного двигателя, в отличие от кривошипно-шатунного, проходит мертвые точки, как и всю



2Д200 в разобранном виде

траекторию, строго по синусоидальному закону и в районе точек "висит" гораздо дольше. Оказалось, что это видно на глаз даже на таких малоразмерных двигателях. Ценное качество для поршневого ДВС при прочих равных условиях. Вызывает удивление и коленчатый вал 2Д200. Он спокойно помещается на ладони и напоминает больше произведение искусства, а не деталь двухтактного двигателя.

Последней работой, о которой хотелось бы рассказать, стал 4-тактный двухцилиндровый рядный двигатель ВАЗ-1110 автомобиля "Ока", который был переделан под новый рабочий процесс. Для этого были изготовлены новая головка цилиндров с вертикально расположенными клапанами и каналом между камерами сгорания обоих цилиндров, новый впускной патрубок и крышка головки цилиндров. Основная идея этого проекта заключалась в обеспечении высокого уровня унификации опытного двигателя с серийно выпускаемым. Весь механизм двигателя остался без изменений, как и все его системы. Изменения в распределительном вале состоят в "установке" кулачков второго цилиндра в фазу первого.

На первом этапе испытаний была сделана попытка использовать штатный карбюратор, каждая из двух камер которого работала на свой цилиндр. Но выявились проблемы с обеспечением рабочего процесса. Пока не удалось получить мощности более 9 кВт. Проблемы на сегодняшний день те же: негде и не на что испытывать и доводить двигатель.

Как могут видеть читатели, мы занимаемся не только двигателями с бесшатунным, но и с кривошипно-шатунным механизмом и считаем это вполне нормальным. Основная причина этому состоит в понимании одного непреложного факта: современный двигатель внутреннего сгорания - самый доведенный и изученный механизм в истории техники. Поэтому двигатель с кривошипно-шатунным механизмом будет долго сохранять свою конкурентоспособность, даже если будет предложена лучшая альтернатива.

Однако те результаты, которые мы уже получили при создании БСМ, вызывают интерес. Технические и компоновочные решения, примененные в наших бесшатунных двигателях, делают их удобными для автомобилестроения и судостроения и решают основные проблемы этих двигателей. Примерно то же можно сказать в отношении рабочих процессов: обычного и того, который применяется в наших двигателях.

Техника не является основной темой этой статьи. Поэтому здесь нет подробного разбора преимуществ и недостатков той или другой схемы механизма или рабочего процесса. Данная статья посвящена в основном истории рождения новых идей, созданию необычных двигателей и людям, которые своим трудом и талантом воплощали все это в жизнь.

STARROTOR - ЕЩЕ ОДНА ПОПЫТКА

Дмитрий Чернышов, аспирант МГТУ (МАМИ)

Группа разработчиков из Texas A&M University в начале XXI века разработала на основе цикла Брайтона новую конструкцию роторного (героторного) двигателя и экспериментально подтвердила возможность достижения высоких энергетических показателей.

Двигатель первоначально разрабатывался в рамках коммерческой программы создания силовых агрегатов для энергетических установок, наземного транспорта, судов и т.д. Но силовыми агрегатами на основе этого двигателя заинтересовались американские военные. И их интерес к этому двигателю вполне объясним.

Почему продолжается поиск?

Как известно, к любому двигателю предъявляются определенные требования, часть из которых являются общими, прочие обусловлены спецификой применения конкретных энергетических машин. Так, для поршневого двигателя часто определяющей является такая характеристика, как уровень его шума (известно, что еще во время войны, до широкого применения радиолокаторов, самолеты пеленговали с помощью специальных звукоулавливающих устройств). Вот почему военные, осуществляя поиск новых двигателей, сравнивая их по общим параметрам, добавляют свои специфические требования. Среди этих требований подчас встречаются просто противоречащие друг другу:

- высокий к.п.д.;
- высокие удельные параметры (например, мощность на единицу массы и объема);
- низкий уровень выделения тепла (тепловая скрытность);
- большая наработка на отказ (надежность);
- многотопливность (включая стандартные для армии топлива);
- низкий уровень шума и вибрации;
- экологическая чистота;
- низкая стоимость и др.

Удовлетворить всем указанным требованиям, используя существующие двигатели, практически невозможно - чем-то приходится поступаться. Простейший анализ показывает, что, например, дизельные двигатели не удовлетворяют требованиям по шуму и вибрации. Есть у них проблемы с выбросом несгоревших углеводородов (высокая дымность). Пока не удастся создать маломощные газотурбинные двигатели с к.п.д. более высоким, чем у поршневых моторов равной мощности. Кроме того, роторы ГТД вращаются с огромными скоростями, что приводит к применению редуктора. Еще один большой недостаток газотурбинников заключается в необходимости тщательной фильтрации воздуха, т.к. в противном случае неизбежна эрозия лопаток компрессора, а при попадании даже небольших посторонних частиц - разрушение лопаток и двигателя в целом. У таких двигателей высок расход топлива, да и стоимость самого двигателя и его эксплуатации не маленькая.

Рассматривали военные и экзотические двигатели, например - внешнего сгорания, работающие по циклу Стирлинга. Да, они могут

работать на самом разнообразном топливе, но их мощность сравнительно низкая. А вот для любых двигателей, работающих на водородном топливе, требуется решить проблему хранения и транспортировки водорода (из-за его взрывоопасности).

Итак, все существующие двигатели имеют как достоинства, так и недостатки. Можно утверждать, что появление новой схемы в двигателестроении не обеспечит выполнения в полной мере всех указанных и не указанных требований, предъявляемых к современным двигателям, но поиск такого двигателя - это движение, без которого прогресс невозможен.

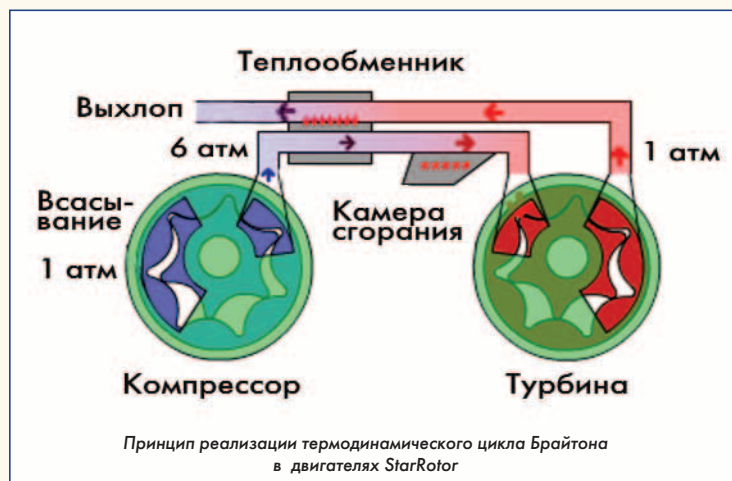
Разработчики из Texas A&M University взяли за основу своего проекта реализацию цикла Брайтона в объемной машине. Свой двигатель, на конструкцию которого получены патенты, они назвали StarRotor.

Цикл Брайтона и двигатель StarRotor

Рабочий процесс ГТД может осуществляться с непрерывным сгоранием топлива при постоянном давлении или с прерывистым сгоранием топлива при постоянном объеме. В современных ГТД к.п.д. компрессоров и турбин составляет 0,88...0,9 и 0,9...0,92 соответственно. Температура газа перед турбиной в транспортных и стационарных ГТД составляет 1100...1200 К, а в авиационных достигает 1600 К. Достижение такой температуры стало возможным благодаря изготовлению деталей ГТД из жаропрочных материалов и охлаждению его элементов. В обычных ГТД выбрасываемая струя воздуха и сгоревших газов имеет весьма высокую энергетику: большую скорость и температуру. Утилизация тепла отходящих газов может существенно повысить общий к.п.д. тепловой машины. На этом принципе и базируется цикл Брайтона. Теплообмен между отходящими газами и сжатым воздухом, поступающим в камеру сгорания, происходит в регенеративных теплообменниках, а рабочий процесс ГТД, в котором утилизируется тепло выходящих из турбины газов, называется регенеративным. При этом полезная работа возрастает благодаря увеличению работы, развиваемой турбиной, и уменьшению работы, потребляемой компрессором. Энергия сжатого и нагретого газа преобразуется турбиной в механическую работу вала.

Чтобы повысить эффективность цикла на вход компрессора может подаваться распыленная вода. Вода уникальна именно своими теплофизическими свойствами, в частности, - огромной теплотой парообразования. На испарение воды в течение процесса сжатия затрачивается большое количество энергии, что способствует частичному охлаждению сжимаемого газа. Это в значительной мере удешевляет сам двигатель, позволяя снизить температурный порог применяемых материалов. В случае впрыска воды в воздухозаборник газозавоздушный тракт принимает на себя функции котла паровой машины. Реализация потенциальной энергии указанного процесса осуществляется в турбине, играющей в данном случае еще и роль котла паровой машины. Учитывая все выше сказанное, при выполнении комплексной оценки ДВС или ГТД с впрыском воды следует принимать во внимание оба физических процесса - только в этом случае есть возможность точно просчитать энергетику двигателя.

Этот же классический принцип реализации термодинамического цикла Брайтона используется в объемных агрегатах двигателя StarRotor, конструкция компрессора и расширительной ступени которого выполнена по героторной схеме. Компрессорная ступень



повышает давление всасываемого воздуха с 0,1 до 0,6 МПа. Воздух, проходя через теплообменник, предварительно нагревается, а затем поступает в камеру сгорания, в которую подается топливо. Горячие газы срабатываются в расширительной ступени до давления окружающей среды, после чего отдают остаточное тепло теплообменнику и покидают силовую установку.

Цикл Брайтона, выбранный разработчиками для двигателя StarRotor, позволяет реализовать большинство из поставленных перед ними требований, в том числе повысить к.п.д. до 44...64 %.

Необходимо особо отметить значительно меньший уровень шума и вибрации двигателя StarRotor по сравнению с двигателями, работающими по циклам Отто и Дизеля. Связано это не только с лучшей уравновешенностью схемы самого двигателя, отсутствием масс, движущихся возвратно-поступательно, но и с еще одной важной конструктивной особенностью: давление выхлопных газов у тако двигателя понижено до давления окружающей среды.

"Компрессорная" и "турбинная" секции двигателя представляют собой объемные машины одинакового диаметра, что в значительной мере позволяет уменьшить негативное влияние таких факторов, как влажность окружающей среды, пониженное атмосферное давление и плотность воздуха (при эксплуатации на большой высоте) и т.д.

Двигатель StarRotor

В запатентованном двигателе StarRotor, работающем по циклу Брайтона, используется принцип героторной объемной машины для ступени компрессора и расширителя.

Героторный компрессор имеет внутренний ротор с n зубьями и внешний ротор с $n+1$ зубьями. Расположение роторов жестко определено эксцентриситетом между ними. Как правило, n выбирается в диапазоне от 5 до 10, но возможны и другие варианты.

Взаимное и однонаправленное вращение роторов обеспечивает движение рабочих камер от окна всасывания до окна нагнетания. Объем камер уменьшается, а давление растет.

Степень сжатия определяется, как в любой другой объемной компрессорной машине, отношением максимального (после закрытия впускного окна) и минимального (момент начала открытия выпускного окна) объемов рабочей камеры.

Расширительная ступень работает аналогично компрессорной, только в обратной последовательности. Газ при высокой температуре и давлении поступает в расширительную ступень из камеры сгорания через впускное окно входного канала. Расширяющийся газ начинает совершать полезную работу, заставляя вращаться внутренний ротор жестко связанный с валом.

Секционность - преимущество героторной схемы - используется как в расширительной ступени, так и компрессорной. Данная особенность позволяет понижать давление выхлопных газов до 0,1 МПа.

В данном двигателе цикла Брайтона, применение смазки и контакт зубьев рабочих роторов в расширительной ступени недопустимы из-за высокой температуры и давления отработавших газов.



Детали компрессора двигателя StarRotor мощностью 500 Вт

Предотвращать износ и трение между зубьями внутренних и внешних роторов расширительной ступени в данной конструкции призван специальный механизм синхронизации. Внешний механизм синхронизации гарантирует надлежащее кинематическое движение роторов. Минимизировать газовую утечку через технологические зазоры предполагается путем использования газового лабиринтного уплотнения.

Ожидается, что надежность и долговечность двигателя благодаря малому количеству деталей будут на достаточно высоком уровне.

Запуск двигателя возможен от обычного электростартера или сжатым воздухом.

Свойства двигателя StarRotor

В таблице представлены характеристики двигателей StarRotor. Например, двигатель мощностью 50 Вт предполагается использовать для выработки электроэнергии для портативной электроники, а мощностью 50 МВт в качестве главных энергетических установок кораблей. Двигатели малой мощности используют одностадийное сжатие, при котором воздух сжимается от 1 до 6 атм. Двигатели средней мощности используют двухстадийное сжатие, при котором воздух сжимается до 36 атм. Мощные двигатели используют многостадийное сжатие до 216 атм.

Улучшение мощностных и геометрических характеристик достигнуто благодаря использованию роторов наименьшего диаметра для достижения больших скоростей вращения. Двигатели имеют высокую величину коэффициента формы (A), который определен как отношение длины двигателя к диаметру. Двигатель мощностью 50 кВт с двухступенчатым сжатием имеет диаметр 9,6 см и длину 91 см ($A = 9$). □

Характеристики двигателей StarRotor

Мощность, кВт	К.п.д., %	Диаметр, см	Длина, см	A	Частота, мин ⁻¹	Масса, кг	Уд. мощность, кВт/кг
<i>С одноступенчатым сжатием</i>							
0,05	17	1,25	50	4	1 000 000	0,022	2,3
0,5	28	2,4	98	4	84 000	0,153	3,3
5	40	6,3	257	4	32 800	2,77	1,8
50	44	10,6	137	13	20 000	41,6	1,2
500	47	31,8	413	13	6800	1136	0,4
5000	52	74	1560	21	2950	23 530	0,2
50 000	57	168	6240	37	1340	478 800	0,1
<i>С двухступенчатым сжатием</i>							
50	44	9,6	91	9	21 800	22	2,3
500	47	20	425	21	10 750	452	1,1
5000	52	45	1820	40	4750	10 288	0,5
50 000	57	120	4250	29	1550	239 404	0,2

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ - НЕ ХАОС, А ТОНКООРГАНИЗОВАННАЯ СТРУКТУРА

Юрий Кочетков, начальник отделения ФГУП "Центр Келдыша", д.т.н.

На протяжении почти двух столетий ученым приходится искать ответы на вопросы, связанные с турбулентностью. Первыми столкнулись с ней инженеры, когда потребовалось создавать различные аппараты, которые либо сами должны были быстро перемещаться в окружающей среде (например, автомобиль в воздухе или подводная лодка в воде), либо какое-то вещество двигалось внутри механизма (пар в турбине). Инженерными методами решить все вопросы не всегда удавалось, особенно когда скорости движения возросли многократно. Сегодня разработка перспективных конструкций ракет, самолетов и их двигателей (ЖРД, РДТТ, ГТД), а также различных энергетических установок (плазмотронов, МГД-генераторов и пр.) без учета нюансов турбулентности уже невозможна. Пришло время детального исследования турбулентности.

Понятие турбулентности связано с нарушением полойности течения и возможным пересечением линий тока под воздействием положительных градиентов и сил вязкого трения, обусловленных интенсификацией течения и резким изменением формы канала (формой поля для плазмы). Многообразие причин, как физических, так и геометрических, формирует различные виды турбулентности. Элементарное, на первый взгляд, течение газа вдоль плоской стенки происходит минимум в трех режимах: ламинарное течение, течение в виде волн Толмина - Шлихтинга, течение с образованием пятен Эмондса и т.д. Аналогичными примерами могут служить режимы обтекания поперечного цилиндра (даламберовский режим, режим парного вихря, дорожка Кармана и др.) и режимы течения в соплах (см. журнал "Двигатель", № 6 (24) - 2002 г.). Все эти примеры и многие другие, которые представлены в замечательном альбоме Ван Дайка, показывают, что турбулентное течение строго структурировано и в соответствии с гипотезой академика Ландау представляет собой цепочку устойчивых течений, последовательно изменяющихся при достижении критических значений. В зависимости от формы канала или обтекаемого тела эта цепочка всегда разная и может формироваться по различным сценариям. В практике экспериментальных исследований немного методов, позволяющих достоверно определить полную структуру турбулентного течения. Эти методы обладают существенными ограничениями по возможностям фиксации мелкомасштабной тонкой структуры турбулентного течения и быстроменяющихся (часто периодических) процессов. В связи с этим появляются приборы типа термоанемометра, которые фиксируют статистические параметры течения. В теории появляется понятие локальной пульсации потока, а строгий аппарат математической физики заменяется статистическим, при этом для замыкания системы уравнений также требуются статистические модели турбулентности, основанные, как правило, на гипотезах.

К сожалению, в настоящее время для точного описания турбулентных течений недостаточно экспериментальных данных. Наблюдается "кризис эмпиризма" в науке о турбулентности. Лишь ограниченное число систем дифференциальных уравнений, таких как уравнения Навье - Стокса для ламинарных течений, уравнение Кортевега - де Вриза для уединенных волн и некоторые другие являются замкнутыми и подкреплены экспериментом.

Практическая газодинамика ракетных и авиационных двигателей (ЖРД, РДТТ, ВРД, ПВРД) и газодинамика энергоустановок (плазмотронов, МГД-генераторов и пр.) в настоящее время основаны на применении высокоточных инженерных методов расчета интегральных параметров турбулентности, что позволяет решать многие важные задачи промышленности. Однако очень часто в процессе отработки перспективных конструкций приходится возвращаться к нюансам турбулентности. Требуется постановка уникальных экспериментов, связанных с исследованием структуры течения, и параллельное решение сложных нелинейных систем уравнений математической физики. И в том и в другом случае исследователей ждет успех. Возможность визуального наблюдения турбулентности может дополняться удачными теоретическими находками, такими как открытие солитонов, которые, как ни парадоксально, талантливый английский инженер-кораблестроитель Дж. Скотт Рассел наблюдал еще в 1845 году.

Одним из методов, обеспечивающих наблюдение следов сложного турбулентного течения вблизи стенок различных конструкций, является метод уноса массы или метод горячей визуализации. Этот метод появился в результате проведения исследований высокоэнтальпийных потоков, таких как течение в проточных трактах РДТТ, движение спускаемых аппаратов в атмосфере, а также процессов, протекающих в конструкциях ядерных энергодвигательных установок и пр.

Суть метода заключается в организации условий, при которых высокоэнтальпийный поток оставляет след на исследуемой уносимой поверхности. При этом широко используются полимерные материалы, такие как фторопласт-4, полиметилметакрилат, винипласт, а также стеклопластики и графиты. Важным аспектом при исследовании является кратковременность процесса, как следствие этого обеспечивается "мгновенная фиксация" трехмерной структуры и исключаются как наложение одной газодинамической картины на другую, так и влияние образовавшихся следов в материале на последующую структуру течения.

Метод уноса массы может быть распространен на различные конструкции и использован во многих инженерных дисциплинах при исследовании вопросов турбулентности. На приведенных фотографиях иллюстрируются некоторые аспекты турбулентных течений, зафиксированные в виде следов от горячего потока на уносимых материалах.



Рис. 1

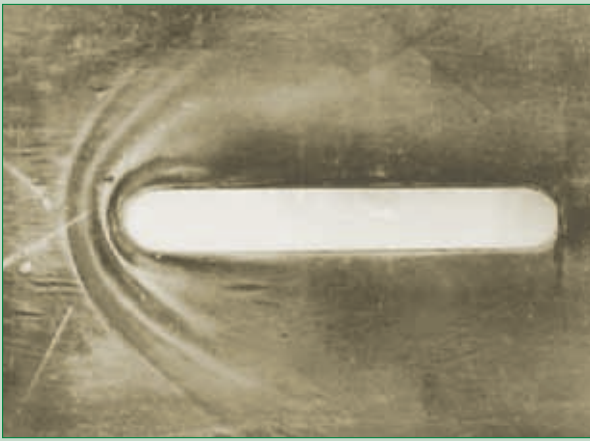


Рис. 2, а

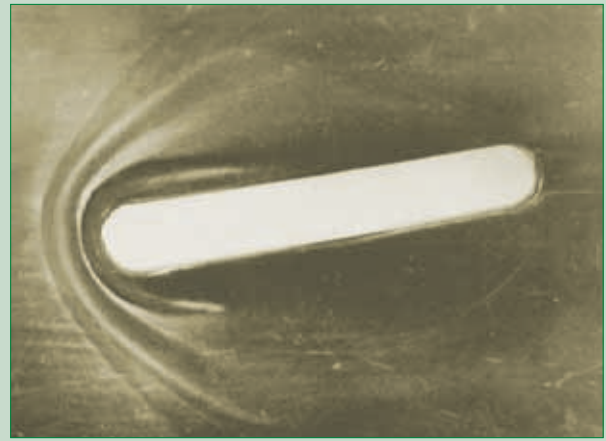


Рис. 2, б

Так, например, при разработке перспективного ЖРД встал вопрос об устойчивости горения продуктов сгорания в камере. Исследовался процесс смесеобразования, тесно связанный с этой проблемой. Для визуализации указанного процесса в модели натурального двигателя в качестве боковой стенки камеры был установлен цилиндрический стакан из полиметилметакрилата. После кратковременного пуска на стенке цилиндра отпечатались следы турбулентного перемешивания струй от форсуночной головки. В результате экспериментов удалось определить форму и интенсивность турбу-

энергоустановках. В частности, для стабилизации течения плазмы в плазматронах используют вращение рабочего тела, подаваемого в камеру. При этом в дозвуковой и сверхзвуковой частях сопла формируется турбулентное течение с предварительной закруткой. На рис. 3, а и 3, б представлены результаты кратковременных испытаний на плазматроне. По следам на стенках видны спиралеобразные линии тока в дозвуковой части. В области сверхзвуковой части сопла можно видеть угловой сдвиг осей продольных борозд (следов парных вихрей Тейлора - Гертлера), образующихся в направлении

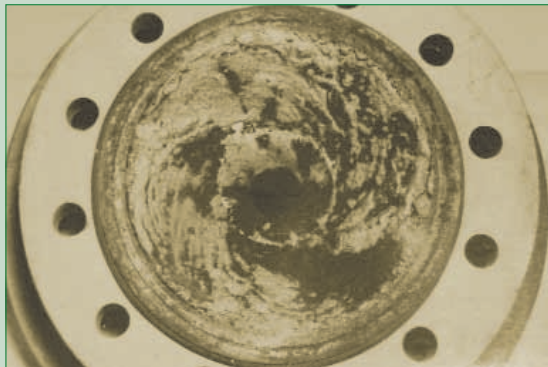


Рис. 3, а

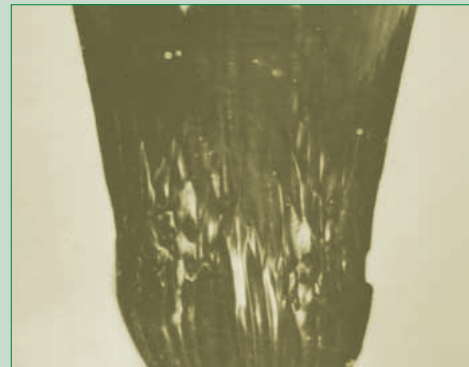


Рис. 3, б

лентных струй окислителя и горючего (рис. 1). По затуханию интенсивности борозд определялась зона перемешивания и полнота сгорания топлива.

Известно, что обтекание лопаток турбин часто сопровождается их эрозией и разрушением, что является следствием конвективного воздействия турбулентного высокоэнтропийного потока в этой области. В местах крепления лопаток возникают наиболее термонапряженные области, а для расчета термонапряженного деформированного состояния требуется точное задание граничных условий. Методом уноса массы удалось получить картину турбулентного течения в районе ступицы лопатки. При этом в эксперименте получено обтекание лопатки при нулевом и положительном угле атаки. Обтекание осуществлялось со сверхзвуковой скоростью. Перед лобовой частью была зафиксирована волновая ударная структура (рис. 2, а и 2, б).

Вращающиеся высокоскоростные потоки наблюдаются во многих

вращающегося движения. Аналогичные картины наблюдались и в соплах РДТТ с закруткой потока.

В прямоугольных соплах МГД-генераторов также реализуется трехмерная картина турбулентного течения. В результате проведения цикла кратковременных пусков на соплах-аналогах из фторопласта-4 были зафиксированы следы течений, которые представляют собой систему сложных ромбовидных узоров, сформировавшихся в результате пересечения системы косых скачков уплотнения, последовательно отражающихся от противоположных стенок (рис. 4).

Приведенные иллюстрации, полученные методом уноса массы, показывают, что турбулентные течения имеют четкую структуру, зависят от многих факторов и обладают необходимой информативностью для исследования газодинамических процессов в двигателях. Поэтому актуальным становится дальнейшее развитие методов исследования параметров структуры турбулентных течений. 

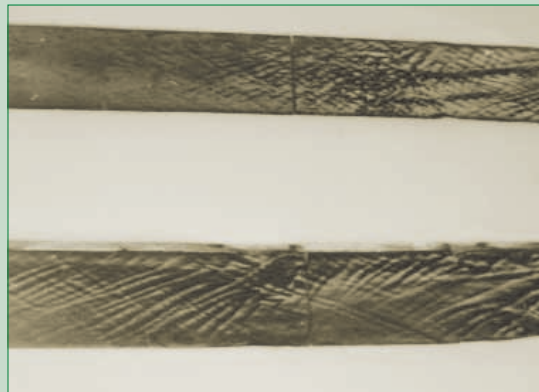


Рис. 4

Зачем электроискровым станкам линейные двигатели?

ВОПРОС:



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

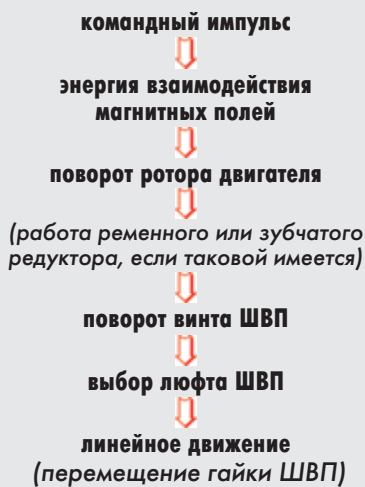


Для непрерывно меняющегося ЭИ процесса оптимальный зазор много важнее, чем для свечи зажигания.



← 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 подачи. 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 собственно скорость, а точность и быстродействие приводов. А если точнее, 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:

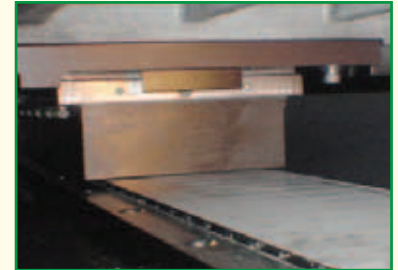
Электроискровая обработка - процесс бесконтактный, искровые разряды идут в межэлектродном зазоре. Характеристики разрядов и всего процесса в очень большой степени зависят от величины этого зазора. Чуть больше зазор - разряды слабые, еще больше - вообще пропадают. Зазор меньше - нестабильность, дуга, 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 **главнейшая 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 шариковыми 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?

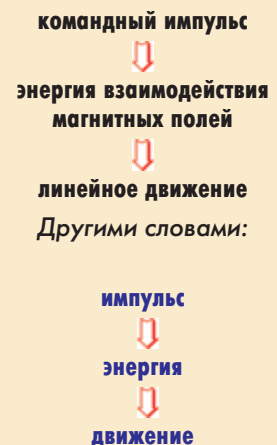
ЭИ процесс во многих случаях - это последовательности микроперемещений. Микроперемещения требуются для так называемых орбитальных осцилляций и часто для релаксаций электрода. В проволоочной вырезке обход любого сложного криволинейного контура - цепочка микроперемещений. Могут ли приводы с ШВП корректно обрабатывать 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!

Все это убедительно доказывает практика!!!



● 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).

Переворот в электроискровых технологиях

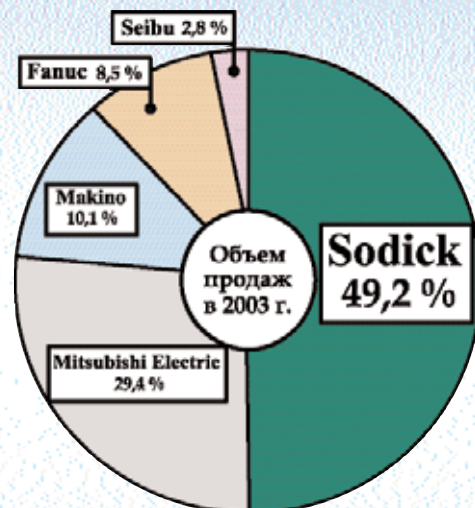
Sodick

В феврале 2005 г. произойдет знаковое событие - компания Sodick произведет 10 000-й электроискровой станок с линейными приводами. В 2003 г. доля "Содик" на самом требовательном и емком рынке ЭИ станков в мире, рынке Японии, достигла 49,2% и продолжает расти. Только за год рост рынка составил 4,2%, а с начала производства линейных станков доля рынка выросла на 10 с лишним процентов! Все больше производителей смотрят на ЭИ станки с ШВП если уж не как на утюги с угольным подогревом, то как на что-то вроде кассетных магнитофонов. Сектор рынка ЭИ станков с ШВП сместился в сторону недорогих станков. В 2003 г. полностью умер импорт в Японию ЭИ станков из Швейцарии; одна из основных причин - экспансия высокоточных линейных станков.

Будущее электроискровых станков за линейными двигателями! Но почему лишь «Содик» монополично производит линейные ЭИ станки? **Приоритет "Содик" в использовании линейных двигателей в ЭИ станках защищают 29 патентов в 12 странах** (и есть еще 40 заявок на патент). **Помимо технологических сложностей и высоких затрат патентный закон - основной фактор, сдерживающий производство линейных ЭИ станков другими фирмами-изготовителями.** Ничего не поделаешь - "лишь первые пятерки получают!" В 2003 - 2004 финансовом году объем продаж «Содик» во всем мире достиг 422 млн долларов - рост за год на 26,5%.

Новый линейный прецизионный ЭИ проволочно-вырезной станок **AQ327L**.
В стандартной комплектации наилучшая шероховатость - **Ra 0,1 мкм**,
максимальная скорость резания на проволоке $\varnothing 0,25$ мм - **340 мм²/мин**.
Перемещения по осям **XYZ - 370 x 270 x 250 мм**.
Перемещения по осям **UV - 120 x 120 мм**,
максимальный угол конусного резания - **$\pm 25^\circ/100$ мм ($\pm 30^\circ/85$ мм)**.
Встроенная **3D CAD-CAM** система **3Qvic** (на базе Esprit и Solid Works),
а также совершенная система автопрограммирования обработки
с автотехнологом Heart NC. Для удобства оператора - сенсорный дисплей
размером XGA 1024x768 (15"/40 см). Скоростная автозаправка проволоки,
автоматическая установка уровня диэлектрика, телескопическая ванна,
линейки обратной связи с дискретностью **10 нанометров** по осям XYUV,
оригинальная схема рекуперации для экономии электроэнергии,
антиэлектролизная чистовая система Super BS.
Предоставляется **гарантия 2 или 3 года** без ограничения ресурса.

ПРОДАЖИ ЭИ СТАНКОВ
В ЯПОНИИ ПО ДАННЫМ TOYO KEIZAI
MONTHLY STATISTICS (12.2004 г.)



**№ 1 в Японии
№ 1 в Мире**



ВЕЛИАНИУА АМЕААОАИЕ

АОАОУАА NOAIEINODIAIEß!



Форум организуется при поддержке Правительства Российской Федерации и Правительства Москвы

**The Sixth International Forum
High Technology of XXI**

Организаторы Форума

Министерство промышленности и энергетики
Российской Федерации
Департамент науки и
промышленной политики города Москвы
Правительство Московской области
Институт экономики и
комплексных проблем связи (ОАО «ЭККОС»)
Российский Фонд развития
высоких технологий (РФРВТ)
Московская торгово-промышленная палата
ФГУП «Рособоронэкспорт»
Московская ассоциация предпринимателей
ОАО «Московский комитет по науке и технологиям»
ЗАО «Экспоцентр»

**18-22 апреля
2005 г.
МОСКВА**

www.vt21.ru

ВК ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

Форум проводится под патронатом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации

VI Международный Форум

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА

Достижения высокотехнологического комплекса Москвы, регионов России, Российской академии наук, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья в различных областях науки и техники:

- авиационно-космические технологии
- радиоэлектроника и связь
- нанотехнологии
- экология
- мирный атом
- медицина и биотехнология
- энергетика, энергосбережение
- информационные технологии
- машиностроение
- лазерные технологии
- технологии безопасности
- химия и новые материалы
- технологии автомобилестроения

Программа Форума:

Международная выставка

Международная конференция

Конкурсная программа

По вопросу участия обращаться:

Форум и выставка -
ОАО «ЭККОС», ООО «ЭКСПО-ЭККОС»
Тел.: (095) 331-05-01, 332-35-95
Факс: (095) 331-05-11, 331-09-00
E-mail: expococos@nii-ecos.ru
<http://www.vt21.ru>
www.nii-ecos.ru/expococos

Международная
конференция - РФРВТ
Тел./факс: (095) 200-26-31
Тел.: (095) 954-99-90
Факс: (095) 954-50-08
E-mail: info@hitechno.ru
<http://www.hitechno.ru>