

Двигатель

Научно-технический журнал

№ 5 (95 + 244) 2014



*Лётчик-испытатель, Герой России А.Н. Кнышов:
"Когда в 90-х я прилетел на Ил-96 в Штаты и у меня
в баках осталось топлива ещё на три часа полёта,
американцы страшно удивились. Один из
представителей их авиавластей тогда прямо заявил,
что по некоторым позициям данный тип самолёта
является для нас недостижимым".*

Стр 11

А уж тем более - с новым двигателем!



Редакционный совет

Агульник А.Б., д.т.н.,

декан факультета авиационных двигателей МАИ

Бабкин В.И., к.т.н.,

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

Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,

профессор МГУ им. М.В. Ломоносова,
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Богуслаев В.А., д.т.н.,

Президент АО "МОТОР СИЧ"

Воронков Ю.С., к.т.н.,

зав. кафедрой История науки РГГУ

Григорян Г.Г., д.т.н.,

вице-президент Общества "Знание" России

Губертов А.М., д.т.н.,

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

Дическул М.Д.,

зам. управляющего директора ОАО "ОДК"

Дмитриев В.Г., д.т.н.,

главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"

Иноземцев А.А., д.т.н.,

ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

Каблов Е.Н., академик РАН,

ген. директор ГНЦ "ВИАМ"

Каторгин Б.И., академик РАН

Коржов М.А., к.т.н.,

руководитель проекта "Двигатель"
ОАО "АвтоВАЗ"

Кравченко И.Ф., д.т.н.,

ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"

Крымов В.В., д.т.н.

Кутенев В.Ф., д.т.н.,

зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе

Кухаренок Г.М., к.т.н.,

зав. каф. ДВС Белорусского национального ТУ

Лобач Н.И.,

ген. директор ПО "Минский моторный завод"

Новиков А.С., д.т.н.

зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Пустовгаров Ю.Л.,

президент Торгово-промышленной палаты
Республики Башкортостан

Рачук В.С., д.т.н.,

ген. конструктор, ген. директор
ФГУП "КБ Химавтоматики"

Ружьев В.Ю.,

первый зам. ген. директора Российского
Речного Регистра

Рыжов В.А., д.т.н.,

главный конструктор ОАО "Коломенский завод"

Ситнов А.П.,

президент, председатель совета директоров
ЗАО "Двигатели "ВК-МС"

Скибин В.А., д.т.н.,

научный руководитель ГНЦ "ЦИАМ
им. П.И. Баранова"

Смирнов И.А., к.т.н.,

ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ
им. М.В. Хруничева"

Троицкий Н.И., к.т.н.,

доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

Фаворский О.Н., академик РАН,

член президиума РАН

Чуйко В.М., д.т.н.,

президент Ассоциации "Союз
авиационного двигателестроения"

Зайков Г.В.,

ген. директор ГП "НПК газотурбостроения
"ЗОРЯ"- "МАШПРОЕКТ"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
член-корреспондент Российской и
Международной инженерных академий

Заместитель главного редактора

Дмитрий Александрович Боев

Ответственный секретарь

Александр Николаевич Медведь, к.т.н.

Финансовый директор

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Аркадьевич Гомберг,

Ирина Михайловна Иванова,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Иван Петрович Сидоров

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.

В номере использованы

фотографии, эскизы и рисунки:

А.В. Артамонова, А.И. Бажанова,

Д.А. Боева, А.В. Ефимова,

А.Н. Медведя, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел./Факс: (495) 362-3925.

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2014 гг.)
размещается также на сайте Научной электронной
библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

Ответственность за достоверность инфор-
мации и наличие в материалах фактов, не
подлежащих разглашению в открытой печати,
лежит на авторах публикаций.

Мнение редакции не всегда

совпадает с мнением авторов.

Перепечатка опубликованных материалов без
письменного согласия редакции не допускается.
Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертно-
ми советами ВАК по техническим наукам, по исто-
рии, экономике, философии, социологии и
культурологии в числе журналов, в которых
должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертации на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук. Индекс 747
в общероссийском каталоге 2012 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" ©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

16-й (108-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности



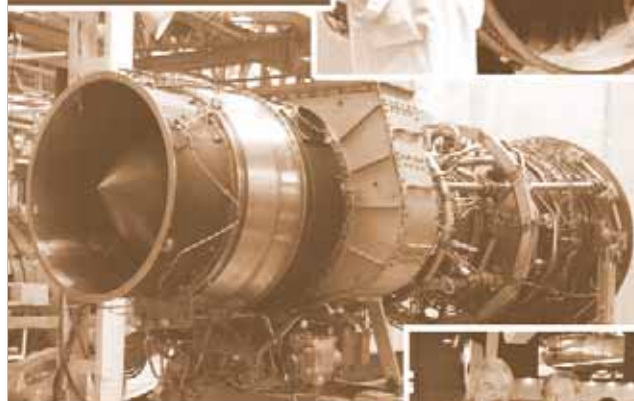
2010



Медаль АМКЭС "Преодоление"

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 "Авиадвигателю"- 75**
9 Лучшие в мире авиалайнеры
С. Анучин
- 13 Стиль Ситнова**
С. Ткачук
- 16 Кислородный насос нового поколения**
В.И. Гуров, К.Н. Шестаков, В.К. Вионцек, Е.Н. Романенко
- 19 В РГГУ, на Университетских Субботах**
- 20 Metallурги "Электростали" - авиадвигателестроителям России**
Д.А. Боев
- 22 К натурфилософии ударных волн. Выпуск второй.**
В.А. Белоконь
- 24 Одноцилиндровые дизели многоцелевого назначения**
- 25 Дизель-генераторная установка ДГУ5-П27.5-ВМ1**
- 26 Гидравлические потери в пористых изделиях из материала "Металлическая резина"**
А.Ю. Ардаков, А.А. Осипов, А.М. Жижкин, Н.Н. Ромоданов
- 28 Он умел делать фантастику реальностью**
О.В. Соколова, А.С. Полев
- 30 Турбулентность. Турбулентность Бенара**
Ю.М. Кочетков
- 34 Двигатели внутреннего сгорания с циклической регенерацией топлива**
Г.П. Барчан
- 36 О комплексировании данных в информационно-управляющей системе летательного аппарата**
Д.В. Сухомлинов, А.Н. Медведь
- 40 Монеты к столетию начала Первой мировой войны**
А.В. Барановский
- 44 Ледоколы России. Атомный ледокол "Арктика"**
В.С. Шитарёв



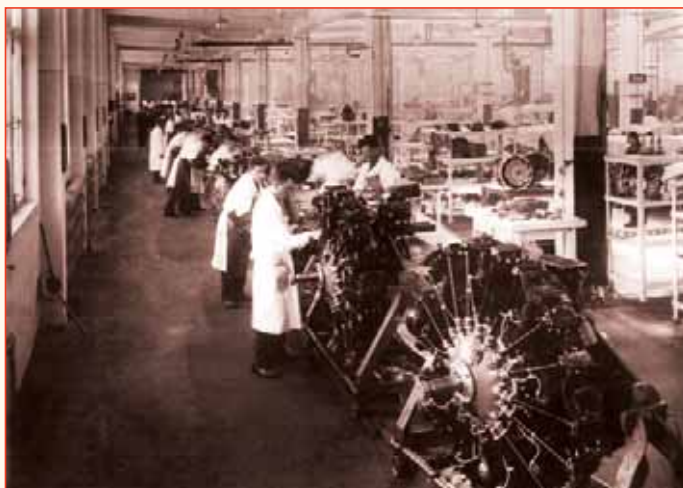
“АВИАДВИГАТЕЛЮ” - 75

В декабре 2014 года ОАО "Авиадвигатель" исполняется 75 лет.

История пермского КБ – это не только прославленные поршневые авиационные двигатели Аркадия Швецова и турбореактивные двигатели Павла Соловьева. Прежде всего, это история возникновения и развития пермской конструкторско-технологической школы.

Николай Леонидович Кокшаров, первый заместитель Генерального конструктора, начальник ОКБ ОАО "Авиадвигатель"
Ольга Геннадьевна Осипова, специалист пресс-службы ОАО "Авиадвигатель"

Под руководством главного конструктора Аркадия Дмитриевича Швецова с 1939 года - момента основания предприятия - по 1953 год пермским КБ создано семейство мощных звездообразных поршневых двигателей воздушного охлаждения, которые устанавливались на самолеты Поликарпова, Туполева, Лавочкина, Сухого, Ильюшина, Антонова, вертолеты Миля, Яковлева и сыграли важную роль в победе над фашизмом и после войны.



Сборка двигателей Швецова

Все время, пока Аркадий Дмитриевич Швецов возглавлял конструкторское бюро, он растил себе достойную смену. Он понимал, что молодежь из других КБ к нему не пойдет, но и пермские конструкторы не найдут себе работу на стороне. Свои кадры нужно было воспитывать самостоятельно. Павел Александрович Соловьев, будущий генеральный конструктор, вспоминал о работе с учителем: "Много труда вложил А. Д. Швецов в организацию и совершенствование производства двигателей на нашем заводе. Аркадий Дмитриевич был не только блестящим конструктором, но и хорошим организатором, не только требовательным руководителем, но и воспитателем своих подчиненных, внимательным наставником молодых инженеров, чутким и отзывчивым человеком. Видя, насколько полно и беззаветно отдает себя Аркадий Дмитриевич любимому делу, все мы, его ученики, старались работать с полной отдачей, не считаясь со временем".



Первые конструкторы КБ



И-15 в воздухе

Основав пермское двигателестроительное КБ, Швецов заложил основы и традиции пермской конструкторско-технологической школы. Так, например, все конструкторы и технологи обязаны были знакомиться с техническими новинками в области авиации и двигателестроения.

Швецов очень широко понимал понятие лидерства в авиационном двигателестроении. В его представлении авиационные лидеры обязаны быть безупречными по своим возможностям универсалами. Сам Швецов не только прекрасно разбирался во всех типах двигателей, какие только знала современная ему авиация, но и требовал таких же широких знаний от всех своих конструкторов.

Создавая новые турбины для нагнетателей все более мощных двигателей, Швецов с коллегами в 1946-1949 годах изготовили и испытали три авиационных турбореактивных двигателя АШ-РД100. Павел Соловьев вспоминал: "У Аркадия Дмитриевича еще во время войны была мысль все-таки сделать реактивный двигатель. И машина была опробована, проведена расчетная работа... Это была



Аркадий Дмитриевич Швецов

простая машина, она сразу стала работать, тяга была. Но иные, важные по тем временам государственные задачи оттеснили эту тему". В стране высока была потребность в поршневых моторах, а пермское КБ было общепризнанным отечественным, а в значительной мере и мировым лидером в создании высотных поршневых двигателей. Несмотря на это опытные разработки турбин продолжались. Проектирование реальных газотурбинных двигателей возобновится только в 1953 году.

В начале 50-х годов пермское КБ под руководством Швецова разрабатывает проект экономичного одновального турбореактивного двигателя с осевым компрессором высокой степени сжатия. Несмотря на то что проект забраковали в ЦИАМе, прецедент работы над новым для КБ ТРД позднее пригодился при создании турбины высокого давления двигателя Д-19.

1953 году коллектив пермского двигателестроительного КБ возглавил преемник Швецова Павел Александрович Соловьев. Вслед за учителем он считал принципиально важным:

- трезво оценивать обстановку, никогда не приукрашивать действительного положения дел, не преувеличивать своих достижений, не обольщаться успехами, доводить начатое до конца;
- быть непримиримым ко лжи, попыткам свалить собственные промахи на коллегу;
- не поддаваться иллюзиям легких решений той или иной проблемы, взвешивать тщательно каждый проект;
- непременно осуществлять авторский надзор за воплощением новой конструкции в металле, доводить новинку до практической реализации.

Принципиальность Соловьева и непреклонность утверждения этих традиций многократно выручали конструкторское бюро в самых сложных ситуациях и обеспечили уверенное становление и развитие пермской конструкторской школы.

Как заранее предугадывал Швецов, переход на современные реактивные двигатели был необходим, и ОКБ во главе с Соловьевым осуществило этот самый сложный процесс последовательно и логично. Специалисты бюро исследовали множество различных схем воздушно-реактивных двигателей. Знание работ КБ Люльки позволило Павлу Александровичу сделать безошибочный выбор главного направления дальнейшей деятельности: самими перспективными для тяжелой реактивной авиации окажутся двухконтурные турбореактивные двигатели, схема которых обеспечивала повышенную топливную экономичность на высоких дозвуковых скоростях полета самолета. Такова логика термодинамической и газодинамической теорий. Значит именно здесь должны быть сосредоточены главные научно-технические дерзания пермской школы авиадвигателестроения.

Павел Соловьев понимал, что главная задача - сохранить лидирующие позиции в отрасли, создать свой, уникальный, востребованный двигатель. По своим тактико-техническим требованиям он должен был значительно опережать созданные к тому времени газотурбинные двигатели.

В 1953 году Соловьев организует в КБ бригаду турбин, которая через два года начнет разрабатывать турбины для будущего газотурбинного двигателя Д-20П. Вообще, структура пермского



Д-20П

конструкторского бюро после перехода к газотурбинной тематике изменится на поузловую. Будут созданы конструкторские бригады, занятые созданием турбин, компрессоров, выходных устройств и т. д. И в каждом таком подразделении будет свой "главный конструктор" определенного узла или агрегата.

Потребность в изучении и совершенствовании узлов вновь разрабатываемого двигателя привела к идее поузловой доводки. Были построены специальные стенды и установки для испытаний и доводки узлов.

Позуловая структура конструкторского бюро позволила четко и однозначно распределить работу между конструкторскими подразделениями. Координировали их деятельность по каждому тематическому направлению ведущие конструкторские подразделения. Позуловая доводка двигателя Д-20П впоследствии станет темой диссертации Павла Соловьева. Частично этот принцип позаимствуют практически все двигателестроительные конструкторские бюро СССР, но только в Перми ему следуют неукоснительно до сегодняшнего дня.

Под руководством Соловьева были созданы двигатели, каждый из которых можно охарактеризовать словами "первый" и "лучший". Они устанавливались на самых надежных в истории авиационного самолетах Ту-134, самых популярных в эпоху 80-х Ту-154М, самых быстрых в мире тяжелых истребителях-перехватчиках МиГ-31 и т. д.

Лебединой песней Павла Александровича Соловьева считают двигатель, названный впоследствии ПС-90А в честь его создателя. Этот двигатель - качественно новая ступень развития ТРДД.



П.А. Соловьев у своего детища



Ил-96-300 с двигателями ПС-90А



Сборка ПС-90А

По уровню термодинамических и удельных параметров он соответствовал нормам научно-технического уровня 1990-х годов и не уступал по основным данным и параметрам рабочего процесса лучшим зарубежным аналогам, которые находились в разработке в 80-х годах и вошли в эксплуатацию в 90-х годах.

ПС-90А создавался сразу как унифицированный для установки на самолеты Ил-96 и Ту-204, а также для создания его модификаций. В 1991 году ПС-90А прошел государственные испытания, а в 1992 году первым из авиационных двигателей получил сертификат типа и сертификат на соответствие нормам ИКАО по шуму и эмиссии.

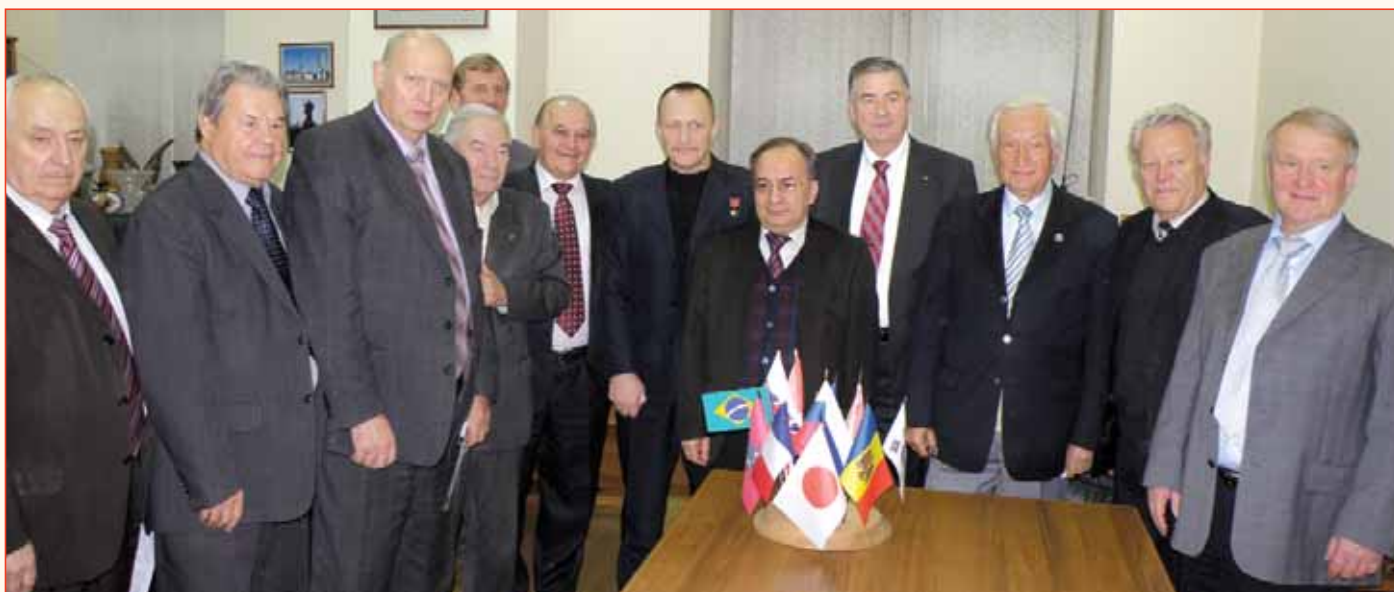
В процессе разработки и сертификации ПС-90А подвергся беспрецедентной в то время по сложности и объему проверке на безопасность и работоспособность в экстремальных и аварийных ситуациях. Проверка включала в себя 435 видов испытаний. Кроме традиционного заброса на вход двигателя больших масс воды и кусков льда, мелких и крупных птиц, впервые были применены вбрасывание более 700 кг кварцевой пыли, искусственный обрыв рабочих лопаток компрессора и турбины. Работоспособность двигателя сохранилась во всех ситуациях. Безопасность ПС-90А была полностью подтверждена.

За создание дальнемагистрального пассажирского широкофюзеляжного самолета Ил-96-300 с силовой установкой на базе ПС-90А генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" А.А. Иноземцев в числе коллектива соавторов удостоен Государственной премии Российской Федерации.

Вот уже более четверти века ПС-90А остается единственным

отечественным двигателем для дальней и среднемагистральной авиации. Самолеты с двигателями пермского КБ как всегда надежны, безопасны, соответствуют всем современным и перспективным экологическим нормам и могут без ограничений летать во все страны мира. Воздушная техника с пермскими двигателями находится на вооружении авиакомпаний: "Специальный летный отряд "Россия", RedWings, "Волга-Днепр", SilkWayAirlines, Cubana, AirKoryo и др.

Необходимо отметить, что Павел Соловьев всегда стремился к созданию высокоэкономичных газотурбинных двигателей с высокими параметрами термодинамического цикла. Его идеи были успешно реализованы в рамках разработки серии двигателей двухконтурной схемы, которая со временем стала основной для самолетов пассажирской, транспортной и военной авиации. Конструк-



А.А. Иноземцев среди коллег



Двигатель Д-30Ф6 для лучшего в мире истребителя-перехватчика МиГ-31 и высотного дозвукового самолета М-55 "Геофизика"

тивные особенности турбореактивных двигателей разработки Соловьева позволили реализовать лучшие термодинамические характеристики и получить значительно большие ресурсы деталей и узлов по сравнению с двигателями других схем. Внедрение электронно-цифровых методов регулирования, сторонником и первооткрывателем которых также был Павел Александрович Соловьев, позволило оптимизировать управление турбореактивным двухконтурным двигателем, обеспечить отличные характеристики по тяге и экономичности в широком диапазоне высот и скоростей полета. Жизнь подтвердила прозорливость инженерных и технических решений, впервые предложенных Соловьевым.

В пермском КБ до сих пор культивируется традиция, заложенная еще Швецовым, выращивать себе смену, не боясь иметь в заместителях талантливых, молодых, ниспровергающих любые авторитеты. Когда-то Павла Соловьева, едва перешагнувшего 30-летний рубеж, Швецов назначил своим заместителем. Способному парню была предложена должность, явно превышавшая его опыт и умения. Но, окрыленный оказанным доверием, молодой человек с утроенной энергией стал осваивать новое дело, быстро дорос до уровня своей должности и продолжил это движение вперед.

В свое время и Павел Соловьев решил поступить по-швецовски и выдвинул из массы молодых и талантливых конструкторов Александра Иноземцева - конструктора с 10-летним стажем. Его отличали хорошая техподготовка, глубокие знания конструкции двигателя, недюжинные способности к программированию. Он уже принял непосредственное участие в разработке двигателей Д-30 III серии, Д-30КУ, Д-30КП, Д-30КУ-154, Д-30Ф6. Павел Александрович Соловьев был уверен в своем преемнике.

Работая бок о бок с Павлом Соловьевым, молодой руководитель учился находить простые и красивые конструкторские решения, досконально знать двигатель, доводить начатое до конца, верить в успех своего дела и не бояться ответственности за принятые решения. Соловьев учил своего преемника принимать тщательно обдуманные решения: "Руководитель такого уровня имеет право на ошибку, но безалаберность непозволительна". Знать досконально каждую деталь такого сложнейшего механизма, как авиационный двигатель, генеральный конструктор, наверное, не может. Но уметь выявить проблему, понять ее суть обязан.

Неслучайно, многие отмечают не только умение Иноземцева быстро вникнуть в существо вопроса, но и его уникальную способность молниеносно анализировать ситуацию, увидеть взаимосвязь событий, определить направление развития и найти единственно

верное решение. Конечно, рядом с молодым руководителем всегда были старшие товарищи: Карпман, Андрейченко, Ожиганов - маститые конструкторы, опытные специалисты. И чувство благодарности, уважение к старшему поколению, стремление помочь словом и делом на всю жизнь стали характерными чертами Александра Иноземцева. На плечи молодого руководителя легли вопросы не только внедрения в серию пермских двигателей на Рыбинском заводе, но и доводки ПС-90А, его совершенствования и создания семейства модификаций.

Идея разработки базового двигателя и целого семейства на основе одного газогенератора вынашивалась давно. Еще Соловьев размышлял: "...надо сделать газогенератор, а к нему можно любой двигатель сотворить. Можно сделать целую гамму двигателей - пять, десять, сколько пожелаете, столько и можно сделать. Все они будут разные по диаметру вентилятора, по количеству ступеней в тянущей турбине". Последователи Соловьева успешно развили эту идею: доводке и совершенствованию базового ПС-90А "Авиадвигатель" посвятил более четверти века. За эти годы разработаны и переданы в серийное производство модификации ПС-90А: ПС-90А-76, ПС-90А1, ПС-90А2 и др.

В начале 90-х годов в связи со структурным кризисом авиационной промышленности ОАО "Авиадвигатель" использовало накопленный опыт проектирования для разработки газотурбинного оборудования для предприятий газодобывающей промышленности и ТЭК России. За последние 20 лет разработаны и освоены в серийном производстве (ОАО "Пермский моторный завод") два семейства газотурбинных установок для газоперекачивающих агрегатов и электростанций от 2,5 до 6 и от 10 до 25 МВт. Всего создано более 100 модификаций газотурбинных установок.

Сегодня пермское конструкторское бюро не только разрабатывает, но и обеспечивает поставку, испытание, шеф-монтаж, пусконаладочные работы блочно-контейнерных газотурбинных электростанций мощностью 2,5; 4; 6; 12; 16 и 25 МВт, обучение персонала заказчика, строительство объектов "под ключ". ОАО "Авиадвигатель" первым среди поставщиков газотурбинного оборудования внедрило фирменное обслуживание на объектах собственной энергогенерации "ЛУКОЙЛа" с оплатой за фактически отработанный машино-час.

Продукцию "Авиадвигателя" знают и покупают ведущие предприятия ТЭК страны: "Газпром" и "ЛУКОЙЛ", КЭС-Холдинг и "Башкирэнерго", "Сургутнефтегаз" и другие. "Авиадвигатель" под руководством А. Иноземцева сумел не просто продолжить тематику, осво-



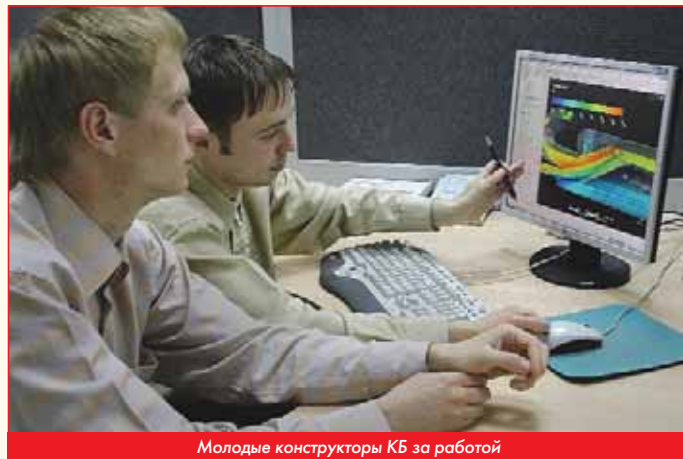
Компрессорная станция "Краснодарская" на Кубани



ГТУ-25П



Базовый авиадвигатель ПД-14



Молодые конструкторы КБ за работой

енную в начале 90-х годов, но и развить ее, довести "до блеска". Современное энергетическое оборудование разработки "Авиадвигателя" не просто производит энергию и тепло для потребителей, но и помогает заказчикам утилизировать попутный нефтяной газ, улучшая тем самым экологическую составляющую их бизнеса.

При производстве промышленного оборудования КБ придерживается главных принципов пермской конструкторско-технологической школы: качество, надежность, высокая технологичность, гарантия безопасной эксплуатации. ПТУ и ПЭС разработки ОАО "Авиадвигатель" используются в составе стратегически важных проектов: "Голубой поток", "Северный поток", "Сахалин-2", "Восточная газовая программа", "Ямал" и др.

Отличительная черта генерального конструктора - стратегическое мышление. Многие замыслы Александра Иноземцева были когда-то не приняты коллегами. Так было с идеей создания двигателя для ближнесреднемагистрального самолета.

В начале 2000-х отечественным самолетам не оставляли шанса на выживание: шли крупномасштабные закупки устаревших авиационных двигателей. Из авиапрома уходили специалисты, а молодые кадры не спешили заполнить эти провалы. Среди хаоса и угасания Иноземцев знал: все это временно, пройдут годы, и наши самолеты и двигатели станут нужны стране. КБ упорно работало в этом направлении, коллектив жил и развивался именно как конструкторское бюро авиадвигателей. Сохранилась работоспособная школа с подрастающей молодежью. И генеральный конструктор пермского КБ оказался прав: государство повернулось к российским авиапроизводителям - утверждена госпрограмма "Развитие авиационной промышленности до 2025 года", создана "Объединенная двигателестроительная корпорация", реализуется национальный прорывной проект создания перспективного семейства авиационных двигателей нового поколения и промышленных ПТУ на базе унифицированного газогенератора. Двигателестроительные фирмы страны объединили свои усилия для создания базового двигателя семейства ПД-14 для МС-21. Главной разработчик проекта - КБ "Авиадвигатель".

Цель проекта - создать семейство коммерческих двигателей для ближнесреднемагистральных самолетов пассажироместностью от 130 до 180 мест. Двигатели перспективного семейства по техническим характеристикам и экономической эффективности должны конкурировать с зарубежными аналогами. Разработка базового авиадвигателя ПД-14 стимулирует развитие отечественных промышленности и науки. Сверхзадача проекта - в кратчайший период устранить технологическое отставание России в газотурбинном двигателестроении. Кроме того, в ходе реализации проекта решаются задачи:

- реструктуризации одной из стратегических отраслей промышленности - авиационного двигателестроения путем вовлечения в проект всех ведущих предприятий, разделения зон ответственности с учетом их сильных сторон и перехода к программно-проектному управлению, соответствующему практике ведущих мировых производителей авиационной техники;

- создания новейших отечественных материалов и технологий

металлургии, а также полимерных композиционных материалов и технологий их производства.

Основная бизнес-идея проекта - разработать отечественный современный эффективный газогенератор высокой степени технического совершенства с параметрами, позволяющими на его базе создать семейство двигателей различных мощностей, которые могут быть установлены на разных видах летательных аппаратов и использованы в наземных установках - газоперекачивающих агрегатах и электростанциях. Унификация газогенератора позволяет обеспечить его массовое изготовление для производства двигателей разного применения и значительно сократить себестоимость каждой из будущих модификаций двигателя.

Кроме того, материалы, технологии проектирования, испытаний, доводки и производства газогенератора не могут быть импортированы из-за рубежа, ибо всегда являются охраняемым ноу-хау страны, тайной за семью печатями, так как существенным образом определяют место страны в мировой "табели о рангах" (именно поэтому производство горячей части двигателя SAM-146 сосредоточено во Франции).

Инициатива двигателистов была поддержана правительством РФ: двигатель ПД-14 - один из приоритетов федеральной целевой программы "Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы".

В разработке двигателя принимают участие:

- все ведущие отечественные предприятия авиадвигателестроения: ОАО "ПМЗ", ОАО "УМПО", ОАО "НПП "Мотор", ОАО "НПО "Сатурн", ФГУП "НПЦГ "Салют", ОАО "СТАР";
- отраслевые институты: ЦИАМ, ЦАГИ, ВИАМ, ВИЛС;
- институты академии наук: ИПСМ РАН, ИМСС УрО РАН и др.

Для того чтобы руководить сложнейшим процессом совместного производства двигателя в современных условиях, специалисты конструкторского бюро "Авиадвигатель" как головного предприятия сами должны быть первоклассными профессионалами. В КБ, как и прежде, открыто решаются актуальные, порой проблемные технические вопросы. Для участия в технических совещаниях и научно-технических советах привлекаются ведущие специалисты предприятия, молодые сотрудники.

Одними из главных особенностей "Авиадвигателя" являются последовательность в принятии решений, умение мобилизовать творческий потенциал всех - от рабочего до генерального конструктора. Так обеспечиваются оперативность и адекватность решений конструкторско-технологических вопросов, поскольку сразу можно оценить не только плодотворность идеи, но и возможность ее воплощения.

При реализации проекта параллельно с проектированием двигателя решаются вопросы создания современной и удобной для потребителей системы послепродажного обслуживания: максимально приближенной к клиенту ремонтно-технической базы, удобных логистических схем, предоставления наилучших гарантий и сервиса.

Достигнутые на сегодняшний момент результаты позволяют быть уверенными, что ПД-14 будет конкурентоспособным не толь-

ко по техническим характеристикам, но и по стоимости летного часа. Для подтверждения летной годности ПД-14 осуществляется специальная квалификация материалов (полуфабрикатов), применяемых в двигателе. Высокие темпы разработки объясняются наличием современной научно-производственной базы, высоким интеллектуальным и профессиональным уровнем специалистов пермской конструкторско-технологической школы, использованием современных IT-технологий.

Более 30 лет "Авиадвигатель" планомерно внедряет и активно использует самые современные IT-технологии. За это время специалисты предприятия не только изучили и в совершенстве освоили программы и технологии, используемые при проектировании современными зарубежными разработчиками газотурбинных двигателей, но и создали собственную школу вычислительных методов газовой динамики. Разработаны уникальные методики трехмерного стационарного и нестационарного расчетного анализа сложных процессов, происходящих в авиационном двигателе (цифровое моделирование процессов в камере сгорания и расчет выбросов вредных веществ; анализ вибронпряжений в лопатках турбомашин; расчетная оценка теплового состояния охлаждаемых лопаток турбин с учетом процессов теплопередачи при внешнем и внутреннем обтекании газом; расчетная оценка уровня шума, генерируемого двигателем, и другие). Это позволяет "Авиадвигателю" создавать продукцию, способную конкурировать с признанными мировыми брендами.

Для всех двигателей, разрабатываемых в КБ, выпускаются интерактивные электронные руководства по эксплуатации в соответствии с международными стандартами ASDS100D. Целенаправленно внедряются технологии ProductLifecycleManagement, предусматривающие информационную поддержку продукции в течение всего жизненного цикла.

Автоматизирован весь цикл выпуска технологических процессов обработки ДСЕ. Количество электронных техпроцессов приближено к 100%. На базе CAD/CAM систем обеспечены трехмерные проектирование оснастки и обработка на станках с ЧПУ. Отрабатываются методики ведения ТПП на основе аннотированных 3D-моделей деталей без выпуска чертежей. Внедрено в повседневную практику трехмерное нестационарное моделирование процесса заливки и кристаллизации турбинных лопаток.

С 2006 года в "Авиадвигателе" внедрена в промышленную эксплуатацию система управления данными об изделии Teamcenter фирмы Siemens. Создана единая среда проектирования с абсолютно актуальной информацией по проекту. Внедрены сквозные процессы электронного согласования конструкторской документации.

С 1994 года используется CAD/CAM система трехмерного проектирования NX (Unigraphics). На каждое проектируемое изделие разрабатывается электронный макет. Структуры в NX и Teamcenter синхронизированы. Такое полнофункциональное внедрение PDM-системы является уникальным для двигателестроительной отрасли России. Вычислительный кластер "Авиадвигателя" является самым мощным среди всех предприятий российского двигателестроения.

Пермское конструкторское бюро обладает современной лабораторно-исследовательской базой, позволяющей обеспечить производство и испытания опытных образцов на уровне мировых стандартов. Созданная исследовательская лаборатория прочности металлов и деталей авиационных двигателей аттестована

Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и Межгосударственным авиационным комитетом. В 2011-2012 годах "Авиадвигатель" совместно с Пермским национальным исследовательским политехническим университетом создали и ввели в строй современные лаборатории композитных материалов и акустических исследований.

Важнейшие научные исследования и опытно-конструкторские работы ведутся предприятием в координации и совместно с ведущими отраслевыми институтами: ФГУП "ЦИАМ", ФГУП "ЦАГИ", ФГУП "ВИАМ". В исследованиях занято 1,5 тысячи высококвалифицированных инженеров (конструкторов, исследователей, расчетчиков и т. п.), в том числе доктора технических наук, кандидаты технических наук, аспиранты.

Численность персонала предприятия составляет 2 600 человек. "Авиадвигатель" сегодня - молодое и высокообразованное предприятие с мощным интеллектуальным потенциалом, резко отличающееся от аналогичных предприятий оборонно-промышленного комплекса: 46% персонала моложе 40 лет, 53% персонала имеет высшее образование. Кадровая политика, проводимая под личным патронажем руководителя предприятия - управляющего директора, генерального конструктора Александра Иноземцева, позволила не только сохранить интеллектуальный потенциал пермской конструкторской школы, созданный 75-летним трудом предыдущих поколений, но и своевременно обеспечить преемственность поколений - реализовать перевод уникального накопленного опыта газотурбинного двигателестроения на язык современных информационно-вычислительных технологий, обеспечивающий мировой уровень проектирования.

Пермская конструкторская школа внесла общепризнанный вклад в теорию и практику мирового двигателестроения. Классическими образцами, вошедшими в учебники проектирования авиационных двигателей, стали разработанные специалистами пермского двигателестроительного конструкторского бюро поршневым "мотор-долгожителем" АШ-62ИР (он был разработан еще в 1938 году и до сих пор летает на самолетах Ан-2), первый двухконтурный двигатель Д-20П, первый вертолетный двигатель со свободной турбиной Д-25В, первый двухконтурный форсажный двигатель Д-30Ф6, первая электронная система управления двигателем, высоконапорный компрессор, высокотемпературные турбины.

Многолетний практический опыт проектирования и внедрения в серийное производство, а также наличие собственной конструкторской школы как совокупности интеллектуального потенциала сотрудников, методов и инструментов проектирования, традиций и опыта доводки - основные конкурентные преимущества и источники капитализации ОАО "Авиадвигатель".



В полёт с двигателями прославленного КБ



ОДК

**ЕДИНСТВО
ВО МНОЖЕСТВЕ**



ПД-14

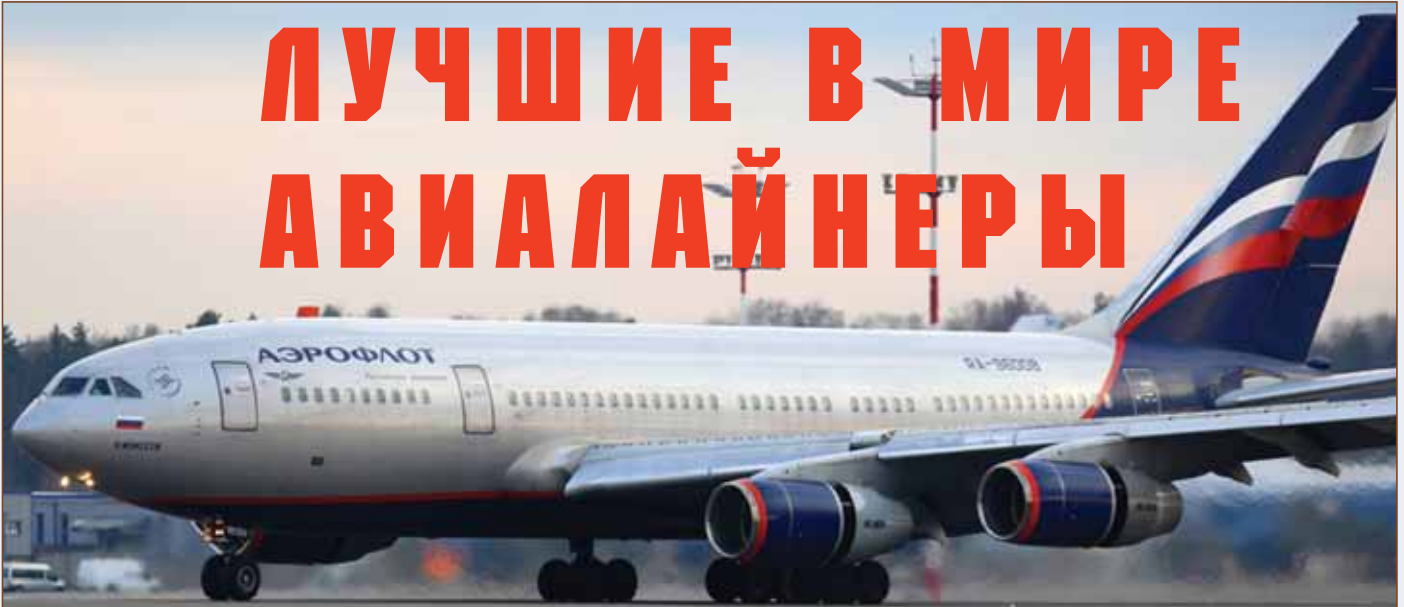
Перспективный двигатель для ближне-
и среднемагистральных самолетов

ОАО «Объединенная
двигателестроительная корпорация»
Россия, 105118, г. Москва, пр-кт Буденного, д. 16
www.uecrus.com info@uecrus.com



**Объединенная
двигателестроительная
корпорация**

ЛУЧШИЕ В МИРЕ АВИАЛАЙНЕРЫ



Сергей Анучин, авиаконструктор

Конституция РФ. Статья 27

1. Каждый, кто законно находится на территории Российской Федерации, имеет право свободно передвигаться...

30 марта 2014 года исполнилось 120 лет со дня рождения Сергея Владимировича Ильюшина.

30 марта 2014 года авиалайнер Ил-96-300 крупнейшей в России авиакомпании "Аэрофлот - российские авиалинии" с бортовым номером RA-96008, выполнявший рейс из Ташкента, в 8.08 мягко коснулся колёсами ВПП 25П столичного аэропорта Шереметьево. И в это мгновение в российском небе не осталось уникальных пассажирских самолётов Ил-96.

Приказом № 441 гендиректор ОАО "Аэрофлот" В. Савельев отправил Ил-96 к забору. Тем самым гражданам России было отказано в "праве свободно передвигаться" на лучшем в мире отечественном широкофюзеляжном авиалайнере Ил-96.

Так "Аэрофлот" внёс свой "тридцатисеребряниковый" вклад в вожденную американскую мечту. Вот что писала в начале 1992 года газета "The New York Times": *"...политика администрации США направлена на то, чтобы довести русскую аэрокосмическую и военную промышленность до столь низкого уровня, находясь на котором она уже никогда в будущем не могла бы представлять угрозы США!"*.

И это притом, что государству принадлежит 51,17 % акций "Аэрофлота", у "дочки" авиакомпании - "Аэрофлот-финанс" - около 5,6 %, а госкорпорация "Ростех", выпускающая двигатели ПС-90, владеет 3,55 % акций.

Как пояснил "Коммерсанту" источник, близкий к "Аэрофлоту", причиной вывода самолётов Ил-96-300 из парка "Аэрофлота" стала их *"экономическая неэффективность"*.

"Экономическая неэффективность" в нынешних российских условиях понятие, с одной стороны, весьма отвлечённое, а с другой стороны - совершенно конкретное.

Так в 2010 г. опытный пилот "Аэрофлота", налетавший свыше 20 000 часов, член президиума Шереметьевского профсоюза лётного состава, командир Ил-96 Владимир Всеволодович Сальников в интервью газете "Московский Комсомолец" рассказал следующее: *"Эрбас в контракте на продажу самолётов прямо указывает: посредник получает 10 % от суммы сделки. Боинг, не стесняясь, обнародует данные о том, что в 2009 году потратил \$72 млн на подкуп чиновников СНГ"*.

Так, например, если вместо Ил-96 "Аэрофлот" приобретает несколько "боингов" или "эрбасов" на сумму эдак \$1 000 000 000,

то сразу, не пересекая границу, по номерным "карманам" "кого надо" разойдутся \$100 000 000. И напрягаться не надо.

Одновременно с принятием решения о списании шести Ил-96-300 "Аэрофлот" рассмотрел условия и порядок лизинга шести новых самолётов Boeing 777-300ER.

"У нас самый молодой парк в Европе - 5,5-5,7 лет, и списание [Ил-96-300] позволит снизить его средний возраст до 4 лет. Кто бы что ни говорил, но новые самолёты всегда более привлекательны для пассажира", - прокомментировал агентству Bloomberg идею вывода Ил-96 из парка гендиректор "Аэрофлота" Савельев.

Трогательная забота о пассажире, который все издержки и покроет.

Поверив Савельеву, как не усомниться в умственных способностях руководителей авиакомпаний Европы - вот же где их "экономическая неэффективность".

Вот так, используя лукавую уловку про "самый молодой парк в Европе", "Аэрофлот" постарался избавиться от "экономической неэффективности" работы с российским авиационным "Аэрофлот" запустил по полной ускоренное обновление парка и, соответственно, механизм зарабатывания "кем надо" с предельно коротким циклом.

На отечественных "Ил" и "Ту" чиновник никак не "заработает", тем более, сразу.

"Не надо вредничать, надо делиться!". Такую директиву спустил сверху вниз "левша" от финансов Лившиц. И, судя по всему, директива до сих пор не отменена.

Это же бизнес - ничего, что личный.

Как поведали в октябре 2014 года "Аргументы недели", Лившиц отметил на этом поприще и в документальной форме - вот выдержка из обращения помощника президента России по экономике Лившица к правительству России NA-1-1268Л от 3 апреля 1995 года: *"К сожалению, в последнее время наметилась крайне опасная тенденция бездумного лоббирования интересов отечественного авиастроительного комплекса со стороны правительственных структур. Просим поддержать вопрос о недопустимости серийного запуска самолёта Ту-204 на российские авиатрассы и о продолжении приобретения в лизинг передовых образцов западной авиатехники"*.

Вообще-то, здесь в явном виде читается плохой перевод на скорую руку: "серийного запуска" на "авиатрассы" - это не по-русски.

Можно не сомневаться, что есть и другие подобного рода директивные указания от Лившица & Ко. - "политика администрации США" должна быть реализована.

Сертификат типа № 68-204 на самолёт Ту-204 с двигателями ПС-90А был получен 29 декабря 1994 года. 23 февраля 1996 года Ту-204 № 64011 "Внуковских авиалиний" выполнил первый рейс с пассажирами по маршруту Москва - Минеральные Воды. На два года раньше 29 декабря 1992 года был получен сертификат типа на самолёт Ил-96-300 с двигателями ПС-90А. Пассажирские перевозки на Ил-96-300 "Аэрофлот" начал 14 июля 1993 года на маршруте Москва - Нью-Йорк. Двигатель ПС-90А был сертифицирован 3 апреля 1992 года в соответствии с нормам ICAO по шуму и с запасом по эмиссионным выбросам.

Принятой в 1992 году государственной Программой развития авиационной техники до 2000 года для отечественных авиакомпаний планировалось построить 145 самолётов Ил-96-300 и 530 самолётов Ту-204 различных модификаций. Характерно, что параметры плана 1992 года практически совпали с нынешней численностью российского парка магистральных самолётов соответствующей размерности. Вот это профессионализм!

И лишь одна нестыковка - разница в полтора десятилетия, да и 90 % самолётов и в той, и в другой категории приходится на "боинги" и "эрбасы". Но это уже "лившицы"!

Вот так "друзья русского народа" безмерной наглостью и обманом реализуют в России цели администрации США.

И, увы, разного рода лоббисты весьма преуспели с завидными утверждениями о превосходстве "передовых образцов западной авиатехники", им удалось охмурить наглою ложью и заставить усомниться в Ил-96 даже Правительство России.

"Говорить, что единственный выпускаемый в России широкофюзеляжный самолёт Ил-96 может успешно конкурировать с "эрбасами" и "боингами", я не могу", - признался журналистам 20 июня 2007 года первый вице-премьер Сергей Иванов. "Но мы не отказываемся от производства широкофюзеляжных самолётов", - заявил Иванов, выразив надежду на то, что эти самолёты со временем станут конкурентоспособными.

Работа лоббистов продолжилась. 11 августа 2009 г. глава Минпромторга Виктор Христенко принял решение о снятии Ил-96-300 с производства "как бесперспективного". "Бесперспективный" - ведь сам "Аэрофлот" увилывал от приобретения "Илов". И увилывал не от Ил-96-300, а от Ил-96М. От Ил-96-300 "Аэрофлот" хотел избавиться.

Ещё 11 августа 1992 года на первой выставке авиатехники в Жуковском генеральный директор ЦУМВС (Центрального управления международных воздушных сообщений (ныне "Аэрофлот") В. Потапов, Г. Новожилов и генеральный директор ВАСО (Воронежское авиастроительное объединение) А. Михайлов подписали решение "О приобретении самолётов Ил-96М, Ил-96М/Т с двигателями PW-2337 и комплексом навигационного оборудования фирмы Коллинз". "Аэрофлот" заказал 20 самолётов.

31 марта 1998 года был получен сертификат типа AP МАК на самолёт Ил-96Т. Теперь дело было только за созданием интерьера для пассажирского Ил-96М.

28 июня 1998 года при посещении ВАСО премьер-министром С. Кириенко заказ на изготовление для "Аэрофлота" 20 самолётов, в том числе 17 Ил-96М, был подтверждён.

Но тут грянул дефолт - в дело вмешалась костлявая рука рынка.

Далее для увилывания от Ил-96М "Аэрофлот" состряпал поклёп на свои Ил-96-300.

И вот 30 марта 2014 года "Аэрофлот" отправил к забору все шесть Ил-96-300, вместо которых подписался на шесть самолётов Boeing 777-300ER (в Крым... - "боингами").

Boeing 777-300ER - это самая совершенная модель семейства "777", которое в последние десятилетия и создаёт имидж совершенства всей продукции фирмы Боинг.

И уровень совершенства "777-х" никто даже не пытается поставить под сомнение.

Так сложилось, что почему-то все слепо доверяют предоставляемым фирмой Боинг параметрам. Реальные характеристики самолётов разработчики предоставляют только авиакомпаниям -

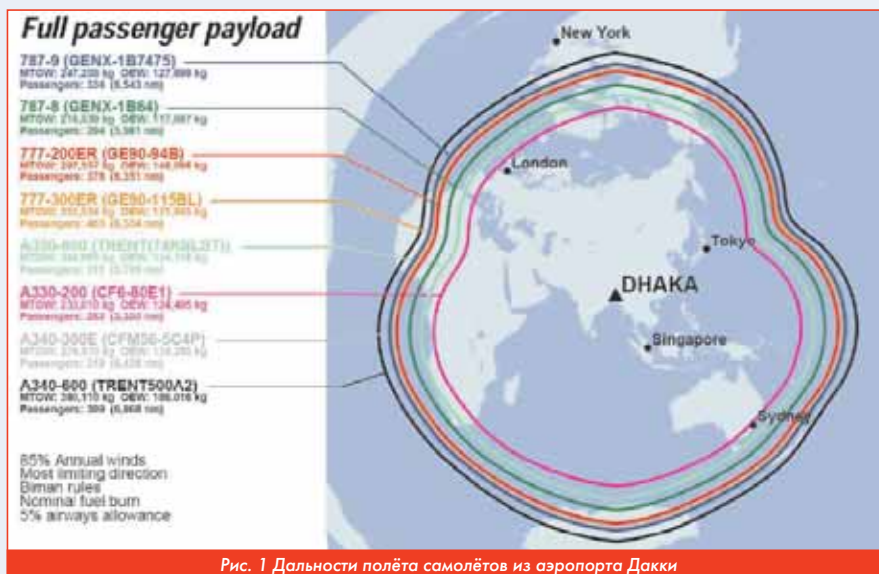


Рис. 1 Дальности полёта самолётов из аэропорта Дакки

Bangladesh Airlines – range capability							
Aircraft	Engine	MTOW	OEW	Passengers	Payload	Range capability	
		kg	kg	N	kg	nm	km
Boeing 787-9	GENX-1B7475	247.208	127.699	334	31.815,504	6.543	12.117
Boeing 787-8	GENX-1B64	219.539	117.087	294	28.005,264	5.981	11.077
Boeing 777-200LR	GE-90-94B	297.557	148.096	376	35.816,256	6.351	11.762
Boeing 777-300ER	GE-90-115B1	351.534	171.985	463	44.103,528	6.534	12.101
A350-800	TRENT (74KSLST)	244.985	134.118	317	30.196,152	5.706	10.567
A330-200	CF6-80E1	233.010	124.495	282	26.862,192	5.350	9.908
A340-300E	CFM56-5C4P	276.510	144.250	318	30.291,408	6.436	11.919
A340-600	TRENT500A2	380.310	188.016	399	38.007,144	6.868	12.719
				1 Passenger	210 pounds	90,72 kg	
					Payload – N*210 pounds		

Рис. 2 Характеристики самолётов для Бангладешских авиалиний

ведь они перевозят пассажиров, за которых и отвечают. И иногда достоверные сведения для авиакомпаний становятся доступными.

Так, обнаруженная в Интернете картинка для авиакомпании Bangladesh Airlines даёт представление о реальных, а не рекламных-завиральных характеристиках некоторых широкофюзеляжных самолётов производства фирмы "Боинг" и консорциума "Эрбас" (рис. 1 и рис. 2).

Эта предельно информативная (с точностью до пассажира, килограмма и морской мили/километра) картинка позволяет расставить всё по своим местам.

В журнале "Авиатранспортное обозрение", № 47, июль/август 2003, приведены данные ГосНИИ ГА по самолёту Ил-96-300, а также по Ил-96Т и Ил-96-400Т, которые соответствуют Ил-96М, от которого и отказался "Аэрофлот" (рис. 3).

Нанесение в координатах "нагрузка-даль-

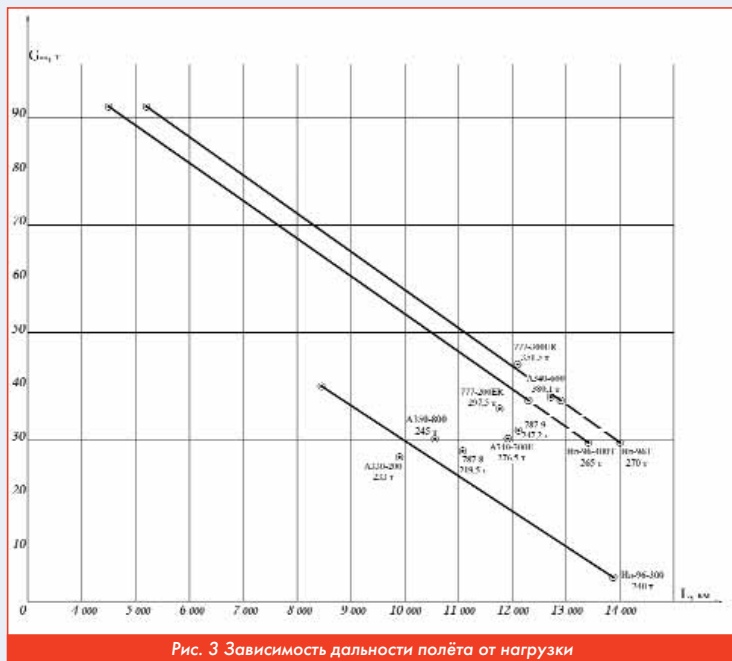


Рис. 3 Зависимость дальности полёта от нагрузки

ность" графиков для модификаций Ил-96 и реальных данных по широкофюзеляжным самолётам от Боинга и Эрбаса (похоже, посчитанных по практически совпадающим с нашими методиками - "в одних попугаях"), даёт совершенно неожиданную для всех картину, зеркально обратную сформировавшимся у мирового авиационного сообщества представлениям (рис. 3).

Оказывается, неустраивший "Аэрофлот" Ил-96М/Т может выполнить такую же работу (перевезти такое же количество пассажиров/грузов на такую же дальность), что и Boeing 777-300ER, и Airbus A340-600.

Сразу же становится понятным то впечатление, которое произвёл на американцев два десятилетия тому назад Ил-96-300 прибывший в США рейсом "Аэрофлота". Того, другого "Аэрофлота". Вот, что рассказывает лётчик-испытатель (освоило 50 типов военных и гражданских самолётов, ставил на крыло первый отечественный широкофюзеляжный Ил-86 и дальнемагистральный Ил-96), Герой России Анатолий Николаевич Кнышов: "Когда в 90-х я прилетел на Ил-96 в Штаты и у меня в баках осталось топлива ещё на 3 часа полёта, американцы страшно удивились. Один из представителей их авиавластей тогда прямо заявил: по некоторым позициям данный тип самолёта является для нас недостижимым".

Иными словами, "недостижимый" Ил-96-300 тогда был - лучшим в мире!

А сейчас лучший в мире - Ил-96М/Т - сущий кошмар для "Боинга" и "Эрбаса". Но об этом никто не должен знать.

Никто не должен знать, какой цену заплатили "Боинг" и "Эрбас" за свои "достижения". Ведь при одинаковой работе/производительности Boeing 777-300ER на взлёте на 30 % (тридцать процентов!) тяжелее Ил-96М/Т. А европейский A340-600 так ещё хуже - вообще на 40 % (сорок процентов!) тяжелее!!! И за эти совершенно лишние 30...40 % веса западных лайнеров по всем сборам нужно платить совсем не лишние для авиакомпании деньги.

И вот с такими результатами "передовых образцов западной авиатехники" они ещё будут учить русских авиаконструкторов!

Да и взлетев, эти самолёты лучше не становятся. Вместимость топливных баков самолёта Boeing 777-300ER на 20 % больше, чем у Ил-96М/Т, а значит и расходует этот "боинг" при равной работе на 20 % больше. Это значит, что "Аэрофлоту" потребуется оплачивать на 20 % больше топлива, а покроет все издержки пассажир - просто садо-мазо какое-то!

Если Boeing 777-300ER по топливной эффективности хуже, чем Ил-96М/Т, что уж тут говорить про ещё менее экономичный A340-600, когда всем известно, что его вытеснил с рынка Boeing 777.

Разница в 20 % по топливу "Аэрофлот" не пугает, но не пугает и цена "боинга".

По Савельеву получается - зачем платить меньше, когда можно платить больше...

Каталожная цена самолёта Boeing 777-300ER \$330 млн (<http://www.boeing.com/boeing/commercial/prices/>) - три "боинга" на \$1 млрд - заверните! "За кадром" - проценты!

В этом плане Ил-96М/Т ну совершенно не интересен. Проценты в цену самолёта не включены, всё "на просвет" - кому сейчас это нужно. Это раньше "Аэрофлот" был наш.

Журнал Flight, 1996, 7-13/II, v.149, N 4509, p.4, писал по поводу Ил-96М/Т: "Авиакомпания "Аэрофлот - Российские международные авиалинии" должна получить 1 млрд долл. от экспортно-импортного банка США для закупки 20 самолётов Ил-96М/Т, оснащённых ТРДД Пратт-Уитни PW2337 и американским оборудованием. Планируется ежегодная поставка 5-7 самолётов. Закупочная цена Ил-96М/Т составляет 80 млн долл., из которых 50 млн долл. приходится на двигатели PW2337, бортовое электронное оборудование фирмы "Рокуэлл Коллинз", генераторы фирмы "Санстрэнд" и другие узлы и системы, поставляемые из США".

Но против этого кредита экспортно-импортного банка США тому "Аэрофлоту" очень резко выступили "Боинг" и "МакДоннелл Дуглас" (ещё не поглощённый "Боингом"). Они обратились в Госдеп (администрацию) США с требованием не предоставлять этот кредит. Журнал Aviation Week 3 апреля 1995 года писал: "Фирма "Боинг" озвучена тем, что американский заём способствует созданию ещё одного конкурента в размещении капиталовложений. Представитель правления фирмы "Боинг" Франц Шронц обратился по этому вопросу к высоким чиновникам и администрации президента Б. Клинтона".

И всё. Не помогло даже обращение фирмы "Пратт-Уитни" в конгресс США.

И это при том, что инициаторами программы создания самолёта Ил-96М/Т были всемирно известные люди. Как сообщал журнал "Interavia", 1990, No.10, v.45, p.826, для претворения в жизнь проекта доктор Арманн Хаммер, председатель "Оксидентал Петролеум Корпорэйшн", и Роберт Максвелл, издатель из Великобритании, создали новое совместное авиационное предприятие. В правление этого предприятия вошёл также бывший президент IAI Эл Швиммер.

Матёрые бизнесмены адекватно оценили 96-й и просто решили на нём заработать.

В июне 1993 года состоялся дебют Ил-96МО в Ле-Бурже. 17 июня 1993 года в ежедневном выставочном выпуске журнала "Flight" сообщалось: "Первый раз Запад покупает русский самолёт. "Ильюшин" и "Пратт-Уитни" объявили вчера, что компания "Партнэрс" со штаб-квартирой в Амстердаме заказала пять "грузовиков" Ил-96Т с опционом на пять грузовых или пассажирских Ил-96М. Поставки начнутся в 1996 году".

Хаммер, Максвелл и Швиммер делали ставку на монопольную ренту с продукта. Уникальные характеристики Ил-96М/Т и низкая себестоимость производства самолёта в нашей стране, а значит цена, не оставляли конкурентам места на рынке. Акулы капитализма просто не могли упустить такую возможность монополизировать рынок.

Согласно всем правилам проектирования четырёхдвигательные Ил-96 имеют перед двухдвигательными конкурентами на дальних маршрутах преимущество в несколько часов полёта. Так, например, на маршруте Нью-Йорк - Гонконг (R222) пассажир в двухдвигательном лайнере мучается лишние 2,5 часа. Люди и так боятся летать. Поэтому сертификация двухдвигательного Boeing 777 даже на соответствие ETOPS-330 вряд ли придаст пассажиру спокойствия над полярным кругом - Polar 2 (рис. 4).

Анатолий Кнышов так освещает этот вопрос: "Кстати, Ил-86 и Ил-96 изначально создавались как 2-двигательные. Но тогда, по нормам ICAO, чтобы летать через океан на другой континент, требовалось 4 двигателя. Когда мы сделали такие машины,

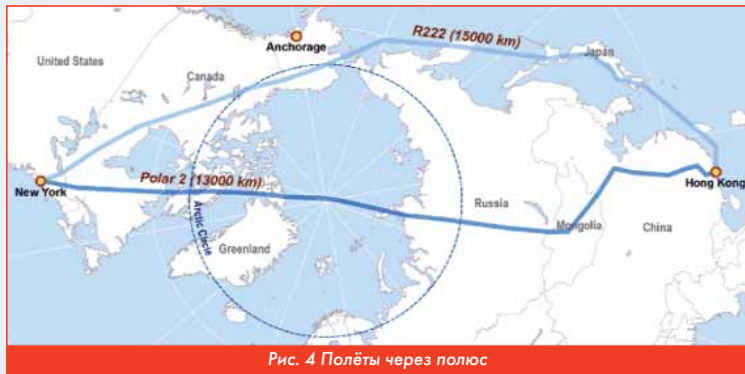


Рис. 4 Полёты через полюс

США переписали обратно нормы ICAO под свои 2-двигательные "Боинги".

Уровень технического совершенства самолёта Ил-96М/Т, как транспортного средства, настолько высок, что до него не дотягивают ни Boeing 787, ни взлетевший в 2013 году Airbus A350 - достаточно взглянуть на параметры "нагрузка-дальность" и не останется никаких сомнений.

На этом фоне как-то странно выглядят разворачиваемые совместно с Китаем работы по новому дальнемагистральному лайнеру. Как сообщило 12 ноября 2014 года французское издание "Les Echos" 11 ноября на авиакосмическом салоне в Чжухае разработчики "обрисовали перед группой 150 тщательно отобранных специалистов очертания будущего дальнемагистрального лайнера, который оказался куда более масштабным проектом, чем предполагалось ранее". Партнёры "замахнулись на создание конкурента для A350, последнего детища Airbus". "Заявленная цель - ввод в эксплуатацию с 2023 года".

2023 год - удобный срок, чуть затянуть (без проблем) проект и окончится следующий президентский срок В. Путина.

Как сообщила 21 мая 2014 года "Российская газета", "инвестиции стран в совместное предприятие" "будут сопоставимы со стоимостью проектов Boeing 787 и Airbus 350". "Стоимость программы разработки Boeing 787 составила около 32 миллиардов долларов".

Самое удивительное во всей этой программе заключается в том, что, по имеющейся информации, Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина к этому непричастен...

Вместо отыскания "петушиного слова" надо строить и строить "Иль" и "Ту", которые с новыми пермскими двигателями ПД-14М и ПД-18 станут экономичнее процентов на пятнадцать и будут летать пропорционально дальше.

По опубликованному в 2013 году компанией "Боинг" прогнозу до 2032 года будет поставлено 35 280 новых магистральных самолётов.

По оценке вице-президента и генерального директора по развитию самолётных программ компании "Боинг" Скота Фэнчера (Scott Fancher) "рынок узкофюзеляжных самолётов следующего поколения оценивается в 24 тысячи штук". "Вместе с ними [консорциумом "Эрбас"] мы выбрали рынок только процентов на 10...15 %".

Это сигнал для нас: производите самолёты "Ил", "Ту" и "Як" - их купят!

Вот уже несколько лет Боинг анализирует возможность создания нового самолёта в сегменте узкофюзеляжных дальнемагистральных лайнеров, который мог бы заменить самолёты Boeing 757-200, производство которых было прекращено в 2004 г. Крупные американские

перевозчики используют 757-200 на дальнемагистральных рейсах из городов Восточного побережья США в Европу, Гавайи и города Западного побережья. На рынке появляется свободный сегмент, в который новые узкофюзеляжные "боинги" и "эрбасы" не попадают. Boeing 757-200 делает всё за Boeing 737, но не наоборот.

Для этого освобождающегося сегмента как раз и подходят наши дальние лайнеры семейства Ту-204 - весь мировой рынок в этом сегменте в их распоряжении.

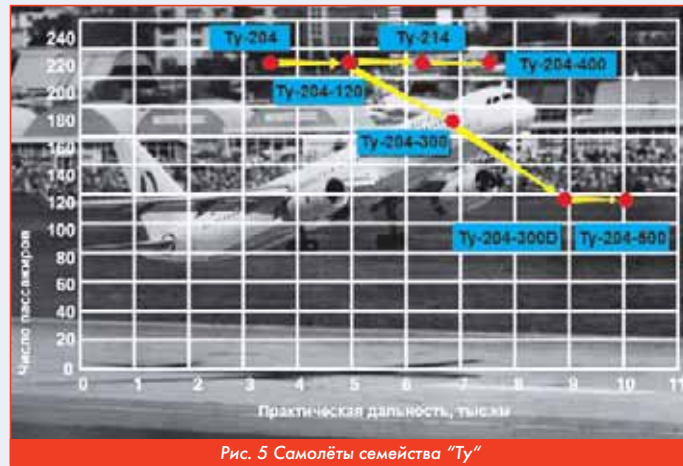


Рис. 5 Самолёты семейства "Ту"

Как обновлённые среднемагистральные "боинги" и "эрбасы" не могут заменить дальнемагистральный Boeing 757-200, так и наш новый среднемагистральный самолёт МС-21/Як-242 не заменит Ту-204 с большей дальностью полёта.

Самолёты Boeing 757-200 и Ту-204 имеют крылья площадью примерно 180 м² и пропорционально большие веса, что позволяет им летать на большие расстояния, чем это могут среднемагистральные узкофюзеляжные самолёты, имеющие площадь крыла порядка 120...125 м².

Лайнеры семейства Ту-204 требуют отдельного внимания и развития в плане дальнейшего увеличения их дальности полёта, для чего идеально подходят двигатели семейства ПД-14. Особый интерес дальние Ту-204 могут представлять для СЛЮ "Россия".

Сейчас в парке президентского авиаотряда 20 самолётов, оснащённых ПС-90А, - это 8 самолётов типа Ил-96-300, 10 самолётов Ту-214 и 2 лайнера Ту-204-300А.

"Президент Российской Федерации летал, летает и будет летать только лишь на самолётах отечественного производства", - заявил 26 июня 2014 года в интервью ИТАР-ТАСС управляющий делами главы государства Александр Колпаков.

"Аэрофлоту" пока удалось себе позволить отказать гражданам России летать на отечественных авиалайнерах - пока...

Граждане России только тогда смогут в полной мере реализовать своё конституционное "право свободно передвигаться", когда санкции станут безразличными для авиакомпаний, когда авиакомпании на деле снова станут отечественными, эксплуатируемыми нашими лучшими в мире самолётами.



СТИЛЬ СИТНОВА

Сергей Ткачук

Генерал-полковнику, главе ЗАО "Двигатели "Владимир Климов - Мотор Сич", организатору оборонно-промышленного комплекса России Анатолию Петровичу Ситнову исполнилось 70.

Профессионализм, ответственность и чувство долга - казалось бы, весьма простые категории для тех, кто умеет работать руками и головой в интересах своей страны, ее обороноспособности и национальной безопасности. Однако сегодня эти понятия в реформационном запале смещены в сторону поверхностных подходов сугубо бухгалтерского перераспределения ресурсов, за которыми не просматривается ни реального производства, ни технологий, ни людей. Сплошные денежные потоки и отсутствие инженерно-технических знаний, способностей конструировать, предвидеть, а значит, упреждать возможные провалы. А поскольку "эра милосердия", о которой так мечтал герой Гердта в "Месте встречи", судя по разворачивающемуся на наших глазах геополитическому слову, наступит очень нескоро, вернейшими стражами интересов и союзниками России, как раньше, еще долго будут ее армия и флот. И ещё - авиация.

Именно таким человеком воли, чести и профессионального достоинства является генерал-полковник Анатолий Петрович Ситнов - человек славы и достоинство отечественной армии. Ему, настоящему герою нашего времени, 1 декабря 70 лет.

Автору этих строк не раз доводилось интервьюировать юбиляра по различным аспектам жизнедеятельности отечественного ОПК (генерал Ситнов - заместитель руководителя Комиссии РСПП по оборонно-промышленному комплексу, а в самые сложные, переломные годы (с 1994 по 2000 гг.), как мы помним - начальник вооружения Вооруженных сил России), а также по вопросам российско-украинской кооперации в области авиационного двигателестроения (в качестве председателя Совета директоров ЗАО "Двигатели "Владимир Климов - Мотор Сич"). Неизменно я получал огромный массив информации, поражаясь кругозору, энциклопедическим научно-техническим знаниям, комплексности подходов Анатолия Петровича. За этим огромным багажом Ситнова стоят не только его университеты - Пензенское Высшее военное-командное инженерное училище, Высшие академические курсы при Военной академии Генерального штаба Вооруженных Сил России, армейская школа в Гвардейской Таманской мотострелковой дивизии, служба ракетно-артиллерийского вооружения 15-го мотострелкового полка, длительные командировки в Афганистан, - но и личный, природный, что называется, "от земли", талант абсорбировать все нужное для дела, неумная тяга к саморазвитию, совершенствованию, познанию.

В биографических шаблонных справках, которыми подписаны многочисленные научные и аналитические публикации генерал-полковника содержится краткое: "Военачальник. Специалист по проблемам военно-технической политики и развития систем вооружения ВС РФ, оборонному строительству, техническому и мобилизационному обеспечению. Автор работ по прогнозированию и обоснованию направлений развития ракетно-артиллерийского вооружения, техническому обеспечению войск, военному и военно-промышленному строительству". Но не вписать в справку весь масштаб личности Анатолия Петровича, его человеческие качества и достоинства, организаторские способности. Последнее особенно важно, ведь в условиях, приближенных к военному цейтноту, ему удавалось "оседлать" такие задачи, которые не по плечу даже иной группе первокла-

сных стратегов и теоретиков. Он умеет работать и руками и головой, собирать вокруг себя единомышленников, даже

если задачи кажутся непосильными. Например, как понять, где он черпал жизненную энергию и силы, когда на его плечи лёг титанический труд руководства Главного ракетно-артиллерийского управления Минобороны России? В его непосредственном подчинении оказались 95 организаций и учреждений, 145 воинских частей службы ракетно-артиллерийского вооружения военных округов. Всего - 80 тысяч человек! Никого не стесняясь и проявив аргументированную жесткость, Ситнов отстоял сложившуюся систему ГРАУ, которую "младореформаторы от обороны" хотели пустить под нож, сохранил подчиненные части, оборонную промышленность, научные коллективы, сумел трудоустроить офицеров, изъявивших желание послужить России. Здесь проявился особый почерк, если угодно, его фирменный стиль Ситнова: он никогда не мыслил полноценную обороноспособность державы в отрыве от развития военной и гражданской науки. Как и тогда, он всегда четко выступает за просвещенную оборонку: отрасль, не воспроизводящую устаревшие образцы техники и вооружений, черпающую заделы и прорывные технологии для формирования нового облика Вооруженных сил. Конкурентоспособных и самодостаточных. Особый упор генерал-полковник всегда делает на фигуре генерального конструктора, который должен стоять во главе всех производственных процессов: от проекта, до внедренческих работ и финального изделия. "Неэффективная кадровая политика привела к "выдавливанию" лучших специалистов. На всех предприятиях теперь исполни-



Середина 90-х "Команда Ситнова" с только что назначенным генеральным директором ММП "Салют" Ю.С. Елисеевым



На выставке "Двигателестроение-98" с В.М. Чуйко и Р.Ю. Нусбергом - главным конструктором Тушинского машиностроительного КБ "Союз"

тельные директора, исчез институт генеральных конструкторов, - сказал в одном из своих замечательных интервью Анатолий Петрович. - А поэтому никто не может заниматься промышленной политикой, перспективным развитием предприятий. Новое поколение менеджеров просто не способно рисковать, создавать и творить. Это мог делать только генеральный конструктор: он обладал всеми правами и обязанностями на своей ответственной должности".

Обязанности и ответственность для него не пустые слова. Если будучи начальником ГРАУ в тяжелейших условиях бюджетного недофинансирования он уберег от развала систему разработки, производства, испытания, снабжения, эксплуатации и ремонта вооружения и боеприпасов лишь в одном немаловажном сегменте оборонно-промышленного комплекса, то в 94-м он уже присягнул Государству Российскому в качестве начальника всех вооружений. Тогда уже полыхала Чечня, а государство вступило в противостояние с сепаратизмом и распадом. Не дожидаясь отмашек и высочайших повелений, Ситнов "в ручном режиме" перестроил структуру центрального аппарата начальника Вооружения, призвав самых компетентных и грамотных специалистов, умеющих работать "с колес".

Если характеризовать управленческий стиль Анатолия Петровича на вираже середины 90-х несколькими фразами, на ум приходят две: мобилизация и полная сосредоточенность. История не простила бы ни малейшей оплошности, ни единой ошибки. И Ситнов их не допустил, оставаясь верным своим принципам: жесточайшая дисциплина при полной достоверности отношений в сотканной по крупицам команде единомышленников. В этом проявилась его воля, дар стратега. Уже осенью мя-



2010 г. С Генеральным директором ЦИАМ В.А. Скибиным на годовом собрании АССАД

тежного 94-го, спустя полгода после назначения, он положил на стол Верховному Главнокомандующему досконально отработанную и отточенную до мелочей Концепцию государственной программы Вооружения - по сути, доктрину спасения от верной гибели огромного комплекса сопряженных между собой производств, институтов, центров компетенции, в которых были задействованы без преувеличения миллионы. Объявленный этим документом переход в контрастступление Президент одобрил, утвердив Концепцию. И это было только минимально необходимое для того, чтобы стряхнуть с огромной неповоротливой машины пыль реформаторских экспериментов, ставивших целью списать в утиль оборонно-промышленный потенциал великой державы.

Генерал-полковник Ситнов, не допуская пауз и передышек, в буквальном смысле расшевелил НИИ, отраслевые институты, секции Академии наук для работы над базисом будущего Вооруженных сил - Государственной программой Вооружения. 38 томов итогового текста с филигранными формулировками и выверенными до запятой цифрами были готовы в 1996-м. Именно эта программа позволила уцелеть ОПК и поставить на качественно новые рельсы стратегические оборонительные вооружения. Эксперты сходятся во мнении, что прозорливость и чеканная пошаговая деятельность Ситнова заложили прочный фундамент всех будущих свершений на ниве обеспечения Вооруженных сил необходимыми технологиями и техникой. Все последующие планы, программы, инструкции - производные от принятой в 96-м Государственной программы вооружений. Если бы не она и не труд многотысячной "армии Ситнова", сложно было бы предугадать судьбу "Булавы", "Синевы", "Тополя М", мобильных "Искандеров", ЗРК С-400, других систем и комплексов, стоящих сегодня на боевом дежурстве и составляющих костяк сил оперативно-тактического сдерживания.

Уместно привести еще одну выдержку из интервью Анатолия Петровича, разлетевшуюся на цитаты: "Национальная безопасность, оборонная достаточность, безусловное повышение боеготовности вооруженных сил, их более высокий уровень технической оснащенности являются велением времени. Это не означает, что, как ранее в СССР, надо производить до 72 тыс. танков. Речь, прежде всего, идет об информационной составляющей вооружения следующего поколения. Никогда армия не будет сильной, если не будет сильной промышленность. Уровень развития промышленности определяет уровень развития армии. Чем выше экономика, ее потенциал, тем наиболее высоко оценивается армия". Этот фрагмент весьма красноречиво характеризует ход мысли генерал-полковника, который всегда рассматривает любые инженерно-технические компоненты, производственные дела в общеэкономическом контексте, задавая себе и собеседнику вопрос: каков толк того или иного изделия для народного хозяйства? Иными словами, принесет ли заданный производственный проект ощутимый макроэкономический эффект не только для конкретной отрасли, но и для кластера других отраслей, задействованных в изготовлении сложной продукции. В



2011 г. А.П. Ситнов и Генеральный директор — генеральный конструктор ОАО "Фазотрон-НИИР" А.И. Канащенков



2009 г. С генеральным директором АССАД В.М. Чуйко

этом смысле Ситнов - пер-вокласный по-литик и систем-ный интегратор. Он - лоббист развития реаль-ного сектора экономики, ори-ентирующегося на конкурентос-пособные оте-чественные раз-работки, зная их описание в де-талях, а их уст-ройство - бук-вально в разре-зе. В его гостеп-риимном каби-нете, куда после его ухода из сис-темы Минобо-роны не зарастает народная тропа, всегда встретишь ин-женеров, конструкторов, новаторов - всех тех, кого принято называть цветом русской интеллигенции. Анатолий Петрович для них - главный помощник, проводник их идей и инициатив. Беседа со своими гостями, консультируя их в сложнейших вопросах (автор был свидетелем нескольких таких встреч), чувствуешь, что Ситнов в своей стихии: как будто не было этих 15 лет, а его мысль так же подвижна и энергична. На таких встречах сторонний наблюдатель получает даже эстетическое удовольствие, ощущение непрекращающегося познания. Вот обсуждаются новые энергосберегающие технологии и малая энергетика, а уже через час - модернизация силовой установки для транспортника-гиганта "Руслана", а вот уже на повестке дня продление ресурса агрегатов для вертолетных двигателей. И непрекращающаяся череда научно-технических совещаний в государственных корпорациях, государственных ведомствах, отраслевых выставок, смотров. И везде он свой, везде он известен, с ним хотят иметь дело, потому что

знают, он - человек слова и чести. Сам Ситнов умеет с ходу к себе расположить добродушной улыбкой, вселить уверенность - четкой аргументацией, повести за собой - бодрой вышколенной походкой боевого командира.

Он - оптимист по жизни, потому что не сомневается в победе здравых идей и смыслов над иррациональностью и недальновидностью. И как будто нарочно сознательно берется за самые сложные отрезки работы, где бы он ни находился. Так и в 2000-е, вместо того, чтобы, как многие встроиться в вертикально интегрированные корпоративные структуры, взялся налаживать российско-украинские кооперационные связи в самой чувствительной области - авиационного двигателестроения. Буквально пальцами рук осязая синергию двух отсеченных границей организмов, он принялся воссоздавать производственные цепи, стратегическую для набора высоты отечественным ОПК систему кооперации. Плоды этих усилий, несмотря на всевозможные барьеры, сегодня в воздухе: современные суда всех типов и назначений.



2010 г. в Геленджике с сотрудниками журнала "Двигатель" А.А. Гомбергом и А.Г. Лиозновым

Но главное, на чем он стоит, - это заделы (своего рода, золотой запас), которые обязаны создавать промышленники на следующие производственно-временные циклы. Закладывая их, по стойкому убеждению Ситнова, мы получаем гарантию непрерывности технологического развития, подстегиваем к совершенствованию науку, обеспечиваем перспективу будущим поколениям инженеров, ученых, специалистов. А это - не что иное, как национальная технологическая и экономическая безопасность. Именно с этих позиций генерал-полковник Ситнов действовал в лихолетье 90-х, действует сейчас и, уверен, будет действовать многие годы в грядущем. Это - его фирменный стиль. Стиль Ситнова. Аксиома признанного в мире авторитета.

Доброго здоровья, Анатолий Петрович, и крупных побед в Вашем стиле!

Редакция журнала "Двигатель" с большим удовольствием присоединяется к поздравлениям Анатолию Петровичу Ситнову - давнему хорошему другу нашего журнала и его частому автору, в связи с его семидесятилетием. Желаем творческого, делового и простого человеческого счастья, здоровья и многих удач в его бесконечных инициативах. Мы - всегда ваши преданные поклонники и помощники. И ждём дальнейших встреч на наших страницах.



На МАКС-2007 с В.А. Богуслаевым



КИСЛОРОДНЫЙ НАСОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

ФГУП ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова":
Валерий Игнатьевич Гуров, д.т.н.
Константин Никодимович Шестаков, к.т.н.
Виктор Кузьмич Вионцев

ОАО "НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко":
Евгений Николаевич Ромасенко, к.т.н.

Представлена патентозащищенная концепция замены двухкаскадной схемы кислородного насоса (бустер + основной насос) на трехкаскадный насос. На примере расчета кислородного насоса жидкостного ракетного двигателя тягой 200 тс показаны варианты уменьшения его массы с повышением надежности и эффективности предлагаемой схемы. Рассмотрены перспективы использования трехкаскадного кислородного насоса давлением до 30 МПа для наземного применения.

Presented is a patent-defended concept of replacing two-spool oxygen pump (booster + main pump) by three-spool pump. An example of designing an oxygen pump for 200-tons thrust rocket engine shows variants of its lower mass and greater reliability and efficiency of the proposed scheme. Considered are application perspectives of a 30-MPa three-spool oxygen pump for land service.

Ключевые слова: инновация, жидкий кислород, лопастной насос, многофункциональность применения.
Keywords: innovation, liquid oxygen, vane pump, multifunction application.

Россия является единственным производителем мощных (от 40 тс) жидкостных ракетных двигателей с успешной их продажей за рубежом. У нас накоплен огромный научно-технический и технологический потенциал по дальнейшему совершенствованию перспективных ЖРД в широком диапазоне их тяги. В книгу рекордов Гиннеса внесены самый мощный ЖРД тягой 740 тс (ОАО "НПО Энергомаш им. В.П. Глушко") и самый легкий в своем классе кислородно-керосиновых двигателей тягой 150 тс - НК-33 (ОАО "Кузнецов"). Двигатели РД-180 и НК-33 на постоянной финансовой основе поставлялись до недавнего времени в США. Такое положение дел позволило сохранить научно-производственный костяк специалистов, сосредоточенных в различных ОКБ РФ (Химки - Моск. обл., Самара и др.).

В этом году исполняется 10 лет со дня проведения успешной государственной патентной экспертизы схемы 3-каскадного кислородного насоса [1]. Реализация такого насоса позволит заметно снизить массу турбонасосного агрегата ЖРД при повышении его надежности и эффективности. Одновременно проведена проработка возможности применения турбонасоса новой схемы в народном хозяйстве в связи с повышением интереса к широкому внедрению кислородно-водородных технологий, особенно в части длительного хранения газов высокого давления (до 100 МПа) на основе криогенных жидкостей.

Суть предлагаемой концепции заключается в том, что двухкаскадная насосная система подачи жидкого кислорода заменяется 3-каскадной. Такой подход согласуется с принципом поэтапного совершенствования сложных технических систем по аналогии с переходом от двухвальной к трехвальной схеме авиационного двигателя, когда для улучшения технических показателей систем созревают условия успешной реализации таких улучшений, прежде всего, в формате полученных новых результатов [2]. При этом, благодаря использованию среднего каскада насоса, обеспечивается сверхкритическое значение давления жидкого кисло-

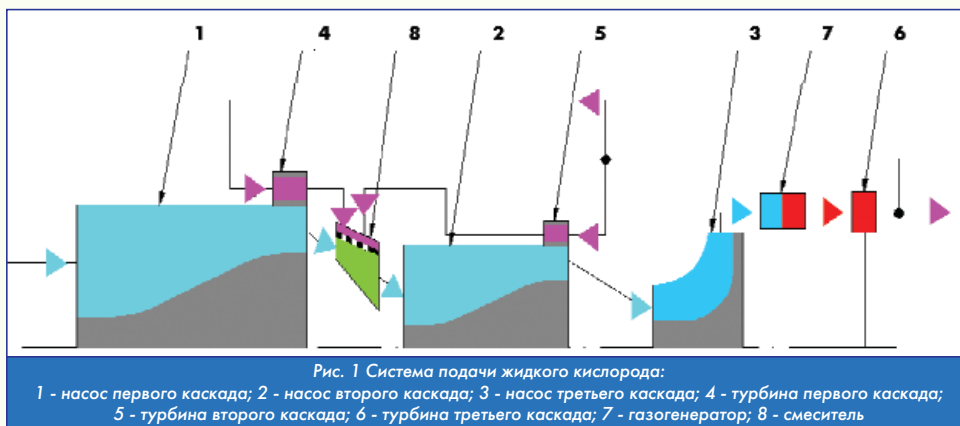
рода на входе в основной насос, а необходимая всасывающая способность всей системы обеспечивается заданием оптимальной окружной скорости бустерного насоса. Такое перераспределение напора между тремя каскадами приводит, как показывают параметрические исследования, к заметному уменьшению массы системы подачи по сравнению с двухкаскадной системой и снижению возможности разгара основного насоса. Разгар проявляется в горении металла конструкции с катастрофическими последствиями для всей материальной части двигателя. Особенность разгара - его быстротечность: время необратимого процесса не превышает 10 мс [3-5].

Разработке концепции предшествовали обширные экспериментально-теоретические исследования, проведенные в ЦИАМ (Москва), КМЗ (Куйбышев) и КБЭМ (Химки) с целью выявления особенностей разгара нагреваемых металлических образцов в потоке жидкого кислорода. Кроме того, доведены до инженерного использования расчеты и проектирование криогенных жидкостных систем с оптимизацией (по режиму работы) их кавитационных показателей. В результате исследований установлено, в частности, что стойкость металла конструкции (при трении) к разгару заметно повышается благодаря устранению кавитационных образований путем повышения давления среды выше его критического значения [5]. В жидком кислороде с давлением, большим критического значения, стойкость к разгару металла конструкции при трении существенно увеличивается: для воспламенения металла требуется большой тепловой импульс по сравнению с условиями, характерными для докритического давления кислорода при ухудшенных условиях по теплоотводу.

Наиболее полно достоинства трехкаскадной системы (рис. 1) подачи кислорода проявляются в трехкаскадных насосах мощных кислородно-керосиновых ЖРД. Как показали расчеты, снижение массы в таком насосе может достигать 40 % при тяге двигателя 200 тс. При этом одновременно повышается надежность

конструкции, поскольку уменьшается вероятность разгара насоса даже при максимально возможной по скоростному параметру подшипника частоте вращения ротора третьего каскада.

Большой вклад в формирование массы кислородного насоса вносит первый (бустерный) каскад (БК), который при нулевом превышении ($\Delta P_{вх}$) полного входного давления кислорода над его давлением насыщенных паров может составлять до 70 % от общей массы насоса. Однако по мере повышения величины параметра $\Delta P_{вх}$ гиперболически снижается и относительная масса БК. На рис. 2 представлено изменение выходно-



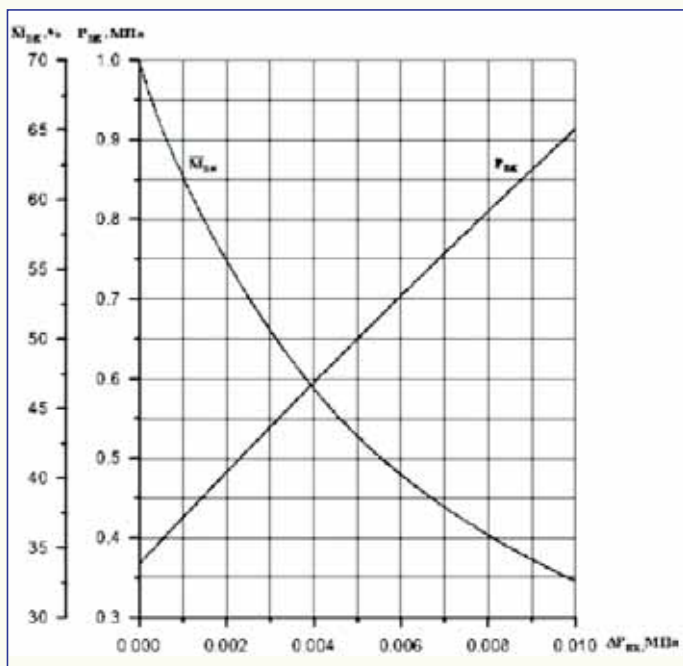


Рис. 2 Зависимость относительной массы бустерного каскада и выходного давления от превышения входного давления над давлением насыщенных паров кислорода

го давления P_{BK} и относительной массы $M_{BK} = M_{BK}/M_H$, как отношения массы бустерного каскада M_{BK} к массе M_H всего кислородного насоса в зависимости от параметра $\Delta P_{вх}$. Из этого рисунка видно, как по мере повышения $\Delta P_{вх}$ снижается относительная масса M_{BK} и одновременно повышаются возможности БК по наращиванию выходного давления P_{BK} . Так, при изменении параметра $\Delta P_{вх}$ от 0 до 0,01 МПа давление P_{BK} меняется от 0,37 до 0,92 МПа (рис. 2).

Большим резервом заметного облегчения БК являются конструктивные мероприятия. Примером может служить конструкция БК с приводом от газовой турбины, расположенной на периферии рабочего колеса бустерного каскада. Привод БК функционирует на рабочем теле, частично отбираемом из выходной полости основной газовой турбины [6]. Смешение высокотемпературного рабочего тела с потоком жидкого кислорода приводит к повышению его температуры и, следовательно, теплофизического показателя α_{01} , характеризующего склонность жидкости к кавитированию. Это позволяет в некоторых случаях оптимизировать окружную скорость U_{1cp} рабочего колеса второго каскада, что связано с заметным повышением термодинамической поправки к кавитационному запасу насоса Δh_{HFO} при его работе на холодной воде. Здесь под кавитационным запасом Δh_{HFO} понимается превышение (выраженное в размерности m^2/c^2) полного входного давления жидкости над давлением насыщенных паров. Расчет оптимальной скорости производится по соотношению [5]

$$(U_{1cp})_{opt} = 0,21 \frac{\sqrt{\alpha_{01}}}{\Delta \bar{h}_{HFO}^{0,7}}, \text{ где } \Delta \bar{h}_{HFO} = \frac{\Delta h_{HFO}}{U_{1cp}^2}.$$

Назначение второго каскада насоса сводится к обеспечению давления кислорода перед третьим каскадом выше критического его значения $P_{кр} = 5,09$ МПа, что снимает ограничения, вызванные возможностью возникновения кавитации и преждевременного разгара конструкции. В таком случае частота вращения ротора третьего каскада лимитируется только максимальным уровнем параметра, характеризующего напряженность работы опор вала насоса произведением мощности на квадрат частоты вращения.

Представленное перераспределение давления кислорода между тремя каскадами приводит, как уже упоминалось, к повышению надежности и заметному уменьшению массы системы подачи компонента топлива по сравнению с двухкаскадной системой. Более того, расчеты установлены, что для кислородно-керосиновых ЖРД тягой 200 тс при освоеном уровне параметра напряженности опор ротора кислородного насоса возможно достижение им вы-

ходного давления в варианте двухкаскадного исполнения не выше 70 МПа при сохранении приемлемых массовых показателей ТНА, тогда как использование трёхкаскадного кислородного насоса позволяет повысить уровень указанного выходного давления до 90 МПа, а в отдельных случаях даже выше.

С целью разработки конструктивной схемы мощного кислородного насоса нового поколения применительно к ЖРД тягой 200 тс проведены расчеты основных параметров насосов всех трех каскадов для расхода кислорода $G = 460$ кг/с при начальном входном давлении $P_{вх} = 0,26$ МПа и суммарном выходном давлении $P_H = 60$ МПа. В таблице представлены результаты расчетов, где $T_{вх}$ - температура кислорода при входе в насос первого каскада, n - частота вращения, N - мощность, η_k - к.п.д., D_k - наружный диаметр рабочего колеса насоса, \bar{D}_{BT1} - относительный диаметр втулочной поверхности при входе в колесо, \bar{D}_{BT2} - относительный диаметр втулочной поверхности при выходе из колеса, β'_{1k} и β'_2 углы рабочего колеса на периферии входа и выхода колеса, Z_k - количество лопаток колеса, S_{1cp} - толщина входных кромок на среднем диаметре входа в колесо, M_H - масса насоса.

Таблица 1
Основные параметры трехкаскадной системы

Каскад	G, кг/с	P _{вх} , МПа	P _{вх} ', МПа	T _{вх} , К	n, мин ⁻¹	N, кВт	D _к , мм
1	460	0,26	1,87	95	6400	790	230
2	483	1,63	5,51	130	11400	2680	173
3	483	5,50	60	135	26300	36100	223

Таблица 2
Основные параметры трехкаскадной системы (продолжение)

Каскад	\bar{D}_{BT1}	\bar{D}_{BT2}	β'_{1k}	β'_2	Z _k	S _{1cp}	M _H , кг
1	0,35	0,72	11	30	4+4	0,5	37
2	0,35	0,75	14	55	4+4	0,5	24
3	0,45	-	30	90	8	1,0	156

Из анализа таблиц следует, что расход газа на привод насосов первого и второго каскадов не превышает 5 %, а параметр напряженности ротора третьего каскада составляет $N \cdot n^2 = 25 \cdot 10^{12}$ кВт/мин², что отвечает современному достигнутому уровню этого технического показателя. Кроме того, следует обратить внимание на то, что из-за высокого уровня термодинамической поправки давление кислорода перед насосом второго каскада ниже давления насыщенных паров на 7,3 %. На рис. 3 приведена конструктивная схема кислородного насоса с обеспечением, в основном, параметров, представленных в таблице. Большая протяженность зоны смешения газа с жидким кислородом позволяет (как показали специальные испытания) обеспечить равномерное смешение разных фаз рабочего тела без дополнительных мероприятий, особенно для представленного на рис. 3 варианта, когда сброс газа производится после каждого каскада.

Предложенное техническое решение может найти применение не только при совершенствовании мощных жидкостных ракетных двигателей, но и в других отраслях народного хозяйства. Так, например, при необходимости получения газообразного кислорода сверхвысокого давления (до 100 МПа) можно производить закачку в закрытые емкости жидкого кислорода давлением до 30 МПа с последующей его газификацией за счет тепла окружающей среды. При этом давление в закрытой емкости будет повышаться практически (без учета реальных свойств газа) пропорционально повышению его температуры. Такой способ получения газообразного кислорода высокого давления при использовании жидкого кислорода путем его заливки в замкнутый резервуар [7] широко применяется в КБХА (Воронеж).

В заключении отметим, что известен единичный пример, когда

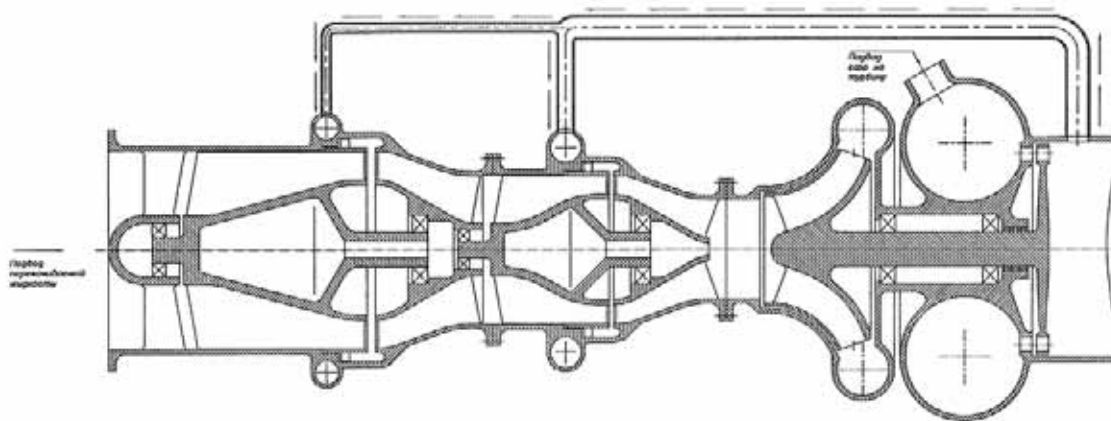


Рис. 3 Конструктивная схема кислородного насоса для ЖРД тягой 200 тс

трехроторная конструкция кислородного насоса реализована в двигателе РД-0120 (КБХА) с несоосными роторами, имеющими разные частоты вращения [8]. Преимущество предлагаемой схемы кислородного насоса нового поколения заключается в соосном размещении трех роторов с разными частотами вращения, причем соотношение этих частот выбрано с обеспечением минимальной массы насоса. Соосность обеспечена размещением приводных газовых турбин на периферии рабочих колес насосов первого и второго каскадов. Кроме того, давление кислорода перед основным насосом выбрано выше критического значения, что призвано обеспечить повышение надежности функционирования насоса за счет снижения возможности возникновения разгара. **!**

Литература

1. Гуров В.И., Ромасенко Е.Н., Шестаков К.Н. и др. Насосная система подачи жидкого кислорода. Патент РФ № 42072 на полезную модель с приоритетом от 20.11.2004.
 2. Гуров В.И. Принцип постадийности - направление совершенствования сложных технических систем. Энергия: экономика - техника - экология. 2013., № 4., С. 46-48.

3. Ромасенко Е.Н., Гуров В.И., Шестаков К.Н. Пути повышения эффективности насосной системы подачи ЖРД. Конверсия в машиностроении. 2004., № 6., С. 42-44.
 4. V. Gurov, E. Romasenko, K. Shestakov. The concept of efficient high pressure oxygen feed system. - The 42th AIAA/ASME/SAE/ASEE Conference and Exhibit, 9-12 July, 2006, Sacramento, California.
 5. Гуров В.И., Шестаков К.Н. Разработка криогенных турбонасосов. М.: Информконверсия. 2000., 132 с.
 6. Ромасенко Е.Н. Опыт разработки и применение схемы кислородного бустерного ТНА ЖРД со сбросом газа после турбины БТНА на вход в основной насос. Труды НПО "Энергомаш им. академика В.П. Глушко" XIX. Москва, 2001., С. 139-157.
 7. Ильичев В.А., Пригожин В.И., Савич А.Р. и др. Стенд для испытаний энергоустановок с криогенными компонентами. Патент РФ № 2445503 на изобретение с приоритетом от 08.10.2010.
 8. Демьяненко Ю.В., Дмитриенко А.И., Калитин И.И., Першин В.К. Способ обеспечения антикавитационной устойчивости систем питания жидкостных ракетных двигателей, разработанных КБ Химавтоматики. Космонавтика и ракетостроение. 1999., №16., С. 73-81.

ХІІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2014
 МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ
18 - 21 НОЯБРЯ



ОРГАНИЗАТОР
 Международный выставочный центр
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
 Министерства промышленной политики Украины
 Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"



Международный выставочный центр
 Украина, 02660, Киев
 Броварской пр-т, 15
 М "Левобережная"
 ☎ (044) 201-11-65, 201-11-56
 e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
 www.iec-expo.com.ua
 www.tech-expo.com.ua



Российский государственный гуманитарный университет развивает новый образовательный проект, предлагающий школьникам и подросткам попробовать свои силы в творчестве на самом современном технологическом уровне. Это - "Университетские субботы", день интеллектуального сотрудничества поколений, которые, объединяя опыт и динамизм, могут показать человеческие возможности цифровой техники, гуманитарный потенциал сетевых коммуникаций!

Центр технологической поддержки образования Международного института новых образовательных технологий РГУ распахнул свои двери для всех, творческих и социально подвижных людей. Это очень интересно - услышать от первого лица что-то крайне новое и интересное, сделать что-то своими руками, тем более, что в Центре можно пофантазировать, как создать современную цифровую модель любого объекта - от макро - до нано размерности!

На встречу с аудиторией - детьми, подростками, родителями и учителями приглашаются отечественные и зарубежные ученые, которые подскажут, какие задачи сегодня легко решаются с помощью цифрового оборудования, помогут, разбудить фантазию и желание учиться!

Департамент образования Москвы поддерживает начинание, которое показало большой интерес детей, родителей и учителей, а так же - возможность разработки психологически ориентированных экскурсий, программ, проектов для разных социальных групп и категорий учащихся школ, колледжей и вузов города.

В эту субботу, 8 ноября, присутствующим была предложена весьма разнообразная программа встреч. Их объединяла общая тематическая направленность: у каждого молодого человека в жизни стоит вопрос выбора своего профессионального пути. Можно стать военным, ученым, писателем, журналистом, педагогом - как найти себя в современном мире? Можно ли совместить многое из этого и стать профессионалом?

Открыл встречу с сообщением на тему: "Новые образовательные технологии в Российском государственном гуманитарном университете: существующие тренды и перспективы" директор МИ НОТ РГУ, Сергей Викторович Кувшинов.



Известная летчица, педагог, писатель и журналист Радмила Тонкович - военная летчица, профессор филологии, писательница, авиажурналистка, редактор научных журналов. Она рассказала о проблемах политической и культурной жизни современной Европы, поделилась воспоминаниями о событиях войны в Сербии и Черногории 1999 года, агрессии НАТО в Югославии, цинично названной натовцами "Милосердный ангел".

Р.Г. Тонкович представила свою новую книгу о сербском лётчике Сондермайере. Радмила Тонкович - военная летчица, профессор филологии, и одновременно с тем - писательница, авиажурналистка, редактор научных журналов, первая и единственная женщина на Балканах - Кавалер Почетного Золотого знака пилота ВВС и ПВО Армии Сербии, и первая и единственная женщина, награжденная Почетным парадным кинжалом офицера воздухоплавания Сербии.



Известный учёный, историк техники и писатель Д.А. Соболев выступил с интереснейшим рассказом о начале изобретения и становления авиации - её истоках и непростою пути изобретательской мысли.

Д.А. Боев, заместитель главного редактора журнала "Двигатель" и инженер-двигателестроитель рассказал о том, в каком направлении движется научная мысль у современных двигателестроителей и как это влияет на прогресс техники.

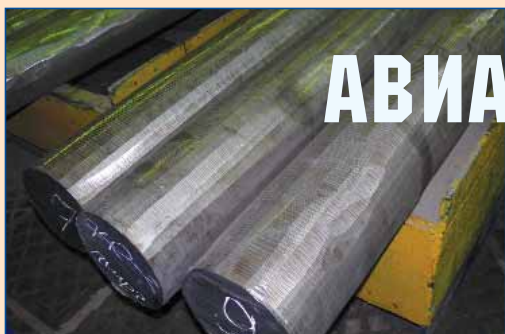
Выступления вызвали неподдельный интерес слушателей, а разыгрываемые призы, в качестве которых работали обсуждаемые книги и журналы, прибавили энтузиазма.

Возможности лаборатории новых образовательных технологий, созданной в РГУ существенно шире, чем у общепринятых лекториев и клубов. Приближение гуманитарной и технической составляющих современной науки даёт недостижимый ранее синергетический эффект. **П**



МЕТАЛЛУРГИ "ЭЛЕКТРОСТАЛИ" -

АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЯМ РОССИИ



15 октября 2014 года в подмосковном городе Электросталь на одноименном градообразующем металлургическом предприятии (сейчас - ОАО Металлургический завод "Электросталь") состоялось расширенное заседание Президиума научно-технического совета ассоциации "Союз авиационного двигателестроения". Тематика заседания, на котором присутствовало 85 человек - руководителей предприятий и специалистов - *"Коренная модернизация основных фондов с использованием передовых технологий мирового уровня и применение новых высокоэффективных материалов - гарантия изготовления и поставок металлопродукции высокого качества, обеспечивающей конкурентоспособность ПД и безопасность полетов"*.

Актуальность темы была обусловлена как состоянием основных фондов металлургических предприятий авиастроительной отрасли, требующих модернизации, так и сложной международной обстановкой периода навязываемых нам всяческих экономических запретов и торговых войн, затрудняющих международное сотрудничество. Кроме того, у электросталевских металлургов, имеющих большой опыт работы с заказчиками высококачественных металлических заготовок для наземного оборудования, не было пока практики работы с создателями летающей техники.

Перед началом заседания руководство предприятия провело трёхчасовую экскурсию по только что модернизированным цехам завода, способным вырабатывать высококачественные заготовки колоссальных размеров из высоколегированных сталей и сплавов. Продукция получается с весьма высокими параметрами по химии состава, термообработке и геометрическим параметрам. В результате, существенно уменьшается количество материала, переводимого в стружку при окончательной обработке детали. Требования равнопрочности материала, стоящие весьма высоко в авиационных изделиях, при такой выработке заготовок соблюдать существенно проще.

Нужно отметить, что всё оборудование предприятия на момент экскурсии работало и было занято штатной рабочей программой, не рассчитанной специально на показ участникам совещаний и прессе. Впрочем, от этого демонстрация менее эффективной не стала. Стоит отметить, что энергетическая насыщен-

ность печей и станков "Электростали" позволила относительно компактным агрегатам выполнять работы, для которых ранее требовались колоссальные по размеру механизмы. А часть из них вообще ранее производить было невозможно из технологических соображений.

Участники заседания прошли по сталеплавильному цеху, где работала открытая индукционная печь, также вакуумная индукционная печь "Consarc" и вакуумная дуговая печь, установленная израильской фирмой ALD, с помощью которых рафинировали ранее полученные заготовки, улучшая их структуру.

В кузнечно-прессовых цехах были показаны уникальные ковочные комплексы MH SMS MEER, позволяющие получать кованные валы большой длины и диаметра. Кольцепрокатные станы Siempelkamp, недавно установленные, дают возможность получать заготовки роторных дисков (причём, в том числе и выполненные заодно с валом), корпусные детали и обечайки из высоколегированных сплавов. Станы тоже показывали в работе, причём, за время обхода участниками заседаний было выполнено несколько разнородных операций - поскольку всё функционирование комплекса автоматизировано.

В конце концов, были продемонстрированы новые уникальный измерительный комплекс и линия контроля выходящей продукции, по своим техническим возможностям также являющаяся гордостью завода.

Стоит отметить, что в одной из печей выходной термообработки оказалась заправлена... рыба, (выращенная здесь же, в тёплых прудах оборотного водоснабжения завода). Данные печи позволяют весьма точно выдерживать любой температурный режим, в том числе и кулинарного диапазона. Эти экспонаты были с большим энтузиазмом протестированы участниками совещания.

Заседание научно-технического совета открыл президент АССАД В.М. Чуйко, а вступительное слово произнёс генеральный директор завода Е.В. Шильников.

Описал требования к металлическим материалам в новых авиационных двигателях начальник отдела ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" доктор наук Е.Р. Голубовский. В своём докладе он достаточно подробно осветил параметры, которые должны обеспечивать эти металлы и сплавы. Методику получения таких материа-



Участники совещания



Горизонтальный обжимной стан



Генеральный директор Metallist-Самара Ю.С. Елишев интересуется контрольной аппаратурой Электростали



Откованная заготовка диска



Ультразвуковая дефектоскопия заготовки диска турбины

образом можно использовать всё вышеперечисленное при создании новых конструкций авиационных двигателей.



Печёная в фольге рыбка из печи. Металлургической

лов и работы с ними осветила в своём докладе заместитель генерального директора ВИАМ, известный учёный О.Г. Оспенникова. Возможности предприятия по таким работам раскрыл перед слушателями директор по освоению новых технологий ОАО "МЗ "Электросталь" С.А. Кононов, а установленные на этом производстве систему менеджмента качества и сертификацию производства представил директор по сертификации предприятия-хозяина А.В. Артеменко.

Генеральный директор немецкой компании Siempelkamp, которая поставила все модернизированные системы получения заготовок, Самирон Мондаль, конкретизировал возможности новой техники и диапазон её применения, а президент чешской компании АТГ, которая снабдила завод системами неразрушающего контроля, рассказал об их работе.

Выступил также и генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель" А.А. Иноземцев (кстати, один из инициаторов встречи) и поведал публике, каким

Прошедшее расширенное заседание НТС АССАД и ОАО "Электросталь" решило, ввиду исключительной важности проблемы обеспечения конкурентоспособности ПД и безопасности полетов, создание и внедрение в производство новых высокоэффективных материалов с использованием передовых технологий мирового уровня, рекомендовать руководителям предприятий отрасли рассмотреть перспективы кооперации и поставки ме-

таллопродукции высокого качества с ОАО "Металлургический завод "Электросталь". В обеспечение этой возможности, следует определить ОАО "Металлургический завод "Электросталь" ведущей организацией - серийным предприятием ассоциации "Союз авиационного двигателестроения" по внедрению в производство новых высокоэффективных материалов и поставке металлопродукции высокого качества на предприятия двигате-



Директор по освоению новых технологий "Электростали" С.А. Кононов



Представитель ЦИАМ Е.Р. Голубовский

ле - и агрегатостроения для обеспечения конкурентоспособности газотурбинных двигателей и безопасности полетов. Кроме того, сочли важным рекомендовать генеральной дирекции ассоциации "Союз авиационного двигателестроения" проработать вопрос о создании рабочей группы ассоциации по неразрушающему контролю деталей авиационных двигателей и агрегатов.



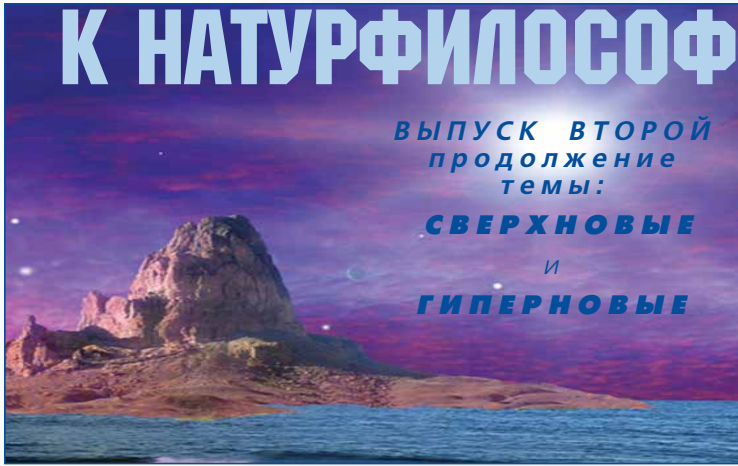
Директор немецкой компании Siempelkamp Мондаль Самирон (слева)



За столом президиума: О.Г. Оспенникова -ВИАМ, Е.В. Шильников - генеральный директор "Электростали", В.М. Чуйко - президент АССАД, А.А. Иноземцев - генеральный конструктор ОАО "Авиадвигатель"

К НАТУРФИЛОСОФИИ УДАРНЫХ ВОЛН

ВЫПУСК ВТОРОЙ
продолжение
темы:
СВЕРХНОВЫЕ
И
ГИПЕРНОВЫЕ



Пролог

Прогресс компьютерного ("цифрового", дискретного) моделирования физических процессов чреват, как это предвидел "САХ", стимулированием некоторого рода атрофии мыслительных способностей. Причём, к сожалению, не только школьников, студентов и аспирантов. Традиционный образ исследователя, стремящегося понять с чем работает (а не только роботоподобно "предвычислить") вышел из моды, стал слишком уникален, почти так же, как вышла из моды логарифмическая линейка.

И это характерно, когда имеют дело с исследованием сложных физических процессов. Все еще достаточно свежим сценарием здесь остается, например, поиск "хорошего" описания структуры фронта ударной волны, где происходит поразительно быстрый рост энтропии среды. Казалось бы, что, скажем, мешает довольствоваться "Методом Монте-Карло", при котором применяется "любовая имитация" ударно-волнового перехода? Но: тогда было бы столь же логичным ограничиться экспериментальным лазерным прецизионным зондированием структуры ударного фронта.

Однако, вряд ли все теоретики отшатнутся от своих игр: некоторые не прекратят попыток описания на уровне уравнения Больцмана, которое уже предполагает некоторое редуцирование молекулярной кинетики. Дальнейшее редуцирование характерно для известной с 1951 года "Модели Мотт-Смита", авторство на которую оспаривал академик Тамм.

Более кардинальное редуцирование характерно для Навье-Стоксовой модели течений сплошной среды - с ее предпосылкой локального термодинамического равновесия, символизированного "тождеством Гиббса", подразумевающим мгновенную перестройку температуры:

$$dE = TdS - pdV.$$

Правда, в модели Навье-Стокса неравновесность замаскирована феноменологией диссипативных коэффициентов.

Континуальная модель среды д'Аламбера-Эйлера при таком "подгоне" слишком прельстительна, удобна для традиционного понимания фундаментальных особенностей структуры фронта ударной волны. Категорические феноменологические далеко бесполезны и для объяснения тех результатов, которые достижимы методами изоциркованного эксперимента: и зондировочного (в том числе, лазерного), и при цифровом кинетическом моделировании.

* * *

Поучительный пример - модели структуры ударного фронта в излучающем газе (плазме), особенно при смене топологии этой структуры по мере перехода скачка к большим числам Маха. Здесь в роль "фотонного пара" долго не смогли вникнуть даже весьма компетентные теоретики. Некоторые даже и ныне наивно пытаются ограничиться заведомо переупрощенными рассуждениями "на пальцах" (R. Drake и другие).



В.А. Белоконов, 1973 г.

Кстати, автор данного текста излагал в 1968 году (Конгресс по механике, МГУ) свое "полное" аналитическое решение структуры ударного фронта в излучающем газе. Знаменитый профессор Яненко, оказавшийся среди внимательных слушателей, в каком-то припадке аллегрии к подобной "устаревшей" аналитике, зап-

© Валентин Анатольевич Белоконов, выпускник ФТФ МГУ/МФТИ, член Нац. Комитета теоретич. и прикл. механике, академик Академии космонавтики, участник "спецгруппы ФИЗТЕХов" во главе с САХ

Посвящается незабвенной памяти Сергея Алексеевича Христиановича - "САХ" а.

Структура светящихся ударных волн в плазмоподобных средах в применении к астрофизике. Применение к астрофизике звёзд

The radiative shock waves in plasmalike environments. Their application for star explosions and beyond.

Ключевые слова: ударные волны, сверх- и гиперновые звёзды, энтропия.

Keywords: shock waves, super- and hypernew stars, entropy.

ротестовал, резко заявив о "безусловном преимуществе" компьютерного моделирования таких сложных течений. Доклады АН СССР в томе 202 опубликовали мой доклад [1972, №6] с подачи Я.Б. Зельдовича.

Справедливости моей позиции подтвердилась грандиозной статьёй главного теоретика ЦИАМ - профессора МФТИ Александра Крайко [ПММ № 5 (2011)].

Ценным вкладом в описание структуры светящегося ударного фронта являются новые исследования российско-японского коллектива: А. Толстов, С. Блинников, S. Nagataki, K. Nomoto.

Впрочем, модель Навье-Стокса - не самая "прозрачная". Полагая, что и эйлерово описание нельзя считать "выпитым до дна". Несмотря на столь характерное игнорирование диссипативных процессов, эйлеров континуум - предельно редуцированное описание сплошной среды - заслуживает внимания теоретиков-аналитиков и их студентов.

Публикация в ЖЭТФ (1959 год: тогда письма в редакцию печатались под одной обложкой с регулярными статьями) моего аналитического точного решения для той амплитуды скачка в излучающем газе, при которой исчезает изотермический субскачок Рэлея (1910), вызвала острый интерес в Объединенном Институте Лабораторной Астрофизики (США, Колорадо, д-р Томас и проф. Буземанн), а также в ИХФ АН СССР (Я.Б. Зельдович). Зельдович считал, что моим предшественником был Беленький (ЦАГИ), который говорил о неизбежности исчезновения изотермического субскачка при доминировании светового давления. Но аналитической формулы - критерия такого исчезновения Беленький не указал: не получил.

Мой критерий гласит, что изотермический субскачок исчезает при скачковом отношении давления света (фотонного газа) к давлению вещества $(P_{phoc}/P_{matter})_+ \geq 4.45$. Пренебрежимое световое давление $P_{phoc}/P_{matter} = 0$ при сильном (адиабатическом) скачке в веществе $\gamma = 5/3$ соответствует изотермическому уплотнению $= 2/(\gamma - 1) = 3$.

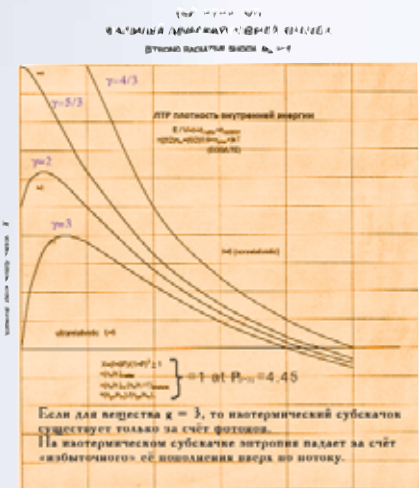
Поскольку число степеней свободы молекул одноатомного газа равно:

$$f = 2/(\gamma - 1) = 3$$

при равномерно распределительном приближении, то максимальное сжатие на изотермическом субскачке всего на единицу слабее итогового максимально возможного сжатия адиабатическим скачком, равного:

$$p_+/p_- = (\gamma_+ + 1)/(\gamma_+ - 1) = f_+ + 1 = 4.$$

Таким образом, в простейшем случае плазмы в "газовом" приближении (принятом за основу в обзоре Тома Уивера 1976 г. и др.) ослабевающая светящаяся ударная волна, вы-



ходящая наружу из "Сверхновой" или "Гиперновой" звезды, не минуя диапазон условий существования изотермического субскачка, сначала светит умеренно, поскольку весьма оптически толста (глубока) передняя зона прогрева. Но нарастание степени сжатия оптически тонким изотермическим субскачком дает наблюдаемую вспышку интенсивности посылаемого вперед излучения, это - повод назвать этот эффект (в стиле Георгия Гамова) "**Ударно-волновой стриптиз**" (а "Radiative Shock Striptease"). Иными словами, чем относительно слабее уплотнение в зоне прогрева, тем эта зона прозрачнее. Тем более, при тепловой неравновесности.

Наряду с аналитическим исследованием и численным моделированием течений "сплошной среды" с целью описания искомых эффектов или нахождения рациональных (в том числе оптимальных) инженерных сценариев, небезынтересно изучение особенностей формализма самого по себе. И в том немалая истина! Например, фундаментально математическая проблема "существования" искомых решений, адекватно описывающих ударную волну. Таков - формализм "существования ударной волны", вводимой феноменологически (то есть полуэмпирически) в эйлеровы течения. Хотя на уровне навье-стоксовской среды математическое существование ударной волны выводится вполне правдоподобно, по крайней мере для умеренно высоких значений числа Маха (M_{shock}). Но даже при столь высоких M_{shock} когда ширина структуры ударного фронта не во много раз превосходит средний пробег молекул газа, скажем, феноменология сплошной среды не только методически интересна, но может оказаться практически бесполезна, указывая на новые реальные эффекты, и стимулируя более глубокое понимание особенностей математического аппарата, логику данного формализма.

Так, обратившись к континууму Д'Аламбера - Эйлера (при понимании физической нереальности этой модели многих реальных сред), обнаруживаем некую чрезмерность простоты в общепринятом использовании уравнений Эйлера для течений с ударными волнами.

Конечно, эйлеровская модель оказалась удивительно продуктивной - вопреки ее предельной редуцированности. Но разве при этом логически оправданно традиционное игнорирование (ради простоты как таковой?) вопроса о значении параметров континуальной среды в точке разрыва - и ударно-волнового, и контактного?

Даже столь видный автор, как Рихард Курант (ближайший ученик великого Давида Гильберта) этот внятный вопрос абсолютно игнорирует, несмотря на всю претенциозность его глобального катехизиса "Теория ударных волн и сверхзвуковых течений".

Мне довелось лично задать этот вопрос Рихарду Куранту в мае 1969 года. И он с готовностью отпарировал: "А зачем это нужно?". Действительно: остальное было очень нужно при срочном решении проблем "Манхэттенского Проекта", ради которого Рихард Курант читал лекции, рассекреченные в форме книги в 1947 г.

Но его величайший предшественник Кларк Максвелл, читая свой курс лекций в Кэмбридже, недаром высказался: "Наука возникла, когда перестали начинать с вопроса - зачем это нужно"... Но об этом - в следующей части этого цикла.

Феноменология изотермического субскачка внутри адиабатического ударного фронта в излучающей газе.

Следуя феноменологии Артура Эддингтона, описывавшего (1926/30) внутреннее строение звезд на уровне соблюдения локального термодинамического равновесия, предположим соблюдение его уравнения состояния звездной плазмы как однотемпературной смеси вещества (m) с тепловым излучением (l):

$$P = P_m + P_l = n_m kT + 0.902 n_{phot} kT = 2E_m / V + CT^4 = (\gamma - 1) E_m / V + E_l / 3V. \text{ (EOS)}$$

Эволюция среды (здесь трактуемой как континуум) подчиняется одномерному соблюдению первого закона термодинамики в форме $dQ - dE = dW = p^{**} dv \Rightarrow (\Delta V / \Delta p^{**}) \Delta (p^{**})^2 / 2 = \Delta Q - \Delta E$, где подразумевается локальная стационарность структуры ударного фронта ($\partial / \partial t = 0$) $\Rightarrow u / V = \rho u = \text{const}$, то есть баланс внутренней энергии среды в форме

$$\Delta E = \Delta Q - (1/2)(P_{**+} - P_{**})$$

Явную форму диссипации далее предположим ($P_g \Rightarrow 0$, как у W. Rankine 1870) только в виде теплопроводности, причем "коэффициент χ теплопроводности допускаясь зависимым от состояния газообразной

среды, здесь - от одной переменной" [Rayleigh 1910]:

$$\partial Q = (1/\rho u) \partial (\chi dT/dx).$$

На основе таких общих и частных предпосылок автором [цикле работ, опубликованном в 1958/59/68 и 1972] найдено аналитическое решение для амплитуды изотермического субскачка, степень сжатия вещества среды в котором (при резком снижении энтропии!)

$$X = (\rho_{**}/\rho)_m = (n_{**}/n)_m = (f + \delta P) / (1 + P)^2 \geq 1, \quad [\text{Bel } 68/72]$$

$$\text{где } P = P_{phot} / P_{matter} = 0.9 \langle n_{pl} \rangle / n_m,$$

причем $(n_{**}/n)_{phot} = 1$, поскольку $n_{phot} = \text{const } T^3$, а скачок изотермичен.

Таким образом, если вещество звездной плазмы характеризуется типичным значением $5/3 = \gamma = (f + 2)/f$, то при распространении сильной ударной волны из недр сверхновой звезды (SN, тем более Hyper-N!), по мере ослабления энергетического вклада излучения, при $P_{phot} / P_{matter} = P = 4.45$ возникает изотермический скачок плотности, способный усилиться до максимума $X(P_{phot} / P_{matter} \ll 1) = f = 3$, что повлечет возможное временное усиление видимой мощности светового излучения Сверхновой (SN) или Гиперновой (Hyper-N).

Проблема визуальной регистрации SN и HYPER-N связана с зоной доскачкового прогрева. Для достаточно сильной ударной волны, можно пренебречь значением (C_p/C_v) перед ударной волной. Более того: если не вся зона прогрева, то ее начало вполне может оказаться лишенным локального термодинамического равновесия. Далее, умеренное сжатие среды даже при довольно большой протяженности зоны прогрева дает неглубокую оптическую толщину, а экстремально быстрое сжатие в вязком субскачке соответствует пренебрежимой оптической его толщине, что и дает повод говорить о своеобразном "стриптизе", то есть наблюдаемой вспышке. Этот изотермический "вязкий" скачок замыкает в целом адиабатическую структуру фронта ударной волны. И параметр (C_p/C_v) вещества данного течения, как раз фигурирует в теоретической формуле работ автора, в том числе от 1972 года.

Далее по потоку следует зона высвечивания, которая реально может соответствовать настолько существенной потере тепла, что в итоге составная структура ударной волны окажется в целом изотермической. У некоторых авторов этот простой факт приводит к путанице в терминологии, поскольку изотермическим уже объявлен вязкий скачок внутри адиабатического фронта, а процесс в целом может оказаться изотермическим в силу простейшей потери тепла вниз по потоку.

Небесполезно подчеркнуть, что наша трактовка допускает произвол в значениях (C_p/C_v) - и даже отсутствие ЛТР (LTE) в предскачковой зоне прогрева. Заметим, кстати, что, вообще говоря, ΔQ - категория более обобщенная, нежели $\int^* TdS$.

В итоге: подчеркнем вечную актуальность точных аналитических решений в качестве идеала при тестировании численных программ. **▣**

Селективная хронология публикаций

1958 В. Белоконов: ТРУДЫ МФТИ, Москва.
 1959 В. Белоконов: ЖЭТФ; V. Belokon': JETPh v. 6 p. 235.
 1968 В. Белоконов: доклад на Всесоюзном Конгрессе Теоретической и Прикладной Механики (МГУ).
 1972 В. Белоконов: Доклады АН СССР т. 202 № 6; английский перевод американского физического общества (V. Belokon': vol. 17 n 2 оказался безграмотен).
 1976 Т. Weaver: SN-shock, Astrophys. J. Suppl. October.
 1978 S. Bruenn et al: Shock structure and **neutrino** radiation in stellar collapse. Astrophys. J. April 15, pp 183-186.
 1984 G. Chapline, A. Granik: Phys. Fluids v. 27, n. 8 August 84.
 1986 Л. Ландау, Е. Лифшиц: Гидродинамика, М. ФМ в тексте об изотермическом скачке, последняя формула напечатана перевёрнутой 2000 S. Bouquet et al: A.J. Suppl. April, p 245 [ложное суждение о якобы линейном приближении в работе автора 1959 года].
 2011/10 А.Н. Крайко: "Прикладная математика и механика", № 5 (обобщение теории автора) / "Газовая динамика" - курс лекции МФТИ, изд. как книга.
 2014 В.А. Белоконов: "К натурфилософии ударных волн". научно-технический журнал "Двигатель" № 1/Инженерная физика №№ 1, 4, 8

ОДНОЦИЛИНДРОВЫЕ ДИЗЕЛИ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Одноцилиндровые дизели ТМЗ-450Д и ТМЗ-520Д предназначены для привода различной дорожно-строительной, коммунальной и сельскохозяйственной техники, насосных установок и автономных электроагрегатов. Возможно их применение в качестве стационарных двигателей малотоннажных судов. Дизели могут эксплуатироваться в различных климатических и географических условиях в диапазоне температур окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, на высокогорье, при повышенной влажности и запыленности. В конструкции дизелей применены высокопрочные материалы, которые гарантируют высокую надежность и позволяют снизить массу. Дизели имеют низкий расход топлива и в любых условиях всегда готовы к пуску. Имеются все необходимые сертификаты соответствия. Дизели ТМЗ-520Д унифицированы с дизелем ТМЗ-450Д на 90%, имеют увеличенный рабочий объем и, соответственно, более высокую мощность, такие же габаритные и присоединительные размеры. Дизели ТМЗ-520Д могут использоваться для привода минитракторов и транспортных средств малой грузоподъемности.

Дизели могут иметь вертикальное и наклонное (30° к горизонтали) расположение оси цилиндра и поставляться в различной комплектации (встроенный генератор, электростартер, фильтр очистки воздуха, глушитель, соединительная полумуфта).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	Величина параметра		
	ТМЗ-450Д	ТМЗ-520Д	
Число цилиндров	1		
Диаметр цилиндра, мм	85		
Рабочий объем, см^3	454	520	
Номинальная мощность, кВт при частоте вращения коленчатого вала, мин^{-1} :			
	- 3000	7,0	8,5
	- 3600	8,0	9,5
Удельный расход топлива г/кВт · ч на номинальной мощности при частоте вращения коленчатого вала, мин^{-1} :			
	- 3000	285	
	- 3600	280	
Максимальный крутящий момент, Н · м	22	25,5	
Масса сухая без навесных агрегатов, кг	59	60	



ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДГУ5-П27.5-ВМ1

Дизель-генераторная установка ДГУ5-П27.5-ВМ1 с дизелем ТМЗ-520Д, имеющим дополнительную масляную систему охлаждения, предназначена для обеспечения электроэнергией постоянного тока бортовой сети различных машин при неработающем основном двигателе. Качество напряжения по ГОСТ В 21999-86. Обеспечивает работоспособность средств связи, комплекса вооружения, работу фильтровентиляционной установки, прицелов и приборов механика-водителя, зарядку аккумуляторных батарей. Дизель-генераторная установка может эксплуатироваться в ограниченном объеме (отсеке) при температуре окружающей среды от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$, влажности 98% и запыленности окружающей среды до 3 г/м^3 , длительность непрерывной работы - не менее 24 часов. Время запуска ДГУ при температуре окружающей среды до -40°C с использованием системы предпускового подогрева топлива и масла в картере дизеля - регламентировано и не превышает 20 мин.



СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЯ

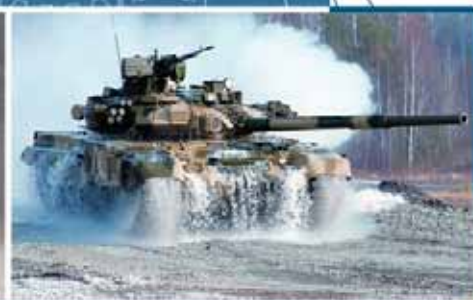
- воздушная от центробежного вентилятора, имеется масляный радиатор.

СИСТЕМА ПУСКА ДИЗЕЛЯ

- основная - электростартером (24В) от аккумуляторных батарей;
- резервная - механический ручной запуск с помощью пускового шкива и шнура.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	Величина параметра
Электрическая мощность, кВт, не менее	5
Напряжение, В	$27,5 \pm 1$
Тип генератора	Постоянного тока, бесконтактный, одноопорный
Двигатель	одноцилиндровый четырехтактный дизель ТМЗ-520Д/30.24У-1 с воздушным охлаждением, с уравнивающим валом и непосредственным впрыском топлива
Расход топлива на номинальном режиме, л/ч, не более	2,2
Диапазон рабочих температур окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	$-50 \dots +50$
Ресурс до капитального ремонта, моточас, не менее	2000
Масса без пульта управления и блока управления, кг, не более	125



ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В ПОРИСТЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ МАТЕРИАЛА "МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕЗИНА"



ФГБОУ ВПО "Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королёва, (национальный исследовательский университет)"

Алексей Юрьевич Ардаков, Андрей Александрович Осипов, Александр Михайлович Жижкин, к.т.н., Николай Николаевич Ромоданов

В работе приводится метод определения гидравлических потерь в материале "металлическая резина" (МР). Обоснована целесообразность использования эффективного гидравлического диаметра при обобщении опытных данных в качестве характерного размера пористой среды.

This article contains reasons on methods of definition of hydraulic losses in material "metal rubber" (MR) On the basis of the previous researches of the porous materials directed on reduction to concepts of pipe hydraulics, and also the parameters of material MR given about statistical researches, the formulas, allowing to determine the size of hydraulic losses in porous products from material MR were received.

Ключевые слова: материал "металлическая резина" (МР), пористый материал, теплообмен, гидродинамические характеристики, гидравлические потери.

Keywords: reduction of losses in the engine, leakages of a working body, porous materials.

Невозможность дальнейшего повышения КПД авиационных газотурбинных двигателей экстенсивным путем увеличения температуры газов в камере сгорания приводит к необходимости уменьшения потерь в двигателе, вызванных утечками рабочего тела. Одним из решений данной проблемы является применение в качестве уплотнений пористых материалов. В СГАУ на протяжении многих лет исследуется пористый материал "металлическая резина" (МР).

Применение пористых материалов для интенсификации теплообмена связано с решением задачи об оптимизации их тепловых и структурных свойств. Для этого необходимо детальное представление о теплофизических, структурных, теплообменных и гидродинамических характеристиках пористых конструкций [1].

Гидравлические потери в пористых конструкциях определяются физическими свойствами рабочего тела, кинематическими характеристиками потока и особенностями внутреннего строения пористой структуры. В общем случае зависимость между этими факторами может быть представлена выражением вида

$$\Delta p/L = f(V_x, D_x, \rho, \mu),$$

где $\Delta p = p_1 - p_2$ - перепад давления на входе и выходе, а L - длина пористого образца; V_x - характерная скорость течения; D_x - характерный размер пористой структуры образца; ρ - плотность, а μ - коэффициент динамической вязкости жидкости [2, 3].

Исследованию влияния различных параметров на $\Delta p/L$ посвящены многочисленные работы. В работе, например, [3] с помощью методов теории подобия и размерностей получено два безразмерных комплекса, которые определяют течение жидкости в пористой среде. По аналогии с трубной гидравликой эти комплексы называют коэффициентом сопротивления трения ξ и числом Рейнольдса Re

$$\xi = 2\Delta p D_x / (L V_x^2 \rho); \quad Re = V_x D_x \rho / \mu \quad (1)$$

За характерную линейную скорость V_x принимают среднюю скорость потока в порах, которая выражается через среднюю скорость V и среднеобъемную пористость Π

$$V_x = V / \Pi.$$

При описании гидродинамических характеристик пористой среды чаще всего используется в качестве характерного (определяющего) размера средний диаметр пор d_c . В пористых структурах форма каналов, как правило, отличается от цилиндрической. Поэтому, как и в трубной гидравлике, в качестве определяющего размера используют также и гидравлический диаметр пористой среды, определяемый выражением

$$d_c = 4F / \kappa, \quad (2)$$

где F - площадь проходного сечения в пористой среде; κ - смоченный периметр [3].

Однако ряд авторов, отмечают, что гидравлические потери в пористых материалах обусловлены, в основном, наличием средних и крупных пор [2]. Этот фактор не учитывают модели пористых сред, в которых используется осредненный размер пористой среды.

Для оценки влияния изменения пор по размерам в объеме пористого изделия на гидродинамические свойства пористой структуры используем её модель, которая представляет собой набор капилляров разного диаметра. Размер капилляров в направлении перпендикулярном течению рабочей среды изменяется по произвольному закону (течение одномерное). В направлении течения рабочей среды размер пор не меняется. Все поры гидравлически связаны между собой.

Выделим объем пористой среды, состоящий из N пор различного диаметра. Пусть в этом объеме пористой среды вероятность появления размера

$d_i = (d_c + \Delta d_i)$ равна $p(d_i)$, где $\Delta d_i = (d_i - d_c)$, при этом $d_i > 0$ (Δd_i - алгебраическая величина).

Площадь проходного сечения выделенного участка пористой среды выражается зависимостью

$$F = \sum_{i=1}^N \frac{\pi d_i^2}{4} p(d_i),$$

а смоченный периметр равен

$$\kappa = \sum_{i=1}^N \pi d_i p(d_i),$$

Используя выражение (2) и зависимости для F и κ , получим формулу для эффективного гидравлического диаметра пористой среды с произвольным законом распределения пор по размерам в виде

$$d_{\text{эф}} = d_c (1 + K^2), \quad (3)$$

где d_c - средний диаметр пор; $(K = (D/d_c^2)^{1/2})$ - коэффициент вариации, а D - дисперсия.

Используя зависимость (3), можно получить выражение для эффективного гидравлического диаметра пористой структуры с распределением пор по размерам применительно к материалу МР в виде

$$d_{\text{эф}} = d_c (1 + 1/\alpha), \quad (4)$$

где α - параметр функции распределения ($\alpha = d^2/D$).

Из выражения (4) видно, что характерный размер пористой структуры материала МР определяется двумя параметрами (d_c и α), из которых α является параметром закона распределения пор по размерам.

Из формулы (4) следует, что при $\alpha \Rightarrow \infty$ характерный размер $d_x = d_c$ (случай идеальной пористой среды).

При $\alpha \Rightarrow 0$, $d_c = \text{const}$, дисперсия $D \gg d_c^2$, при этом среднеквадратичное отклонение стремится по абсолютному значению к величине максимальной поры, $\sigma = (d_{\text{max}} - d_c) \Rightarrow d_{\text{max}}$. Используя выражение (4), можно записать, что при $\alpha \Rightarrow 0$

$$d_{\text{эф}} = \sqrt{d_c^2 + \sigma^2} \Rightarrow \sqrt{d_c^2} = d_{\text{max}},$$

где d_{max} - максимальный размер поры.

Таким образом, в случае пористой среды с крайне неоднородной структурой характерный размер ее при массопереносе определяется, в основном, величиной максимальной поры.

Так как на вид закона распределения пор по размерам не накладывалось никаких ограничений, то полученный результат можно

распространить не только на материал МР, но и на пористые материалы, распределение пор по размерам в которых имеет любой другой закон распределения.

Среднее расстояние d_c в конструкциях из материала МР при относительной толщине $\delta_\phi/D_c > 1$ (D_c - диаметр спирали, δ_ϕ - толщина конструкции) по данным структурных исследований [4], может быть определено выражением, полученным в работе [5]

$$d_c = d_r = \Pi d_n / (1 - \Pi),$$

где d_r - гидравлический диаметр пористой среды, который равен среднему диаметру пор d_c ; d_n - диаметр проволоки.

Для тонкостенных изделий из материала МР при относительной толщине стенки $\delta_\phi/D_c < 1$ было получено в работе [5] выражение для среднего расстояния d_c , которое хорошо согласуется со значениями гидравлического диаметра, полученными с учетом толщины конструкции

$$d_c = d_r = \Pi d_n / (1 - \Pi + d_n / 2\delta_\phi).$$

Коэффициент сопротивления ξ_{d_3} и число Рейнольдса Re_{d_3} с учетом зависимостей (1), (4), могут быть определены формулами:

$$\xi_{d_3} = \frac{2\Delta p \Pi^2 d_c^2 (1 + 1/\alpha)}{LV^2 \rho},$$

$$Re_{d_3} = \frac{V \rho d_c (1 + 1/\alpha)}{\Pi \mu}. \quad (5)$$

Зависимость между ξ_{d_3} и Re_{d_3} определяется выражением вида

$$\xi_{d_3} = A / Re_{d_3}, \quad \text{при ламинарном} \quad (6)$$

$$\text{и } \xi_{d_3} = A_1 / Re_{d_3} + B \quad \text{при переходном режиме течения.} \quad (7)$$

Для численного определения постоянных A , A_1 и B в уравнениях (6) и (7) необходимо проводить большой объем экспериментальных исследований. Методика проведения таких исследований гидравлических потерь в материале МР подробно изложена в работе [6].

Таким образом, гидравлические потери в МР определяются как средним размером d_c (масштабный фактор), так и степенью неоднородности структуры, которая определяется параметром α . Следовательно, зависимости (6) и (7) описывают более общий случай процесса фильтрации жидкости в материале МР, чем описанный, например, в работе [5].

Уравнения (5) - (7) могут быть использованы для расчета гидравлических потерь в образцах из материала МР, полученных как по известным, так и по вновь разрабатываемым технологиям.

С учетом выражений (5), зависимости (6) и (7) можно представить в виде уравнений

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{A}{2\Pi d_c^2 (1 + 1/\alpha)^2} \mu V \quad (8)$$

при ламинарном и

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{A_1 \mu V}{2\Pi d_c^2 (1 + 1/\alpha)^2} + \frac{B \rho V^2}{2\Pi^2 d_c (1 + 1/\alpha)} \quad (9)$$

при переходных режимах течения жидкости в материале МР.

Из экспериментальных исследований гидравлических потерь в материале МР определены значения постоянных A , A_1 и B в уравнениях (8) и (10). С учетом этих значений уравнения (8) и (10) можно представить в виде

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{240}{2\Pi d_c^2 (1 + 1/\alpha)^2} \mu V \quad (10)$$

при ламинарном и

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{220 \mu V}{2\Pi d_c^2 (1 + 1/\alpha)^2} + \frac{2 \rho V^2}{2\Pi^2 d_c (1 + 1/\alpha)} \quad (11)$$

при переходных режимах течения жидкости в материале МР. Критическое значение числа Рейнольдса $Re_{d_3} = 10$.

Графическая интерпретация уравнений (10) и (11) приведена на рис. 1. Экспериментальные данные в пределах погрешностей (15...20%) совпадают с аналитическими зависимостями (10) (11), в которых за характерную линейную скорость V_x принята средняя скорость потока в порах. Она выражена через среднеобъемные

скорость V и пористость Π , а за характерный (определяющий) размер пористой структуры принят эффективный гидравлический диаметр, который учитывает как среднее значение пор d_c так и степень относительного варьирования их размеров $1/\alpha$.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о возможном значительном влиянии изменения размера пор на гидравлические потери в пористом материале МР.

Важный практический интерес представляет оценка гидравлической эффективности материала МР в сравнении с идеальной пористой средой.

При сравнении используем зависимости для определения гидравлических потерь в материале МР (10) и в идеальной пористой среде

$$\Delta p / L = 64 \mu V / 2\Pi d_n^2. \quad (12)$$

При равных длинах $L_{MP} = L_n$ и среднем диаметре $d_{MP} = d_n$, получим, что


$$\Delta p_{MP} / \Delta p_n = 4 / (1 + 1/\alpha)^2. \quad (13)$$

Откуда видно, что относительные гидравлические потери в материале МР зависят от степени неоднородности его структуры.

Если пористая структура состоит из набора цилиндрических пор, функция распределения которых такая же, как и у материала МР ($\alpha_{MP} = \alpha_n$), то, используя выражения (10) и (12), получим, что отношение $\Delta p_{MP} / \Delta p_n^{d=var} = 4$.

Таким образом, гидравлические потери в конструкциях из МР в четыре раза больше, чем в пористой структуре, состоящей из пор постоянного размера по длине фильтрации.

Снижение гидравлической эффективности конструкций из МР по сравнению с пористой структурой, состоящей из набора цилиндрических пор, функция распределения которых такая же, как и у материала МР, связано с изменением размера пор вдоль направления фильтрации и их извилистостью, что вызывает дополнительные гидравлические потери.

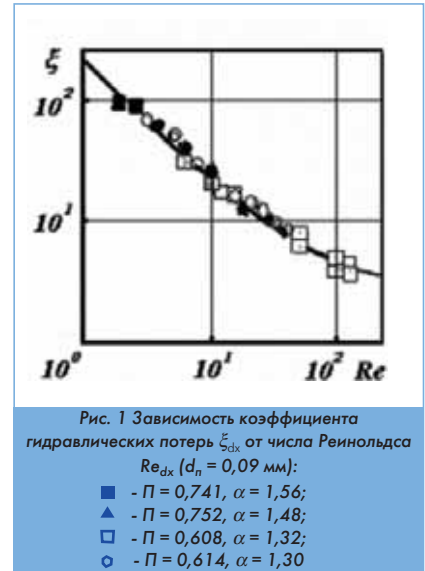
В результате проведенного анализа можно сделать вывод о значительном влиянии распределения пор на гидравлические потери в пористом материале МР. 

Литература

1. Левитан М.М., Расин О.Г. Эффективность применения пористых материалов для интенсификации теплообмена в каналах // Тепло- и массообмен в системах с пористыми элементами: Сб. тр. - Минск, 1981. - С. 91 - 99.
2. Белов С.В. Пористые металлы в машиностроении. М. Машиностроение, 1981, - 247с.
3. Минц Д.Е., Шуберт С.А. Гидравлика зернистых материалов. М. Минкоммунхоз РСФСР, 1955, - 112с.
4. Жижкин А.М. Распределение пор по размерам в тонкостенных изделиях из материала МР // Труды международной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы развития двигателестроения". Часть 1. Самара. 2003. - С. 185 - 190.
5. Белоусов АИ, Изжеуров Е.А., Сетин А.Д. Исследование гидродинамических и фильтровальных характеристик пористого материала МР // Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов. - Куйбышев, 1975. Вып 2. С. 70-80.
6. Изжеуров Е.А. Формирование элементов конструкций гидродинамического тракта энергетических установок из упругого пористого материала МР. М.: Машиностроение, 2001.- 286 с.

Связь с авторами:

AYardakov@koil.ru, +79277128657
azhzhkin@yandex.ru, +79276554995
romadanov-2012@mail.ru, +79879222926



ОН УМЕЛ ДЕЛАТЬ ФАНТАСТИКУ РЕАЛЬНОСТЬЮ



чик Витя. По бытующей в семье легенде, именно в эти дни в одном из своих выступлений И.В. Сталин произнес фразу: "...раньше у нас не было авиации, теперь она у нас есть!" Возможно, это совпадение и сыграло свою символическую роль, но скорее, просто повезло родиться в большой, талантливой семье.

Отца Вити очень ценили на производстве, так как он мог выполнить любую уникальную работу, даже несмотря на то, что одним глазом он видел плохо из-за повреждения стружкой. Он участвовал в налаживании производства на авиационном заводе в Комсомольске-на-Амуре, увлекался фотографией, впоследствии стал фотокорреспондентом ТАСС в г. Саратове и сделал первый снимок Ю.А. Гагарина после приземления. Мать Анфиса Сергеевна, урожденная Размахина, из старинной семьи уральских казаков, по образованию учительница математики, с успехом окончив курсы чертежников, тоже работала в ЦИАМ.



Всё, что можно покрутить - должно работать. 1938 г.

Ильинское недалеко от Яхромы, где купил дом дед почти перед самой войной. Мать стала преподавать в сельской школе, но недолго: в октябре 1941г. к Яхrome подошла линия фронта. Деда убило осколком снаряда снесшего колокольню церкви, а матери (несмотря на слабое сердце) по мобилизации пришлось работать курьером. Маленький Витя видел бомбежки, голод, и всегда помнил свое детское ощущение, когда через село пошли в наступление крепкие, хорошо снаряженные, в белых овечьих полушубках солдаты сибирских дивизий. Он тогда подумал, что вот теперь-то точно победа за нами и скоро войне конец. Однако, война всё шла, а в ноябре 1942 года умерла мама, оставив сына на попечение его первой учительницы. Родные смогли разыскать и забрать Витю только в 1944 году. У родной сестры матери он снова обрел дом и семью.

В 1951 году, после окончания десятилетки Виктор Соколов становится студентом Московского авиационного института, выбрав родной ему моторный факультет. Началась не только подготовка к карьере инженера, но и успешная спортивная жизнь, потому что МАИ - это, как говорилось "театрально спортивный институт с легким авиационным уклоном". После 2-х лет занятий в секции спортивной гимнастики, тренер посоветовал ему пойти в секцию скоростного бега на коньках. И тут тоже все стало складываться: хорошо подготовленный, невысокий, крепкий, выносливый парень, быстро стал показывать хорошие результаты. На 4-м курсе он уже был чемпионом МАИ, а затем и чемпионом страны,

Всю жизнь он участвовал в работе над самыми фантастическими проектами летательных аппаратов и всегда доводил их до триумфального завершения. Мы не часто виделись с ним. Впрочем, каждая встреча в ЦИАМ неизменно превращалась в маленький НТС. Он долго и с увлечением рассказывал про свою очередную задумку: будь это аксиальный ДВС с вынесенной камерой сгорания (макет которого он успел построить и вместе с редакцией демонстрировал его на одном из технических салонов), или "бестопливный" двигатель повышенной эффективности цикла. В суть последнего, каюсь, мы так и не смогли поверить, а он так и не успел довести его и до железа. И лишь незадолго до Ухода сказал своим, что понял, как должен выглядеть рабочий образец. Но так и не объяснил, что он имел в виду...

Мы обратились к людям, лучше нас знавшим **Викторе Евгеньевиче Соколова** - его дочери, Ольге и профессору А.С. Полеву - оба сейчас работают в ЦИАМ - чтобы они больше рассказали нам о человеке, вся жизнь которого была посвящена моторам.

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

Ольга Викторовна Соколова, ведущий инженер
Анатолий Сергеевич Полев, д.т.н., начальник отдела
ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

участвуя в соревнованиях проводимых ДСО "Буревестник". Добровольное спортивное общество "Буревестник" объединяло в 1957 г. спортклубы всех ВУЗов и техникумов СССР, а также работников связи, науки, государственных учреждений и госорганы, ДСО "Труд" и "Искра". В 1960 г. он выполнил норматив мастера спорта по скоростному бегу на коньках.

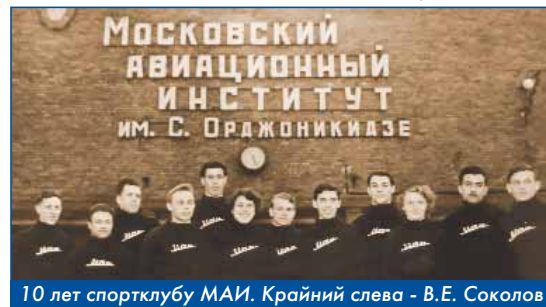
В 1953 г. в день 20-летия, студента второго курса МАИ снова постигло несчастье: после тяжелой болезни скончалась его "вторая мама". Он снова потерял дом и был вынужден переехать в общежитие. Эта закалка, когда надо учиться, готовиться к экзаменам, отдыхать после тренировок, в комнате, где живут насыщенной студенческой жизнью еще... 40 человек (!), сформировала его как терпеливого, сосредоточенного, доброжелательного человека, умеющего сохранять самообладание в любой ситуации и видеть положительные моменты там, где их обычно не видят другие.

В апреле 1957 г. при получении распределения, выпускник моторного факультета МАИ по специальности ЖРД Виктор Соколов оказался в г. Молотов (теперь Пермь). В 1958 г. на ПМЗ освоили производство ЖРД, а в 1964 г. был освоен выпуск двигателя для первой ступени РН "Протон". Здесь он делил комнату общежития со своим однокурсником Виктором Чепкиным, будущим Генеральным конструктором, академиком, лауреатом и т.д. и т.п., а тогда - просто другом, у которого был свидетелем на свадьбе. Жизнь щедро дарила ему встречи с талантливыми людьми, с большинством из них потом объединяли годы плодотворной работы.

В 1960 г., пройдя в Перми путь от инженера ОКБ до начальника смены испытательной станции силовых установок, В.Е. Соколов вернулся в Москву. В то же время он дождался согласия любимой девушки выйти за него замуж. Поступил на Московский машиностроительный завод "Зенит". Здесь, работая конструктором, выполнил ряд схем и чертежей по системам силовых установок. Среди них - ускоритель ПРД для укороченного старта МиГ-19.

В 1962 году, Виктор Евгеньевич переходит в группу к Л.П. Воинову, в отделение силовых установок, возглавляемое Г.Е. Лозино-Лозинским. В этот период он становится инженером-расчетчиком. Область его интересов: прикладная газовая динамика, теория двигателей, расчёт входных и выходных устройств силовых установок, теория теплообмена и пограничного слоя. В таком качестве он участвовал в разработке силовых установок разных модификаций МиГ-21, МиГ-23, МиГ-25 и МиГ-31.

Расчетные методы, внедряемые Соколовым в практику работы ОКБ доказали свою эффективность, когда с помощью построения газодинамической модели истечения реактивной струи из силовой установки испытываемого изделия удалось исключить явления возникшей неконтролируемой вибрации самолета МиГ-25. Для этого



10 лет спортклубу МАИ. Крайний слева - В.Е. Соколов



В кабинете у Г.Е. Лозино-Лозинского

ральный". Г.Е. Лозино-Лозинскому при поддержке А.И. Микояна удалось собрать различные организации в единый творческий коллектив, состоящий в основном из молодых исполнителей. В числе технических руководителей проекта "Спираль" наряду с Главным конструктором были Я.И. Селецкий, Г.П. Деметьев, Л.П. Воинов, Е.А. Самсонов, стоявшие у истоков данного проекта. Наиболее проработанным элементом системы стал экспериментальный пилотируемый орбитальный самолет "ЭПОС" (получивший впоследствии неофициальное название "Лапоть").

Разработку проектно-конструкторской документации на стадии аванпроекта возглавил Я.И. Селецкий. Отдел Л.П. Воинова и В.Е. Соколов проводили все расчетно-теоретические исследования по гиперзвуковой аэродинамике и теплообмену, а также расчетно-экспериментальные исследования по термогазодинамике с определением всех видов тепловых и силовых нагрузок.

С 1976 г. Виктор Евгеньевич в числе основных разработчиков проекта "Спираль" из ОКБ Микояна был переведен во вновь созданное на базе Тушинского машиностроительного завода для разработки орбитального корабля "Буран" НПО "Молния". Там они с Л.П. Воиновым создают отделение газовой динамики и теплообмена, в задачи которого входили научно-исследовательские, экспериментальные и прикладные разработки газодинамических и тепловых проблем сверхзвукового, гиперзвукового полета летательных аппаратов и их силовых установок.

Соколов В.Е. на протяжении всех этапов создания орбитального корабля "Буран", возглавлял и лично участвовал в работах по теоретическому и экспериментальному исследованию газодинамики различных элементов аппарата. Проведенные исследования являлись необходимой основой для проектирования ОК "Буран". Большое внимание он уделил расчетному обоснованию идентичности натуральных условий внешнего воздействия на наиболее нагретую носовую часть фюзеляжа ОК и летающей модели "Бор-4". Лично провел анализ выступающих частей и западаний элементов теплозащитной плитки и зазоров между ними по результатам летных испытаний, который стал основой при установлении допусков в конструкторской документации.

Соколова отличал творческий подход к решаемым задачам. Суть в том, чтобы не просто найти решение проблемы, а решить ее красиво, нестандартно, просто. Когда он рассказывал об уже решенной задаче ответ казался удивительно очевидным, он и сам удивлялся - как это не додумались до этого раньше...

Надо сказать, что большинство задач, которые ставились Г.Е. Лозино-Лозинским перед своими сотрудниками лежали в области неисследованного. Поэтому В.Е. Соколову приходилось много сотрудничать с различными научно-исследовательскими организациями ЦАГИ, ЛИИ, НИИТП, АН СССР и Сибирским отделением АН, ВВИА



Бор-4, он же "Лапоть" - аналог космического самолёта

им. проф. Жуковского, МФТИ, МАИ и многими другими. Его доброжелательность и открытость, готовность сразу внедрять все новые результаты в дело, обязательно рассказать, как именно были использованы эти результаты, постоянно расширяли круг его профессионального и человеческого общения.

Его достижения и авторитет были оценены профессиональным сообществом. В 1970 г. ему присуждена медаль "За доблестный труд" от имени Президиума Верховного Совета СССР в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина, в 1991 г. Федерация космонавтики СССР наградила его медалью имени академика Келдыша, в 1996 г. званием Почетный авиастроитель, в 1997 г. медалью в память 850-летия Москвы.

Более десятка реализованных в силовых установках "МиГов" изобретений, в том числе способ регулирования сверхзвукового сопла по перепаду давлений, энтропийный эффект по обеспечению теплозащиты ОК "Буран" и гиперзвукового самолета-разгонщика. Золотая медаль и Диплом Всемирного салона изобретений, научных исследований и инноваций "Брюссель-Эврика" 1994 г. за орбитальный самолет. Авторы Соколов В.Е., Лозино-Лозинский Г.Е., Воинов Л.П.

Человек с активной жизненной позицией, стремлением созидать на благо страны он и в последние годы не только старался реализовать потенциал предприятия, но и найти новые направления деятельности. Так, он придумал и запатентовал новую схему двигателя внутреннего сгорания с кольцевым поступательным движением поршня, представлявшуюся на выставке "Двигатель-2008" и был полон новых творческих планов и идей.

Он работал в родном НПО в должности заместителя главного конструктора до мая 2013 г., уйдя по состоянию здоровья, но последняя инженерная записка с предложением новых разработок переданная на предприятие была подписана им 31 октября 2013 г. Он не мог не пойти 15 ноября 2013 г. на торжественную встречу по случаю 25-летия полета "Бурана". К сожалению, состояние его сердца не позволило ему присутствовать там. 17 ноября он скоропостижно скончался в больнице. Провожая в последний путь своего руководителя и товарища, сотрудники отделения отмечали, что и Л.П. Воинов ушел из жизни также 17 ноября, но восемью годами ранее. И также в ноябре - 2001 года не стало Г.Е. Лозино-Лозинского.

И если Лозино-Лозинского называли Генералом звездных войн, то Соколов и Воинов это Чудо-богатыри, без чьего подвига и беззаветного служения общему делу побед не бывает.

Когда бы руководство Страны прислушивалось к мнению специалистов, то скорее всего ни о каком импортозамещении думать бы сейчас не приходилось.

М а л о гордиться своей историей, надо ее творить. Так - чтобы помнили, и помнили добром - эта память крепче.



С внуком на выставке "Двигатели-2008"



В.Е. Соколов с авторами статьи - 2011 год

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ БЕНАРА

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Проанализирован принцип самоорганизации устойчивых гидродинамических структур. Изложен механизм самоорганизации вихрей Бенара. Показана возможность существования устойчивых непрерывных и дискретных турбулентных образований.

The principle of self-organization of sustainable hydropower dynamic structures is analyzed. The mechanism of self-organization of Benar dvortices is set out. The possibility of the existence of stable continuous and discrete turbulent formations is shown.

Ключевые слова: турбулентность, вихрь, волна.

Keywords: turbulence, vortex, wave.

Разрешая проблему турбулентности, традиционно оглядываясь на предшественников, и всегда натыкаясь на искушение в один прекрасный момент свалиться на позицию случайности. На каждом шагу тебя ждёт какой-то странный аттрактор или примитивные последовательности Митчела-Фейгенбауэра, которые на пальцах показывают возможность "универсального" перехода к хаосу путём бифуркации удвоения периода. При этом говорится, что предсказать турбулентность нельзя. Её можно только статистически охарактеризовать всевозможными корреляционными моментами, непонятными пульсационными энергиями и многообразием различных колебаний с несоизмеримыми частотами. Получается так, что всё тонет в каком-то страшном беспорядке и получить более или менее конкретный ответ на конкретный вопрос, просто не возможно. Вся современная газовая динамика, ну почти вся, как правило, построена на уравнениях Рейнольдса. Практически все программные продукты содержат эти уравнения с теми или иными моделями турбулентности. Известно, что по воле их создателя, Осборна Рейнольдса, физические процессы, которые они описывают, наполовину (то, что по "руслу") - однозначные, а наполовину (то, что поперёк) - случайные. То есть в общем - случайные. Но! В нашем мире, который создал Бог, ничего случайного нет. Это мы здесь - случайные. Поэтому мы и пытаемся разобраться в том, что Он создал. А разбираясь, порой приходим к случайным интерпретациям Его творений. Конечно, очень просто взять и загнать всё в режим динамической стохастичности, осуждая при этом абсолютно трезвую точку зрения великого учёного всех времён и народов Пьера Симона Лапласа, который утверждал, что все законы природы подразумевают полную предсказуемость и строгий детерминизм. Наверное, поэтому все научные достижения Лапласа являлись точными и однозначными. Наверное, поэтому ни одна статистическая теория никогда не сможет объяснить такие замечательные проявления турбулентности как вихри Тейлора-Гёртлера, градиентные волны Кельвина-Гельмгольца и торсионные жгуты. Статистическая теория не способна дать ответ: почему на разгоревшейся поверхности сопла РДТТ появляются устойчивые когерентные структуры, а не та отполированная поверхность, которую пророчит упомянутая теория.

В работах автора ранее уже было сказано и на примерах показано, что всю турбулентность можно представить, как последовательность устойчивых структур - солитонов. На сегодняшний день известно несколько устойчивых состояний потока, которые могут быть сформированы из элементарных движений. Так, например, те же самые вихри Тейлора-Гёртлера являются винтовыми течениями. Торсионные жгуты формируют сложные движения, включающие в себя вращение потока и его кручение. Одиночные срывающиеся вихри в потоке за препятствием предполагают вращение и поступательное движение.

К числу таких устойчивых образований движущейся сплошной среды следует отнести тороидальные вихри Бенара. Это - поистине уникальное проявление природы, которое ярко и дерзко демонстрирует высшую её упорядоченность и красоту. В противополож-

ность вымышленным спонтанным объяснениям реальных процессов, преследующим сглаженность и осреднение локальных особенностей. Факт такого проявления выглядит как пример высшей самоорганизации и внутренней крепости, окружающей нас природы.

Эффект Бенара

Как и все великие открытия, вихри Бенара были сделаны случайно. Генри Клод Бенар - великий французский учёный, помимо прочих своих великолепных научных достижений исследовал на парафине вопросы конвекции при заданном перепаде температур. В процессе нагревания плоской сковороды, заполненной до заданного уровня парафином, он неожиданно обнаружил на поверхности расплава "полуупорядоченные" структуры. Учёный подумал о том, что, если эксперимент подготовить более тщательно, то можно получить строго упорядоченную картину процесса кипения. Для этого Бенар организовал равномерный нагрев снизу медного дна, расположенного строго горизонтально. При этом уровень исследуемой жидкости был параллелен дну, что обеспечивало его одинаковую толщину. В результате эксперимента была получена строго упорядоченная структура в виде регулярно расположенных гексагональных ячеек. При этом было отмечено, что конвективные потоки жидкости поднимались и выходили наружу через центры этих ячеек. А сток жидкости происходил по периферии каждой из ячеек. Таким образом, в каждом осевом сечении возникало циркуляционное движение. Ячейки по форме представляли собой плотноупакованные деформированные торы. Система была очень устойчива и со временем её форма не изменялась.



Генри Клод Бенар

В дальнейшем этим эффектом заинтересовались многие известные учёные, в том числе лорд Релей, принявший активное участие в объяснении данного эффекта и разработке своей теории. Другие авторы многократно повторяли экспериментальные исследования, начатые Бенаром. Для своих экспериментов они исследовали различные вязкие жидкости, в том числе минеральные масла. Так, например, на рис. 1 представлены результаты экспериментов, полученные в нагретом сосуде с плоским полированным медным дном с применением тонкого слоя силиконового масла с кинематической вязкостью $0,5 \text{ см}^2/\text{с}$. Дно поверхности нагревалось равномерно, что было главным критерием симметричности картины. На рисунке резко выделяется участок с проявившейся несимметрией, что явилось результатом присутствия на поверхности маленькой выемки. Результат был получен Кошмидером в 1974 году, и приведён в известном альбоме Милтона Ван-Дайка.



Рис. 1

Картина, представленная в плане, наглядно демонстрирует равномерность и периодичность вихрей Бенара. Добавленные в силиконовое масло частицы мелкодисперсного алюминиевого порошка позволили отследить с течением времени их движение вдоль линии тока. Также было зафиксировано направление движения из центра тороидального вихря вверх и в дальнейшем по окружности к периферии.

Специальные расчётные исследования позволили проанализировать движение жидкости в осевом сечении. Было показано, что течение очень похоже на аналогичное в дымовом кольце. Для иллюстрации на рис. 2 приведены экспериментальные дымовые линии тока в виде замкнутых кривых, похожих на деформированную окружность. Кривые наглядно демонстрируют пространственную структуру дискретного турбулентного течения в дымовом кольце и одновременно в тороидальном вихре Бенара. Глядя на общую картину сверху, приходит в голову мысль о формировании не плотноупакованной системы кругов, а присутствие в системе плотноупакованных правильных шестиугольников. Картина

представляется гексагонально отнормированной. Но это ощущение является лишь визуальным эффектом. Да, система несколько деформируется, и внешнее восприятие сглаживается в отличие от оригинального. Тем не менее, уже в этой обстановке можно считать, что система гексагональна. Именно гексагональная система является тем предельным случаем, при котором может реализоваться самая плотная упаковка. А именно, на

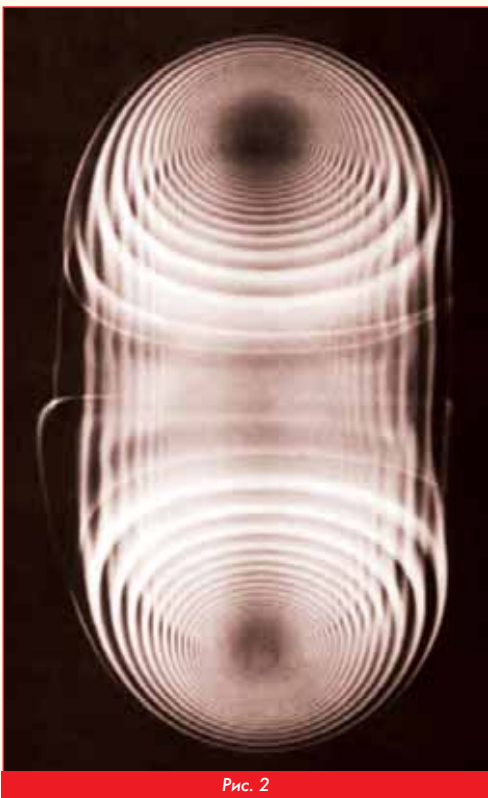


Рис. 2

определённой площади (в пространственном случае в объёме) может уместиться максимальное количество одинаковых плоских (объёмных) фигур. В данном случае кругов.

Теперь о физике возникновения вихрей, или как их чаще всего называют ячеек Бенара. В литературе [1] их часто приводят как традиционный пример стационарной автоструктуры, которая возникает спонтанно в подогретом снизу слое жидкости (минерального масла). При этом разность температур между верхней и нижней плоскостями должна быть больше некоторой критической. Тогда возникает конвекция. Режим неподвижной теплопроводящей жидкости становится неустойчивым и на смену ему приходит устойчивый режим, характеризующийся наличием конвективных ячеек. В литературе также утверждается, что если размер сосуда большой, то параметры ячеек не зависят от формы и размеров сосуда.

Лорд Релей в своей линейной теории объясняет такое спонтанное наступление новой устойчивой структуры нарастанием широкого спектра пространственных возмущений. При этом, как он говорит, появляются резонансные возмущения определённого пространственного масштаба. По мнению Релея они являются причиной возникновения новых структур. Интерпретируя Релея, можно сказать, что хаотично блуждающие и как-то беспорядочно распространяющиеся возмущения (по сути дела, шум) вдруг неожиданно, без всякой на то причины могут отыскать внутри себя какие-то резонансные условия, которые приведут к самоорганизации шумовой массы, и она станет упорядоченной. Складывается ощущение, что в этом месте лорд Релей не додумал. Может быть, какой-то внешний фактор должен повлиять на ситуацию, и как-то отобрать среди прочих эти резонансные масштабы? Да! И почему эта самая организация должна привести к выстраиванию в гексагональную структуру?

О других немногочисленных теориях больше говорить не будем. Они, как правило, являются вариациями изложенной. Попробуем разобраться в существовании процесса.

О самоорганизации устойчивых структур

Устойчивая газодинамическая структура может возникнуть только в том случае, если среда, образующая ту или иную систему, попадает в условия, когда масштабы собственно системы и среды совпадают. Известно, что любое материальное тело, состоящее из твёрдого вещества, а также представляющее собой, например, упругую систему, состоящую из жидкости, газа и плазмы, которые заключены в какой-либо объём, обладают свойством собственной частоты. Всё, начиная от чугунной отливки и кончая Солнцем, обладает своей уникальной собственной частотой. Характерно то, что собственная частота не зависит от процесса. Она зависит лишь от массы и конструкции тела (рабочего тела). Это означает, что любое тело имеет свой характерный размер. Последнее понятие может выглядеть достаточно абстрактно. Но! Являясь одной из важнейших составляющих в сложной математической комбинации, определяющей собственную частоту, оно может в конкретной задаче определять направление к равновесию данной системы. Например, математический маятник имеет в формуле для собственной частоты один единственный размер - длину нити, и этот размер определяет то устойчивое колебательное состояние, которое и является условием равновесия после состояния покоя.

Классическим примером устойчивости является состояние подвижной сплошной среды в условиях реализации вихрей Тейлора [2]. Главный вопрос, который встаёт перед исследователями: "Почему газодинамический процесс так самоорганизовался, что возникли тороидальные вращающиеся движения?". Это произошло, потому что уже заранее было известно, в каких условиях этот процесс будет происходить. Это - условие геометрического ограничения. Щель, заранее выставленная перед испытанием, явилась тем характерным размером, который определил диаметр окружности, вдоль которой должна вращаться жидкость.

Второй пример не менее показательный. Это образование

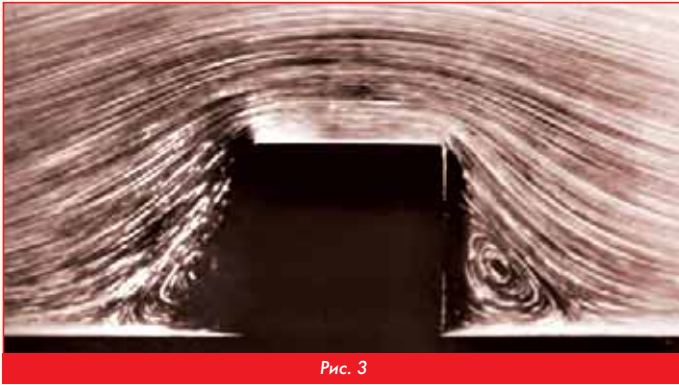


Рис. 3

устойчивых структур в виде волн Толмина-Шлихтинга. В этом случае уже напрямую следует говорить о совпадении рабочей частоты с собственной частотой в системе [3]. Характерный размер, о котором шла речь выше, уже заложен в собственной частоте.

Таким образом, чтобы говорить о самоорганизации устойчивой структуры, прежде всего, следует говорить о нахождении характерного размера, который определяет форму устойчивой системы. Посмотрим на известные факты применительно к вихрям Бенара:

1. Очевидно, что толщина масла Δ на нагреваемой поверхности зафиксирована;
2. Экспериментально показано, что вращение подогретой снизу жидкости происходит вдоль образующей окружности тора по направлению вверх из его центра к периферии;
3. Периферийный диаметр тора равен двум диаметрам его образующих $D = 2d$;
4. Диаметр образующей примерно равен толщине жидкого слоя на плоской поверхности $d \approx \Delta$.

Теперь чисто геометрическим путём покажем, как может сформироваться устойчивая структура на плоскости. Очевидно, что на плоскости сформируется в определённом месте хотя бы один тор, обладающий перечисленными свойствами. Поскольку нагрев происходит равномерно по всей плоскости, то же самое произойдёт и в непосредственной близости и на значительном расстоянии, а точнее по всей поверхности горячей пластины. При определённых условиях по температуре $\Delta T = \Delta T_{кр}$ появится наибольшее количество таких торов. Но поскольку они будут все равноценны в силу симметрии и близости условий эксперимента, они "упакуются" наиболее плотно. Известно, что самая плотная упаковка кругов на плоскости - гексагональная. Конечно, при этом форма подвижных тороидальных ячеек будет несколько деформироваться в сторону заполнения пустот и в пределе превратиться в шестигранную призму. Такая гидродинамическая система будет весьма устойчивая. Ведь каждая грань призмы будет соприкасаться с внешней, и создавать парную вращающуюся систему. Все частицы жидкости, находящиеся на любой из граней, будут стекаться со смежными, расположенными рядом гранями. Такая возможность вращения частиц шестигранной формы является единственной среди всего многообразия других геометрических форм. Только при плотном размещении шестигранников на плоскости может образоваться устойчивая структура - структура Бенара.

Тороидальные вихри как пример дискретной турбулентности

Тороидальные вихри Бенара, пожалуй, самый яркий пример самоорганизации устойчивых систем и систем дискретной турбулентности. На его примере можно утверждать, что дискретные турбулентные потоки, наряду с непрерывными, могут быть весьма устойчивыми и долгое время, если не будут возникать соответствующие причины, находиться в устойчивом состоянии. Помимо вихрей Бенара уже упоминались дымовые кольца и вихри Тейлора. К ним также можно отнести вихри Тейлора-Гёртлера, которые могут долго и устойчиво существовать при условии положительного градиента давления [4].

Известно также, что при малых скоростях обтекания обратных уступов и донных областей образуются тороидальные вихри,

соизмеримые с размерами их конструкций. К сожалению, визуализация подобных вихрей на сегодняшний день весьма проблематична. Поэтому, хотя это не совсем корректно, воспользуемся имеющимися в литературе экспериментальными фактами, полученными для плоских конфигураций, считая их аналогами. На рис. 3 изображены цилиндрические вихри, образовавшиеся за выступом и обратным уступом. Видно, что размеры вихрей, то есть их эквивалентные диаметры, соизмеримы с размерами прямоугольной преграды. На рис. 4 представлена картина течения за донным срезом. Видно, что половина ширины среза совпадает с диаметром образующей вращающегося цилиндрического вихря. Аналогичная картина возникновения цилиндрических вихрей представлена на рис. 5 [5]. Здесь показано натекание потока на затупленную преграду.

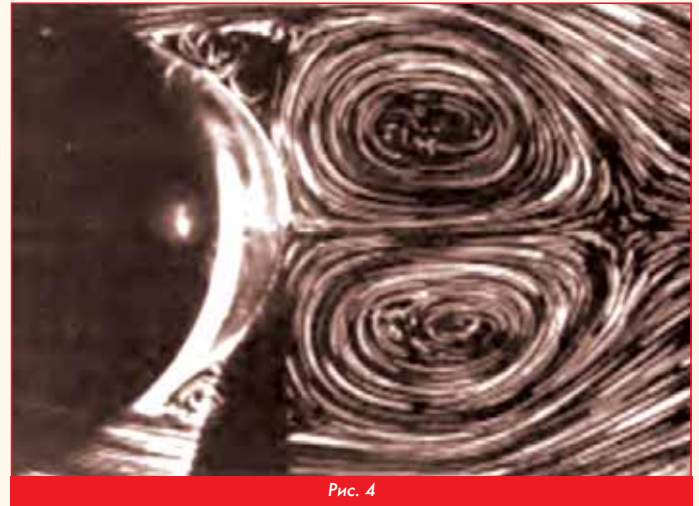


Рис. 4

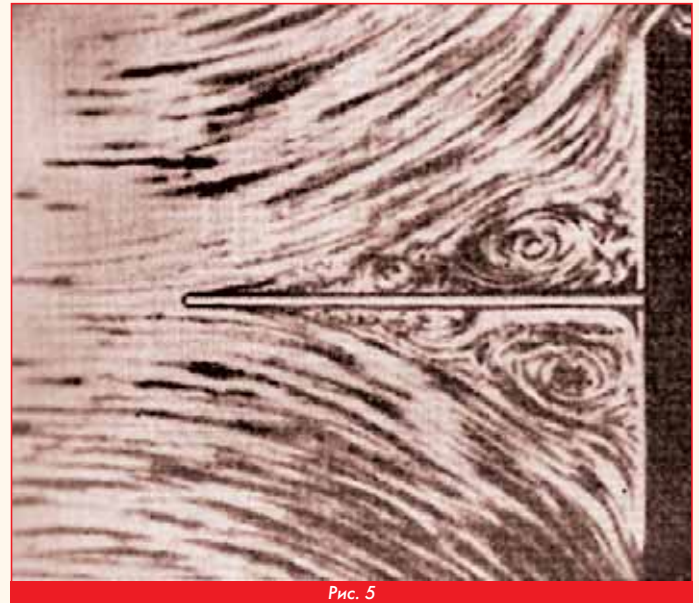


Рис. 5

В трёх последних примерах геометрические размеры конструкций являются характерными размерами, определяющими устойчивость движения. Именно эти размеры отвечают за процессы самоорганизации дискретных гидродинамических структур. □

Литература

1. Д.И. Трубецков. Введение в синергетику. Хаос и структуры. М. УРСС. 2004 г.
2. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. М. Наука. 1974 г.
3. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Волны Толмина-Шлихтинга. // Двигатель № 1. 2014 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вихри Тейлора-Гёртлера. // Двигатель № 3. 2014 г.
5. П. Чжен. Отрывные течения. М. Мир. 1973 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

Полный вперед!

с 2,5 тоннами в 5 осях



Фирма Hermle - ведущий изготовитель 5-осевых обрабатывающих центров - расширяет свою производственную программу: наши высочайшая точность, надежный сервис и компетентность в области автоматизации теперь позволяют обрабатывать заготовки весом до 2500 кг.

www.hermle-vostok.ru

Представительство «Хермле ВВЗ АГ» в Москве · ул. Полковая д.1, стр. 6 · 127018 Москва, Россия · Тел.: +7 495 221 83 68 · info@hermle-vostok.ru



ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ЦИКЛИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТОПЛИВА

Геннадий Павлович Барчан, д.х.н.

**Химическая термодинамика регенерации рабочего тела двигателя.
Chemical Thermodynamics of Engine with regeneration working fluid.**

Ключевые слова: химическая термодинамика, двигатель, регенерация.
Keywords: Chemical Thermodynamics, Engine, Regeneration.

Большинство современных технологий получения механической энергии основаны на непосредственном сжигании углеводородного топлива (или отдельно взятых его элементов, например, угля или водорода) в газогенераторах. В двигателях внутреннего сгорания газогенератором является камера сгорания, а в двигателях внешнего сгорания - топка. Процесс основан на полном окислении водорода и углерода до воды и углекислого газа и последующем преобразовании тепловой и кинетической энергии образовавшихся газов и паров в механическую энергию. Чем полнее проведен процесс окисления, тем совершеннее двигатель.

Отработавшие продукты сгорания двигателя выбрасываются в атмосферу и загрязняют её.

Перспективы развития силовых установок, работающих на альтернативных источниках чистой энергии, всесторонне оценил П.Л. Капица [1]. Они не являются и не смогут являться альтернативой существующим двигателям внутреннего сгорания, поскольку не могут использоваться в силовых установках большой мощности, в транспортных двигателях и в двигателях различного мобильного и технологического оборудования. Кроме того, они значительно дороже двигателей внутреннего сгорания, требуют для размещения больших площадей и больших капитальных затрат на создание. Их практическое использование показало, что они далеки от совершенства и, решая проблему замены углеводородных топлив из ископаемого сырья, сокращения тепловых выбросов и углекислого газа в атмосферу, порождают другие проблемы, пагубное влияние которых на окружающую среду в условиях повсеместного использования, не менее значимо.

В свете изложенного, задача освоения производства и дальнейшего развития работ по созданию двигателей внутреннего сгорания с неполным окислением и циклической регенерацией топлива, не потребляющих топлива из ископаемых источников энергии и не имеющих выбросов продуктов сгорания в атмосферу, представляется актуальной для цивилизации в целом. Эти двигатели могут использоваться взамен всех существующих двигателей внутреннего и внешнего сгорания известных конструкций. Далее приведен обзор материалов патентов и заявок на получение патентов, полученных и поданных автором статьи, позволяющих решить эту проблему [3-10].

Область применения описываемых двигателей, поскольку они являются силовыми установками, работающими по принципу полигенерации с теоретически нулевым расходом топлива и отсутствием вредных выбросов, гораздо шире, чем у традиционных двигателей внутреннего сгорания.

Механизмы преобразования энергии газов в механическую энергию могут быть любой известной конструкции: турбина, цилиндропоршневая или роторнопоршневая группа - и другие, однако предпочтение следует отдать турбинам, поскольку, они лишены недостатков присущих двигателям с периодической подачей топлива в камеры сгорания. Конструкция описываемых двигателей традиционна для компрессионных двигателей внутреннего сгорания. Основные отличия: использование кислородной установки с подачей кислорода в газогенератор вместо воздушного компрессора и использование реакторов гидрирования оксидов углерода (реакторы регенерации топлива) вместо глушителя [3-10]. Мощность и производительность кислородных

компрессоров примерно в 10 раз меньше воздушных. Двигатели имеют блочно-модульную конструкцию. Мощность двигателя в одном модуле ограничена минимальной мощностью микротурбин (20 Вт) и производительностью химических микрореакторов. Максимальная мощность - только мощностью производимых турбин: 600...650 МВт.

Процесс работы двигателя основан на неполном (парциальном) окислении углерода топлива кислородом, получаемым из воздуха, до монооксида или смеси моно- и диоксидов углерода с преобладанием монооксидов. В результате образуется смесь водорода и оксидов углерода. Эта смесь является рабочим телом двигателя. В промышленности эту смесь называют синтез-газом, сингазом, генераторным газом, коксовым газом, водяным газом и другими названиями. Регенерация отработанного в цикле двигателя рабочего тела в углеводородное топливо осуществляется каталитическим гидрированием образовавшейся смеси водорода и оксидов углерода. Оба процесса экзотермические. Процессы гидрирования моно- и диоксида углерода разработаны П. Сабатье (1902 г. и 1904 г.). Процесс олигомеризации при каталитическом гидрировании монооксида углерода в промышленном масштабе - Ф. Фишером и Г. Тропшем в 1933 году [2].

Одна из многих возможных схем устройства двигателя с материальными потоками представлена на рисунке 1. Двигатель имеет два рабочих контура: газовый, работающий по изобарному циклу, который аналогичен циклу жидкотопливного ракетного двигателя, и паровой, работающий по традиционному циклу Ренкина. Паровые и водяные котлы являются частью системы охлаждения и поддержания заданной температуры на входе в реакторы двигателя и на выходе из газогенератора. Принципиальная схема двигателя идентична схеме традиционного двигателя внутреннего сгорания.

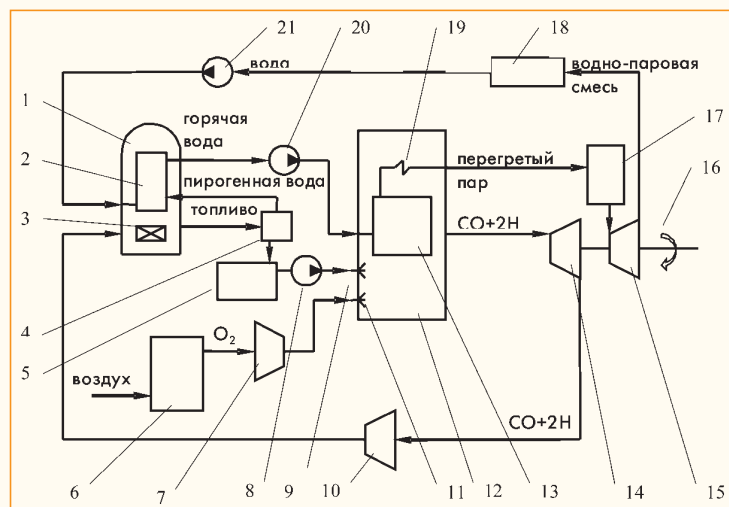


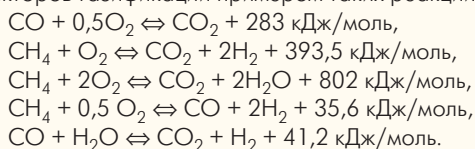
Рис. 1 Схема устройства двигателя:

- 1 - реактор гидрирования; 2 - водной котел реактора гидрирования;
- 3 - котел-утилизатор; 4 - сепаратор; 5 - топливный бак; 6 - кислородная установка;
- 7 - кислородный компрессор; 8 - топливный насос; 9 - форсунка топливная;
- 10 - компрессор сингаза; 11 - форсунка кислородная; 12 - газогенератор;
- 13 - паровой котел газогенератора; 14 - турбина газовая; 15 - турбина паровая;
- 16 - нагрузка; 17 - сепаратор; 18 - конденсатор; 19 - пароперегреватель;
- 20 - насос горячей воды; 21 - водяной насос

Работа двигателя осуществляется следующим образом. Кислород из кислородной установки 6 компрессором 7 через форсунку 11 подают в газогенератор 12, а углеводородное топливо из реактора гидрирования 1, в который встроены котел 2, через сепаратор 4 подают в топливный бак 5. Топливо из топливного бака 5 насосом 8 через форсунку 9 в газогенератор (камеру сгорания двигателя) 12, в который встроены паровой котел 13 и перегреватель пара 19. В газогенераторе топливо газифицируют или конвертируют, в зависимости от агрегатного состояния топлива, в сингаз. Сингаз является рабочим телом газовой турбины двигателя 14. Тепловая и кинетическая энергия сингаза преобразуется в механическую энергию двигателя. Мольные отношения $H_2:CO$ и $H_2:CO_2$ в сингазе должны быть необходимыми и достаточными для полного гидрирования оксидов углерода. При мольном отношении $CO:CO_2$ меньше 1 дополнительный водород получают из перегретого пара или по другой известной технологии. Сингаз, охлажденный в турбине 14, компрессором 10 подают в реактор гидрирования 1, в котором он превращается в смесь углеводородов различного молекулярного состава и пирогенную воду. Пирогенную воду отделяют и сбрасывают в окружающую среду или используют для подпитки котлов. Смесь углеводородов возвращают в газогенератор 12. Цикл замыкается и образуется первый замкнутый газовый контур двигателя: газогенератор 12 - турбина 14 - реактор гидрирования 1 - газогенератор 12. Теоретически в цикле расходуется кислород и регенерированное топливо, кроме того, подлежат периодической замене гетерогенные катализаторы, если не используются гомогенные ионные. Продукты окисления углерода топлива в атмосферу не выбрасываются. В транспортных и маломощных двигателях допускается выброс в атмосферу излишней пирогенной воды.

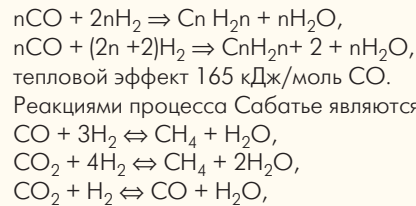
Паровой контур двигателя работает следующим образом. Перегретая вода из котла 2, расположенного в реакторе гидрирования 1, насосом 20 подается в котел 13, испаряется, поступает в перегреватель пара 19 и через сепаратор 17 в турбину 15, расположенную соосно с газовой турбиной 14. Отработанный в турбине пар конденсируется в конденсаторе 18 и насосом 21 возвращается в котел 2. Цикл замыкается и образуется второй замкнутый контур двигателя: котлы 2 и 13 - сепаратор 17 - турбина 15 - конденсатор 18 - паровой котел 2. Для компенсации потерь воды используется пирогенная вода и вода, полученная путем конденсации атмосферной влаги. Для получения атмосферного конденсата во всасывающем трубопроводе кислородной установки размещается система теплообменников, в которых поступающий воздух охлаждается или нагревается, в зависимости от климатических условий, до точки росы. Для компенсации энергозатрат на всасывание и дополнительного охлаждения воздуха в условиях повышенных атмосферных температур предусматривается использование проточной детандерной турбины. Такое дополнительное устройство обеспечивает автономность эксплуатации двигателей в любой климатической зоне Земли.

Тепловая мощность реакторов двигателя и состав продуктов газификации определяются используемыми катализаторами, преимущественно, ионными, а параметры процесса - назначением двигателя, его долговечностью и длительностью автономной эксплуатации. Тепло выделяемое в реакторах двигателя определяется многочисленными реакциями, протекающими как в процессе газификации топлива, так и в процессе каталитического гидрирования при регенерации топлива. Для практических расчетов выбирают базовые реакции, изменение энтальпии которых вносит наибольший вклад в экзотермический процесс реакторов. Для реакторов газификации примером таких реакций являются



В реакторах регенерации возможно протекание двух процессов: Фишера-Тропша и, в случае гидрирования диоксида угле-

рода, - Сабатье. Основными реакциями процесса Фишера-Тропша являются



а также реакции синтеза кислородсодержащих соединений, в результате которых образуются спирты, карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны, эфиры.

Преимущества предлагаемых двигателей следующие:

- в случае использования ионных катализаторов - не нуждаются в периодически заменяемых расходных материалах;
- не имеют выхлопных газов и, следовательно, тепловых выбросов;
- потребляют в 4 раза меньше кислорода, по сравнению с традиционными двигателями;
- уровень шума работающего двигателя не превысит 42 дБ;
- себестоимость механической и тепловой энергии на три порядка величины меньше, чем у известных аналогов;
- энерготехнологические установки с двигателями работают по принципу полигенерации и не имеют производственных отходов;
- могут эксплуатироваться в любой климатической зоне Земли и за ее пределами;
- масса двигателей с запасом топлива значительно меньше массы всех известных тепловых энергетических установок, включая атомные;
- в специальном исполнении (при использовании ионных катализаторов) двигатели могут эксплуатироваться до 30 лет в автономном режиме без промежуточных сервисных работ;
- принципы, положенные в основу создания двигателей, могут быть использованы для реконструкции действующих и строящихся новых паровых котлов и тепловых электростанций, обладающих значительно большей производительностью;
- себестоимость воды, получаемой из атмосферной влаги с помощью двигателей, меньше себестоимости пресной технической воды, получаемой из традиционных источников водозабора;
- простота конструкции;
- достижимая эффективность двигателя характеризуется следующими величинами: цикла Карно - 0,89, эксергетическая - 0,75.

Научные и технические решения, положенные в основу создания предлагаемых энергетических установок, прошли международную научную и технологическую экспертизу и получили положительную оценку. Все разработки защищены патентами России, США, Канады, Норвегии. Поданы две заявки на международное патентование. **□**

Литература

1. Капица П.Л.. Энергия и физика. Вестник АН СССР, 1976, №1, с. 34-43.
2. Физер Л., Физер М. Органическая химия в 2 т. М., Химия 1969, т.1, с. 207, 308.
3. Barchan G. and others. Patent NO 322472
4. Barchan G. and others. Patent Application PCT/ NO 03/091549 A1
5. Barchan G. and others. Patent US 7337612 B2
6. Барчан Г.П. Патент RU 2323351
7. Барчан Г.П. Патент RU 2386819
8. Барчан Г.П. Патент RU 2524317
9. Barchan G. Canadian Patent Application № 2662053.
10. Барчан Г.П.. Заявка PCT /RU2013/000529

Связь с автором: barchan@inbox.ru, 8 495 544 93 50

О КОМПЛЕКСИРОВАНИИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ЗАО "НПО "Мобильные Информационные Системы":

Дмитрий Владимирович Сухомлинов

Александр Николаевич Медведь

Полноту, достоверность и точность получаемых данных о положении и характере наземных и морских объектов можно значительно повысить при комплексировании информационных каналов на борту летательного аппарата. Комплексирование предполагает совместное использование этих средств и совместную обработку получаемых при этом данных от аппаратуры различных видов. В статье рассмотрены варианты комплексирования бортовых информационных систем, преимущественно оптико-электронных, приведены основы методики оценки эффективности комплексирования и некоторые результаты комплексной обработки изображений объектов.

Completeness, reliability and accuracy of the data on the position and nature of onshore and offshore facilities can be significantly increased through integrator of information channels on board the aircraft. Integration of these involves the sharing of resources and joint processing of data obtained with this apparatus from different species. The article describes the options for interconnecting in-vehicle information systems, mainly optoelectronic, some basics methodology for assessing the effectiveness of integration and some of the results of complex image processing facilities.

Ключевые слова: комплексирование данных, обнаружение и распознавание объектов, многоспектральные информационные комплексы.

Keywords: data aggregation, detection and identification of objects, multispectral information systems.

Обнаружение и распознавание объектов по данным, получаемым от информационных каналов, производится по совокупности априорно известных для каждого класса объектов опознавательных признаков, которые можно разделить на две основные группы: прямые и косвенные.

Прямые опознавательные признаки присущи самим объектам и связаны непосредственно с объектами. К ним относят геометрические, оптические и другие характеристики объектов, регистрируемые с помощью технических средств: размер, форма, общий тон (или цвет), текстура, температура поверхности и т.д. Одним из важнейших прямых опознавательных признаков объектов является форма (конфигурация) объекта. Форма объектов передается границами между участками с различной яркостью, точность воспроизведения которых определяется в основном детальностью получаемых изображений. Информативным прямым признаком является текстура объекта, являющаяся, в известной мере, комплексным опознавательным признаком.

Косвенные опознавательные признаки не связаны непосредственно с объектами наблюдения, но несут в себе информацию об объектах и их функциональном состоянии. К косвенным опознавательным признакам относятся тень, следы деятельности, взаимное расположение объектов на местности, их расположение по отношению к элементам местности и т.д. Следы деятельности объектов зачастую являются единственным признаком, по которому обнаруживаются и распознаются объекты, а также определяется их функциональное состояние.

Успешное обнаружение и распознавание объектов наблюдения достигается при комплексировании прямых и косвенных опознавательных признаков. Причем в зависимости от характера объектов наблюдения, степени их контрастности, условий их расположения на местности, времени суток и погоды информативность тех или иных признаков объектов меняется.

Многообразие вариантов комплексного распознавания многоканальной информации может быть сведено к четырем схемам, показанным на рис. 1.

Комплексирование изображений может производиться на различных уровнях обработки.

I. Комплексирование на уровне зональных решений. Принимаются поканальные (предварительные) решения об объекте по канальным изображениям с последующей выработкой окончательного решения по канальным решениям, например, методом голосова-

ния или по правилу: "Объект обнаружен, если он обнаружен хотя бы в одном из каналов".

II. Комплексирование на уровне признаков. Определяются опознавательные признаки объекта по канальным изображениям; признаки объединяются в единый (расширенный) вектор признаков, по которому и принимается решение об объекте.

III. Комплексирование на уровне элементарных сигналов датчиков изображений. Опознавательные признаки определяются по векторному, а не по скалярному, как в схеме II, полю яркости многоканального изображения.

IV. Комплексирование на уровне элементарных сигналов многоканальной оптико-электронной системы (ОЭС) с целью получения единого синтезированного изображения.

Схема I является традиционной и наиболее простой для реализации. К ней предъявляются наименее жесткие требования по взаимной привязке спектральных изображений. В ней могут использоваться традиционные опознавательные признаки изображений цели. Эффективность такой схемы для заданного набора опознавательных признаков может оцениваться по схеме оценки эффективности обработки однозонального изображения, но с учетом статистики взаимозависимости поканальных решений. Следует ожидать, что при наличии существенной взаимосвязи спектральных яркостей ландшафта эффективность схемы I может оказаться существенно ниже эффективности остальных схем, поскольку поканальные решения принимаются независимо, по данным каждого из каналов.

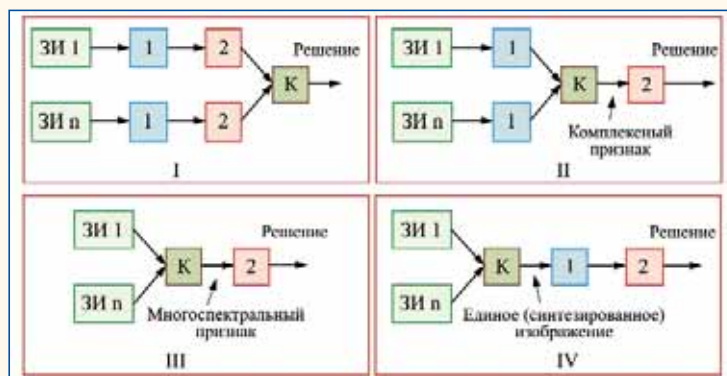


Рис. 1 Схемы комплексного дешифрирования двух изображений: ЗИ - запись изображения; 1 - оценка опознавательного признака объекта на изображении; 2 - обнаружение объекта; К - момент комплексирования данных

Существенно более эффективной может оказаться схема II, в которой опосредование взаимной связи спектральных яркостей производится в меньшей степени. В то же время, схема выглядит несколько сложнее для реализации. Во-первых, в ней предъявляются более жесткие требования к взаимной привязке полученных изображений. Во-вторых, несмотря на то, что в ней могут использоваться те же опознавательные признаки, что и в схеме I, в процедуре принятия решения участвует расширенный вектор признаков, содержащий в n_k раз больше компонентов, чем вектор признаков в схеме I. Это может значительно увеличить потребность в вычислительных ресурсах. В-третьих, данная схема обработки предъявляет повышенные требования к объему и содержанию обучающей (эталонной) информации [1].

С точки зрения возможности максимального использования многоканальной информации потенциально наиболее эффективной является схема III. Действительно, только в этом случае учет спектральной зависимости измерений может быть произведен по самим измерениям. В схеме I решения принимаются независимо, и это связано с потерей части информации. Аналогично, в схеме II часть информации о взаимосвязи спектральных яркостей теряется в процессе поканального расчета признаков объекта. Помимо схемы III только в схеме IV возможен непосредственный учет взаимозависимости спектральных яркостей. Однако редукция векторной величины яркости многозонального изображения к скалярной величине яркости синтезированного изображения приводит к потере некоторой доли многозональной информации.

Кроме того, анализ математической формализации процедур обнаружения и распознавания объектов по различным схемам показывает, что схемы комплексирования II и IV являются частными случаями схемы III. Следовательно, потенциальные возможности схемы III не могут быть превышены.

Для реализации потенциальных возможностей схемы III необходима разработка многоканальных признаков изображений объектов. Второй особенностью схемы III является требование точной (до элемента разложения) взаимной привязки отдельных изображений. Данное требование обеспечивается в многоспектральных оптико-электронных системах, обладающих единой входной оптической системой для всех зон съемки. В противном случае схема отягощается дополнительными процедурами привязки, требующими значительных вычислительных ресурсов; гарантировать надежность работы таких процедур в автоматическом режиме не представляется возможным. Как и в случае схемы II, в схеме III предъявляются повышенные требования к вычислителю и объемам обучающих выборок.

При затруднениях в использовании схемы III и при наличии существенной связи спектральных яркостей более предпочтительной становится схема IV. Она учитывает взаимную корреляцию спектральных измерений; позволяет использовать традиционные признаки скалярных изображений; существенно снижает требования к вычислителю; позволяет упростить процедуру оценки эффективности комплексной обработки. Возможная же потеря части информации при замене вектора яркости X скалярной величиной y может быть сведена к минимуму путем адекватного выбора процедуры синтеза $y = y(X)$.

Сравнительный анализ альтернативных схем автоматического выявления малоразмерных объектов на многозональных изображениях земной поверхности для относительно широкого диапазона значений параметров изображений приведен в [2]. Для многих типовых условий наблюдения при наличии статистической зависимости спектральных яркостей эффективность схемы III оказывается существенно более высокой. Это относится, в частности, к съемке в нескольких зонах отражательной области спектра, для которых коэффициент корреляции яркостей может достигать значения 0,8 и выше. Например, при фиксированной вероятности обнаружения малоразмерного объекта вероятность ложной тревоги в схемах III, IV может быть на два-три порядка ниже, чем при независимом определении опознавательных признаков и принятия решений в каналах съемки.

Обработка многоканальных видеоданных в контуре обработки изображений (КОИ) имеет главной целью повышение эффектив-

ности распознавания малоразмерных целей (МЦ) при автоматическом дешифрировании.

В адаптивных процедурах обнаружения объектов под признаком яркости удобно понимать меру различия яркости объекта и фона

$$\pi_n = (m_{об} - m_{\phi}) / \sigma_{\phi},$$

где $m_{об}$, m_{ϕ} - математические ожидания яркости объекта и фона;

$$\sigma_{\phi} - \text{СКО яркости фона.}$$

В схеме комплексирования на уровне признаков признаки вида π_n рассчитываются в каждом из n_x каналов съемки и объединяются в единый векторный признак

$$\pi_n = (\pi_n^{(1)}, \dots, \pi_n^{(n_x)})^T,$$

$$\text{где } \pi_n^{(i)} = (M_{об}^{(i)} - M_{\phi}^{(i)}) / \sigma_{\phi}^{(i)}, \quad \sigma_{\phi}^{(i)} = (r_{\phi}^{(ij)})^{0,4}, \quad i = 1, \dots, n_x;$$

$M_{об}^{(i)}$, $M_{\phi}^{(i)}$ компоненты векторов $M_{об}$, M_{ϕ} математического ожидания яркости объекта и фона в канале i ;

$r_{\phi}^{(ij)}$ - диагональные элементы дисперсионной матрицы яркости фона r_{ϕ} .

Естественным обобщением признака π_n является многозональный признак яркости π_n^M

$$\pi_n^M = (M_{об} - M_{\phi})^T (\Psi_{\phi}^0)^{-1} \cdot (M_{об} - M_{\phi});$$

где Ψ_{ϕ}^0 - дисперсионная матрица вектора M_{ϕ} при оценивании M_{ϕ} по области G площадью S_G

$$\Psi_{\phi}^0 = (S_G)^{-2} \sum_{(i,j) \in G} \sum_{(i,j) \in G} \psi_{i,j};$$

$\psi_{i,j}$ - элементы матричной корреляционной функции фона.

Здесь важно заметить, что величина π_n^M как квадратичная форма нормально распределенных случайных величин в случае отсутствия объекта имеет χ^2 -распределение с n_x степенями свободы

$$dF = \frac{1}{2^{0,5n_x} \cdot \Gamma(0,5 \cdot n_x)} e^{-0,5 \pi_n^M} (\pi_n^M)^{0,5(n_x-2)} d\pi_n^M.$$

Если не учитывать корреляцию между каналами, получим следующее выражение для признака яркости

$$\pi_n^0 = \frac{(M_{об}^{(1)} - M_{\phi}^{(1)})^2}{r_{\phi}^{(11)}} + \dots + \frac{(M_{об}^{(n_x)} - M_{\phi}^{(n_x)})^2}{r_{\phi}^{(n_x, n_x)}}.$$

Признак площади объекта введем в следующем виде:

$$\pi_n = \sum_{(i,j) \in G} y_{ij},$$

$$\text{где } y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } |x_{ij} - m_{\phi}| \sigma_{\phi}^{-1} > \alpha; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

G - область на изображении;

α - некоторый порог.

При комплексировании на уровне признаков вводится следующий векторный признак площади

$$\pi_n = (\pi_n^{(1)}, \dots, \pi_n^{(n_x)})^T,$$

$$\text{где } \pi_n^{(k)} = \sum_{(i,j) \in G} y_{ij}^{(k)},$$

$$y_{ij}^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{если } |X_{ij}^{(k)} - M_{\phi}^{(k)}| (r_{\phi}^{(kk)})^{-0,5} > \alpha; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

Обобщением признака площади является многозональный признак π_n^M

$$\pi_n^M = \sum_{(i,j) \in G} y_{ij},$$

$$\text{где } y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (X_{ij} - M_{\phi})^T r_{\phi}^{-1} (X_{ij} - M_{\phi}) > \alpha; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Без учета корреляции яркости между каналами признак площади

$$\pi_n^0 = \sum_{(i,j) \in G} y_{ij},$$

$$\text{где } y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (X_{ij}^{(1)} - M_{\phi}^{(1)})^2 (r_{\phi}^{(11)})^{-1} + \dots + (X_{ij}^{(n_x)} - M_{\phi}^{(n_x)})^2 (r_{\phi}^{(n_x, n_x)})^{-1} > \alpha; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Модель корреляционного признака

Представим яркость точки многоканального изображения в виде

$$X_{ij} = \begin{cases} M_{\phi} + \delta X_{ij}^{\phi} + \delta X_{ij}^{\psi}, & \text{если } (i, j) \notin G_{об}; \\ M_{об} + \delta X_{ij}^{\psi}, & \text{если } (i, j) \in G_{об}; \end{cases}$$

где δX_{ij} - флуктуационные составляющие яркости изображения (от фона и шума датчика изображения, соответственно);

$G_{об}$ - область изображения, в которой находится объект;

$$X_{ij} = (X_{ij}^{(1)}, \dots, X_{ij}^{(n)})^m.$$

Для k -го диапазона ($k = 1, \dots, n$) и произвольной точки (p, q) изображения рассчитываются скалярные признаки $Z_{pq}^{(k)}$

$$Z_{pq}^{(k)} = \sum_{(i,j) \in G} X_{ij}^{(k)} X_{p+i, q+j}^{(k)},$$

которые сопоставляются с граничным значением k -го диапазона. Если это значение превышено, то принимается решение о наличии объекта, причем эталонное изображение $\{X_{ij}^{(k)\exists}\}$ в k -том канале воспроизводит форму объекта на нулевом фоне. Результирующее решение принимается методом голосования.

В схеме комплексирования на уровне признаков $Z_{pq}^{(k)}$ вычисляются аналогично, однако затем для точек (p, q) формируется векторный признак

$$Z_{pq} = (Z_{pq}^{(1)}, \dots, Z_{pq}^{(n)})^T,$$

по которому принимается решение в зависимости от положения Z_{pq} относительно заданной границы в n -мерном признаковом пространстве.

Обобщением корреляционного признака является многозональный признак Z_{pq}^M . Это скалярный признак, он вычисляется с использованием всех компонентов вектор-яркости X

$$Z_{pq}^M = \sum_{(i,j) \in G} (X_{ij}^{\exists})^T X_{p+i, q+j}.$$

Определим оптимальное многозональное эталонное изображение $\{X_{ij}^{\exists}\}$. Полагаем

$$X_{ij}^{\exists} = \begin{cases} X^{\exists}, & \text{если } (i, j) \in G_{об}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Математические ожидания z^M (при наличии объекта - $m_{z,об}$ и в отсутствие объекта - $m_{z,ф}$) определяются формулами

$$m_{z,об} = \sum_{(i,j) \in G_{об}} (X_{ij}^{\exists})^T < X_{ij} / \omega_{об} > = S_{об} (X^{\exists})^T M_{об},$$

$$m_{z,ф} = \sum_{(i,j) \in G_{об}} (X_{ij}^{\exists})^T < X_{ij} / \omega_{ф} > = S_{об} (X^{\exists})^T M_{ф}.$$

Дисперсия z^M в отсутствие объекта:

$$\sigma_z^2 = \left\langle \sum_{(i,j) \in G_{об}} (X_{ij}^{\exists})^T (X_{ij} - M_{TM}) \sum_{(i',j') \in G_{об}} (X_{i'j'})^T (X_{i'j'} - M_{TM}) \right\rangle = S_{об}^2 (X^{\exists})^T \Psi_{ф}^0 X^{\exists},$$

$$\Psi_{ф}^0 = \frac{1}{S_{об}^2} \sum_{(i,j) \in G_{об}} \sum_{(i',j') \in G_{об}} \Psi_{i-i', j-j'};$$

Ψ_{ij} - матричная корреляционная функция текстуры изображения в окрестности объекта.

Вектор X^{\exists} определяется путем максимизации отношения

$$X^{\exists} = \xi^{\exists} (\Psi_{ф}^0)^{-1} (M_{об} - M_{ф}),$$

где ξ^{\exists} - произвольная скалярная величина.

Заметим, что при отсутствии сведений о яркости объекта вектор X^{\exists} определяется выражением

$$X^{\exists} = U \psi (\lambda_{min}),$$

где $U \psi (\lambda_{min})$ - собственный вектор матрицы $\Psi_{ф}^0$, соответствующий ее минимальному собственному числу.

Для реализации описанных выше моделей многоспектральных обнаружительных признаков объектов на местности исходное многозональное изображение просматривается двумя вложенными окнами $G_{об}$ и G_0 (рис. 2).

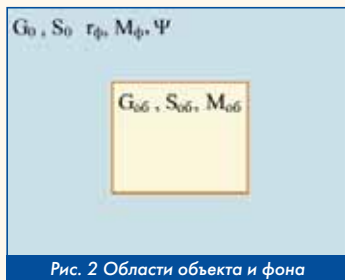


Рис. 2 Области объекта и фона

Меньшее окно $G_{об}$ должно быть по возможности вписанным в объект при совмещении системы окон с объектом. Большее окно G_0 должно иметь размер, не менее чем в четыре-шесть раз превышающий реальный размер объекта на изображении. Ограничение размера сверху определяется условием однородности выборки вектор-яркостей X из области, образованной пересечением областей $G_{об}$ и G_0 .

При каждом фиксированном положении центра окон на изображении (p, q) оцениваются следующие параметры:

- $M_{об}$ - по яркостям пикселей в окне $G_{об}$;

- $M_{ф}$ и $\Psi_{ф}^0$ - по яркостям пикселей в области пересечения окон $G_{об}$ и G_0 .

Интерпретация и иллюстрация типовых ситуаций

Рассмотрим ситуацию, когда на борту летательного аппарата имеются две оптико-электронные системы (ОЭС1 и ОЭС2). Пусть ОЭС1 плохо воспроизводит мелкие детали местности, однако имеет низкий уровень шума. Наоборот, ОЭС2 воспроизводит мелкие детали значительно лучше, чем ОЭС1, но при этом имеет больший уровень шума. Такое положение типично, например, при использовании двух инфракрасных датчиков изображений, линейные размеры чувствительных элементов приемников излучения которых отличаются в несколько раз: датчик с меньшим чувствительным элементом лучше воспроизводит детали при худшем отношении "сигнал-шум".

На рисунке 3 приведены сечения функций q_1 и q_2 , показывающие, во сколько раз гармонические составляющие полезного сигнала в каналах съемки (ОЭС1 и ОЭС2, соответственно) превышают соответствующие составляющие шума.

Видно, что на частотах, меньших 0,4 отн. ед., отношение "сигнал - шум" у ОЭС1 больше, чем у ОЭС2, а на частотах, больших 0,4 отн. ед., - наоборот. Здесь же приведены кривые $q_{\Sigma-}$ и $q_{\Sigma+}$, показывающие диапазон отношений "сигнал-шум" синтезированного изображения.

Таким образом, синтезированное изображение обладает достоинствами обоих датчиков, имея максимальное отношение сигнал-шум во всем спектральном диапазоне.

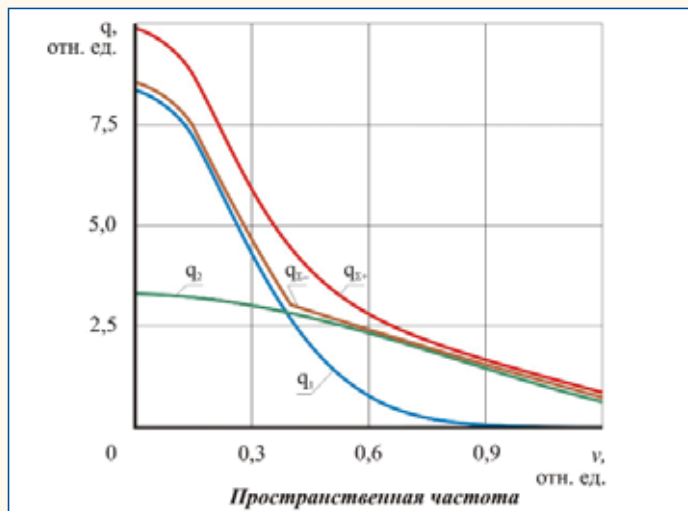


Рис. 3 Вид сечений q_1, q_2 и пределов ($q_{\Sigma-}$ и $q_{\Sigma+}$) расположения q_{Σ}

Представленные оценки иллюстрируют возможность существенного повышения эффективности обнаружения малоразмерной цели при комплексной обработке многозональных изображений местности. Описанные подходы могут использоваться при наличии ограничений на располагаемое время поиска морских объектов. Их достоинством является оптимальность математических моделей комплексирования и адаптируемость параметров моделей к локальным характеристикам яркости подстилающей поверхности. При некоторых допущениях яркостной подход позволяет реализовать потенциальные возможности метода многозональной съемки земной поверхности в диапазонах отражательной области спектра оптического излучения.

Пространственно-спектральный подход позволяет эффективно комплексовать изображения, полученные датчиками с различными техническими характеристиками или датчиками, регистрирующими излучение различного вида. □

Литература

1. Андросов В.А., Попов А.П., Чербаев С.А. Определение эффективной структуры комплексной модели сложной технической

системы. Радиотехника, № 2. 2004.

2. Гайденов А.В., Шароватов Е.В. Исследование возможностей полей корреляционных функций в задаче оптимального обнаружения сигнала известной формы в изображении. Информационно-измерительные и управляющие системы, № 12, 2008.

Связь с авторами: sukhomlinov@npomis.ru bearam08@mail.ru



2 - 5 апреля 2015 г. Москва, Россия, КВЦ «Сокольники», павильон №4
XVIII Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «АРХИМЕД»



При поддержке
 Департамента науки,
 промышленной политики
 и предпринимательства
 города Москвы



Организаторы Салона: Московская городская организация ВОИР, ООО «ИнновЭкспо»



Московский международный Салон изобретений и инновационных технологий «АРХИМЕД»:

- Международная выставка изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, инновационных проектов
- Международная выставка товарных знаков «Товарный знак-Лидер»
- Международная научно-практическая конференция по правовой охране результатов интеллектуальной деятельности
- Большая конкурсная программа
- Научный парк развлечений

Заявки на участие в XVIII Московском международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед-2015» принимаются до 25 февраля 2015 г. по адресу: 105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В, ООО «ИнновЭкспо».
www.archimedes.ru, www.innovexpo.ru, e-mail: mail@archimedes.ru, mail@innovexpo.ru
 Телефон / факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44



МОНЕТЫ

К СТОЛЕТИЮ НАЧАЛА ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Андрей Викторович Барановский

Первая мировая война (28 июля 1914 - 11 ноября 1918) - один из самых широкомасштабных вооружённых конфликтов в истории человечества. Непосредственным поводом к войне послужило сараевское убийство 28 июня 1914 года австрийского эрцгерцога Франца Фердинанда 19-летним сербским террористом, студентом из Боснии Гаврилой Принципом. Он был одним из членов террористической организации "Млада Босна", борющейся за объединение всех южнославянских народов в одно государство. Причин к войне было много у каждой из воюющих сторон, но ни одна из них не могла на самом деле оправдать последующее истребление колоссального количества людей. Каждый из участников лелеял свои захватнические цели.

В войне было убито более 10 млн солдат и офицеров, погибло 12 млн мирных жителей, около 55 млн человек были ранены. До начала Второй мировой эта война всюду в мире именовалась Великой. В результате войны перестали существовать четыре империи: Российская, Германская Австро-Венгерская и Османская. Осталась только Британская империя и страны, входившие тогда в её состав. Они то и отчеканили больше всего монет, посвященных этой грустной дате.

Естественно, что первым монету к 100-летию юбилею начала мировой выпустил английский королевский монетный двор. Она из биметалла (золото и серебро) и имеет номинал в два фунта стерлингов. На реверсе ее изображен портрет тогдашнего военного министра Великобритании - лорда Горацио Герберта Китченера. Портрет взят с английских плакатов времен войны. Вокруг расположена надпись "YOUR COUNTRY NEEDS YOU!" (Твоя страна нуждается в тебе!).

На гурте монеты выбито начало фразы лорда Эдуарда Грея, министра иностранных дел Великобритании в 1905-1916 гг.: "The lamps are going out all over Europe" (Фонари гаснут по всей Европе). История этой фразы такова. В 1914 году, когда началась война, Эдуард Грей вышел на улицу после заседания правительства, длившегося всю ночь. Грей увидел фонарщика, перекрывавшего газ в уличных фонарях. Повернувшись к своему спутнику, лорд Грей сказал: "Фонари гаснут по всей Европе. Нам уже до конца своих дней не суждено увидеть их зажженными вновь".

Здесь следует отметить, что в Англии осуществляется целая монетная программа, посвященная 100-летию начала Первой мировой войны и рассчитанная на пять лет. В рамках этой программы уже отчеканены несколько монет из драгоценных металлов. Помимо названной, это серебряная и золотая номиналом по 10 фунтов стерлингов. На них изображена "новая Британия" (Британия с трезубцем в руке наблюдает за отплытием на войну английских кораблей с экспедиционными войсками).

На реверсе килограммовых (!) золотой, номиналом 1000 фунтов стерлингов (тираж - 25 штук) и серебряной номина-

лом 500 фунтов (тираж 430 штук) помещен одинаковый рисунок, на переднем плане которого изображена одинокая фигура британского солдата. На заднем плане показана группа солдат, бредущих в тумане по ничейной земле. В нижней части справа полукругом указаны годы начала и окончания войны - "1914-1918".

Входящий в состав Великобритании (но имеющий право чеканить собственные монеты) остров Гернси выпустил несколько монет из золота и серебра "100 лет началу Первой мировой войны". Серебряные имеют номинал 5 и 10 фунтов стерлингов. Номинал золотой - 5 фунтов. Монеты имеют одинаковый рисунок и на реверсе их изображен солдат на фоне пехоты, идущей в атаку, а также фрагмент стихотворения "От падших" Лауренса Байона: "At the going down of the sun and in the morning, we will remember them". ("И при закате солнца и с утра мы будем помнить их")

Олдерни - а это второй английский остров, также имеющий право чеканки собственной монеты - выпустил две под названием "День памяти". Они посвящены британским солдатам и офицерам, погибшим во время Первой мировой. Обе имеют номинал 5 фунтов стерлингов. Одна отчеканена из серебра 925-й пробы, вторая - из медно-никелевого сплава. На реверсе памятных монет в цвете изображены распустившиеся цветки мака (символ памяти). В верхней части полукругом выгравирована надпись - "REMEMBER THE FALLEN" ("Помни павших"). На конкурсе 2014 года эта монета победила в номинации "Лучшая вдохновляющая монета".

Из входящих в настоящее время в состав Британского содружества наций, предтечей которого выступала Британская Империя, монеты отчеканили (и будут еще чеканить) Новая Зеландия, Канада, Австралия и некоторые английские заморские территории.

В частности, Новая Зеландия выпускает целую серию серебряных монет, которая называется очень характерно -



"За короля и Империю". Номинал монет в 1 новозеландский доллар (серебро) и 10 долларов (золото).

В серии уже вышли три монеты. Первая из серебра отчеканена в честь новозеландской конной бригады и ее вклада в победу союзных войск, вторая из золота называется "Большое приключение начинается" и третья из серебра - "Объявление войны".

На аверсе всех монет помещен портрет Елизаветы II. В верхней части реверса первой монеты изображены скачущие кавалеристы новозеландской конной бригады. В нижней части крупным планом показан кавалерист и лошадь.

В верхней части реверса золотой монеты на переднем плане изображена сцена прощания - жена провожает мужа на войну. На заднем плане показаны солдаты и их походные палатки на фоне египетских пирамид и Сфинкса (именно в эту страну были отправлены первые экспедиционные новозеландские войска). Пальмовые листья, изображенные на реверсе, являются символом взятия Самоа - в то время немецкой колонии (это была первая операция новозеландских войск в Тихом океане).

На переднем плане реверса еще одной серебряной монеты изображен мальчик-газетчик. В его поднятой руке зажат свежий номер газеты, на первой полосе которой опубликован материал о вступлении страны в войну. На заднем плане показан генерал-губернатор Новой Зеландии, стоящий на ступенях Парламентской библиотеки и выступающий перед согражданами.

На реверсе канадской серебряной номиналом 1 доллар запечатлена супружеская пара в момент последнего объятия перед роковым расставанием на железнодорожной станции. Это первая волна добровольцев садится в поезд, направляющийся в лагерь Valcartier.

На второй канадской монете показана сцена погрузки на транспортное судно солдат, направляющихся в Европу в составе первых экспедиционных войск этой страны.

После начала войны в августе 1914 года Канада сразу же предложила направить в Европу войска для оказания помощи британской армии и начала укомплектовку собственных вооруженных сил. Министр милиции и обороны, полковник Сэм Хьюз принял решение формировать из добровольцев батальоны с последовательной нумерацией. Первая группа канадских экспедиционных войск, отправившаяся на войну 3 октября 1914 года, включала с 1-го по 17-й баталь-

оны и легкий пехотный полк принцессы Патриции, который представлял собой одну из основных единиц канадской регулярной армии. По прибытии в Европу батальоны были сгруппированы в бригады и дивизии. К концу войны канадская армия насчитывала 260 номерных батальонов.

Королевский монетный двор Австралии выпустил в обращение две монеты, посвященные 100-летию образования АНЗАК. АНЗАК (Австралийский и Новозеландский армейский корпус) был сформирован в ноябре 1914 года для участия в Первой мировой войне. Корпус активно участвовал в боях в Египте и в Галлиполи. В начале 1916 года АНЗАК был расформирован, а вместо него были созданы 1-й АНЗАК корпус и 2-й АНЗАК корпус.

Первая монета АНЗАК имеет номинал в 1 доллар и сделана из сплава алюминия и меди. Интересно решен аверс монеты. В центре его выгравирована надпись - "100 YEARS OF ANZAC", где вместо цифры "1" изображен опустивший голову австралийский солдат.

Вторая монета, посвященная АНЗАК, отчеканена из серебра и имеет треугольную форму. Она имеет номинал в 5 австралийских долларов. На реверсе монеты, на фоне заката солнца, изображены маки, растущие на воинском мемориале между могилами павших солдат и надпись из уже упомянувшегося стихотворения Лауренса Байона - "AT THE GOING DOWN OF THE SUN AND IN THE MORNING WE WILL REMEMBER THEM" ("И при закате солнца и с утра мы будем помнить их").

Еще одна австралийская монета посвящена захвату Австралией Германской Новой Гвинеи. Номинал монеты из медно-никелевого сплава - 50 центов и она выполнена в форме 12-гранника.

На реверсе памятной монеты изображен стилизованный план захвата немецких тихоокеанских владений. В нижней части показан военный корабль и фрагмент австралийского континента, от которого проведена стрелка, указывающая на цель операции (помечена радиомаяком). В центре реверса выгравирована надпись - "GERMAN NEW GUINEA 1914".

Австралия вступила в войну 4 августа 1914 года, объявив войну Германской империи. Австралийское командование решило ликвидировать возможную угрозу для гражданского судоходства со стороны немецких тихоокеанских колоний. Поэтому был быстро сформирован ударный корпус для захвата островов Яп, Науру и порта Рабаул в Германской Новой Гвинее. Австралийцы достигли Рабаула 11 сентября 1914 г. и уже через день оккупировали его. Германская Новая Гвинея была занята 17 сентября 1914 г. После войны Австралия получила мандат на эту территорию.

В Австралии начала осуществляться большая монетная программа под общим названием "100 лет духу ветеранов". Вплоть до 2018 г., а это юбилейный год окончания Первой мировой, ежегодно будут чеканиться по пять монет. Это одна серебряная, одна золотая и набор из трех серебряных монет.



В августе этого года выпущена первая серия таких монет. На одной серебряной монете номиналом 1 доллар отобразен момент объявления Британией войны. Реверс несет изображение группы солдат, марширующих под флагом Великобритании и фигурой Британии с трезубцем в руках и в Коринфском шлеме - символическое изображение британских свобод и демократии. В центре выгравированы слова премьер-министра Австралии Джозефа Кука 1914 года, который объявил: "... Когда Империя находится в состоянии войны, то и Австралия тоже". Все три монеты несут небольшое изображение красного мака - признанного в мире символа памяти павших в эту Великую войну. Гурт монеты содержит надписи: "гордость - уважение - благодарность" (PRIDE - RESPECT - GRATITUDE).

Первая золотая монета номиналом 25 долларов изображает маленького мальчика, наблюдающего за солдатами, которые идут вдоль побережья Олбани. Фоном рисунка служит конвой судов. В верхней части выгравирован фрагмент из речи премьер-министра Андрея Фишера во время его предвыборной кампании "To Our Last Man and our Last Shilling". ("Все, я уверен, будут сожалеть о критической позиции, существующей в настоящий момент, и молиться, чтобы катастрофа войны была предотвращена. Но если произойдет худшее, после всего того, что было сделано, то австралийцы будут стоять рядом, чтобы помочь и защитить страну до нашего последнего человека и нашего последнего шиллинга").

В наборе из трех полихромных серебряных монет номиналом по 50 центов одна названа "Первое действие". На реверсе ее изображение австралийского солдата, пробирающегося под обстрелом через растительность джунглей. На реверсе второй монеты - "Ответ на вызов", помещено изображение трех австралийских мужчин в гражданском. Они пришли в военкомат, где их припишут к определенным родам войск.

Третья монета - "Прощание с семьей". На ней запечатлен австралийский солдат, прощающийся с дочерью на пристани, во время ожидания судна, которое заберет его на войну.

Центральный банк Мальты выпустил в обращение две памятные монеты, посвященные рассматриваемому юбилею. Номинал первой монеты из серебра - 10 евро. Вторая монета выпущена из латуни и её номинал 5 евро. Дизайн монет одинаковый. В центре аверса находится герб Мальты. Слева от него полукругом выгравировано название острова - "MALTA". Справа, также полукругом, указан год чеканки - "2014". Вдоль края аверса расположены 12 звезд.

На реверсе изображена медсестра, подносящая лекарство раненому солдату. Это дань памяти той роли, которую сыграла Мальта во время Первой мировой войны: в 27 госпиталях и оздоровительных центрах острова получили медицинскую помощь тысячи жертв войны. Над медсестрой изображен крест.

Также на реверсе показан солдат со склоненной головой, его винтовка воткнута штыком в землю. Рядом с ним - цветок мака.

Принадлежащие Англии острова Тристан-да-Кунья начали выпуск необычного набора прямоугольных монет под названием "Пропагандистские плакаты Первой Мировой войны". Каждая монета имеет номинал в 1 крону и отчеканена из медно-никелевого сплава, покрытого золотом 999 пробы. На аверсе монет находится портрет королевы Елизаветы II, название страны-эмитента и год выпуска. На реверсе изображены знаменитые агитационные плакаты Первой мировой войны.



Виргинские острова посвятили однодолларовую монету из медно-никелевого сплава, судя по всему, Лоуренсу Аравийскому. На аверсе ее на переднем фоне изображен человек на верблюде в одежде бедуина, черты которого напоминают портрет известного английского разведчика. Лоуренс внес неоценимый вклад в разгром Османской империи, координируя и зачастую возглавляя отряды арабских повстанцев.

От имени Фолклендских островов Великобритания отчеканила медно-никелевую монету номиналом в 1 крону, названную "Братская могила". На аверсе ее изображены военные и инвалид в коляске на фоне братской могилы павших в Первой мировой. Справа цветущий мак. Центр монеты пересекают летящие современные истребители.

Из европейских стран вековую годовщину Первой мировой выпуском памятных монет отметили Франция, Бельгия, Беларусь. Открывает французскую серию монет, посвященную мировой войне монета "Женщины города. Такси Ла Марн". Она имеет номинал 50 евро и выполнена из золота 920 пробы. На аверсе находится изображение женщин-водителей, стоящих рядом с машиной и провожающих солдат, цветки памяти - мак и гвоздика. На реверсе изображена машина на фоне марширующих солдат.

История "Марнского такси" связана с одной из самых ярких военных операций с участием автомобилей, поставившая точку в споре о пригодности автомобиля к службе в армии. Рвущиеся к Парижу немецкие войска были остановлены французскими частями, оперативно переброшенными к линии фронта парижскими таксомоторами Рено в ночь с 7 на 8 сентября 1914 года, когда в 50 километрах от Парижа разворачивалась одна из самых крупных сражений той войны. Германские войска уверенно наступали, французам грозило полное окружение. Резервов



для обороны уже не оставалось, все части были на фронте. 2 сентября французское правительство покинуло столицу, опасаясь взятия города немцами. Начальником в Париже остался военный комендант, генерал Жозеф Галлиени, твёрдо решивший защищать город до последнего. По приказу коменданта Галлиени полицейские Парижа в течении нескольких часов останавливали все столичные такси. Пассажиры высаживали, а водители получали приказ: двигаться на площадь у Дома Инвалидов. В результате этих действий удалось собрать порядка 600 машин. За два рейса такси быстро перебросили к Марне около 6000 солдат и офицеров. Многие из них вступали в бой, что называется, "с колёс". В результате немцы были не только остановлены - 9 сентября началось германское отступление от Парижа.

Бельгия выпустила две монеты, посвященные столетию Первой мировой. Одна биметаллическая номиналом 2 евро отчеканена большим тиражом - 1,75 млн. экз. На ней изображен цветок мака, символизирующий память о павших воинах. Существует легенда, что из-за бомбардировок Фландрии известняк, находящийся под почвенным слоем, перемешался с ним, что и способствовало буйному цветению мака. Особенностью монеты является надпись на английском языке, который впервые используется на монетах еврозоны.

Вторая монета номиналом 10 евро сделана из серебра. На реверсе ее изображен первый мемориальный памятник павшим в Первой мировой войне и опять мак. Национальный банк Беларуси ввел в обращение памятные монеты "Першая сусветная вайна": серебряную - номиналом 20 рублей и медно-никелевую - номиналом 1 рубль. На их реверсе представлена художественная композиция: справа - фрагмент политической карты Беларуси периода окончания Первой мировой войны с нанесенной на ней линией раздела границ по результатам Рижского мирного договора; слева в три строки надпись: ПЕРШАЯ СУСВЕТНАЯ ВАЙНА, частично перекрываемая фактурой наползающих грозовых облаков, символизирующих мировую трагедию.

И наконец тихоокеанские Соломоновы острова и остров Ниуэ.

Три монеты Соломоновых островов отчеканены из серебра и имеют номинал 10 долларов. Первая называется "Отправляясь на войну" и реверс ее выполнен в цвете. На нем изображена сцена погрузки солдат на военные корабли. На переднем плане помещен полностью экипированный солдат. Вторая посвящена победе в бою крейсера "Королевского австралийского военно-морского флота "Сидней" над знаменитым немецким бронепалубным рейдером "Эмден".

Об этом бое и его последствиях следует рассказать более подробно. Одним из самых знаменитых немецких кораблей времен Первой Мировой войны стал бронепалубный крейсер "Эмден". За три с небольшим месяца рейдерских действий в Индийском океане он захватил 23 торговых судна и потопил русский крейсер и французский эсминец.

Капитан "Эмдена" Карл фон Мюллер строго соблюдал законы и обычаи войны на море, и в результате действий его команды не погиб ни один член экипажа или пассажир захваченных судов. Мюллер лично следил за тем, чтобы экипаж

захваченного судна был погружен на спасательные шлюпки или переправлен на борт "Эмдена", и лишь тогда пускал его ко дну, за что и получил от первых жертв своих дерзких набегов прозвище "пират-джентльмен".

Бой между "Эмденом" и крейсером "Сидней" состоялся вблизи Кокосовых островов 9 ноября 1914 года.

Утром 9 ноября "Эмден" встал на рейд острова Дирекция, чтобы высадить десантную команду. Ее целью стала радиостанция и кабельная релейная станция, уничтожение которых должно было прервать связь Австралии с внешним миром. Однако с радиостанции успели передать сигнал "СОС" и сообщить о неизвестном корабле. Сигнал был принят австралийским конвоем и крейсеру "Сидней" было поручено обнаружить неизвестный корабль. После уничтожения станции, вернувшийся к берегу десант обнаружил уходящий в открытое море "Эмден" и приближающийся "Сидней".

"Сидней" вёл огонь по "Эмдену", пока на том не подняли белый флаг. На следующий день команда крейсера капитулировала.

Интересна судьба десантной команды, которая успела реквизировать старую шхуну и выйти к морю. За восемь месяцев они покрыли 4300 миль и достигли берегов Аравии. А оттуда, где пешком, где на поезде, добрались до Константинополя, столицы союзной Турции. Здесь в июне 1915 года парад отважной команды принял германский адмирал. Ее командир бодро отдал рапорт: "Десантный отряд крейсера "Эмден" в составе пяти офицеров, семи старшин и сорока матросов построен". В качестве особой почести выжившие члены экипажа и их потомки получили право добавить слово "Эмден" к своим фамилиям. Сам крейсер был награжден Железным крестом. Во время Первой мировой войны только два корабля были удостоены этой награды.

Третья монета Соломоновых островов посвящена военной операции, названной Галлиполи. Высадка десанта союзных войск (англичан, австралийцев, французов, новозеландцев, при поддержке русского крейсера "Аскольд") на полуостров Галлиполи 25 апреля 1915 года являлась частью Дарданелльской операции, конечной целью которой был захват Константинополя и открытие морского пути в Россию. Однако операция завершилась провалом. После кровопролитных боев и огромных потерь союзников остатки десанта к декабрю 1915 года были эвакуированы с этого полуострова.

От имени Соломоновых островов отчеканены еще две монеты, посвященные уже битве за тихоокеанский остров Лан Пин. Они также полихромные серебряные и имеют номинал по 10 долларов. На лицевой стороне (аверс) размещен портрет Королевы. На реверсе одной в цвете изображены море, корабли и идущие в атаку воины. На реверсе второй - воины готовятся к битве, находясь пока в окопах.

Монетный двор Польши по заказу острова Ниуэ отчеканил серебряную монету, посвященную началу I мировой войны. В центре реверса показаны французский танк, стрелковое вооружение, баррикады, засеки, шлемы и орел - знак польских легионов. Монета отличается использованием скрытого изображения - в зависимости от угла зрения на ее реверсе видно либо "1914", либо "2014".

И это ещё не окончание истории таких выпусков...





ЛЕДОКОЛЫ РОССИИ

АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ

“АРКТИКА”

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

(Продолжение. Начало в 1-4 - 2014)

Но, прежде чем попасть атомным ледоколам на Северный ледовитый океан, надо было доказать свое преимущество перед дизельными ледоколами. Это сегодня вопросов нет, а тогда путь атомоходов на просторы арктических морей отнюдь не был усыпан розами. И вывод о том, что в Арктике альтернативы атомоходам нет, появился не сразу. Всё началось гораздо сложнее. И среди моряков, особенно дальневосточников, и в самом Минморфлоте было достаточно противников атомного ледоколостроения. Больше доверие многие специалисты оказывали ледоколам с дизель-электрической энергетической установкой, которая прекрасно стыкуется с судовой газовой турбиной, в результате общую мощность ЭУ ледокола можно довести до мощности ЭУ атомохода. Поэтому атомоходу “Ленин” пришлось, идти буквально, напролом, взламывая “лёд недоверия” и не обращая внимание на обидные намеки о Царь-пушке и Царь-колоколе.

А основания для беспокойства были - в ровном как стол припайном льду атомоход не показал желаемой ходкости, адекватной его энерговооружённости, уступив “пальму первенства” ледоколу “Москва” с дизель электрической ЭУ мощностью 22 000 л.с. На Дальнем Востоке это вызвало эйфорию шапкозакидательства - *“...Дайте нам вместо атомохода два дизель-электрических ледокола типа “Москва”, и мы решим у себя все проблемы...”* Вот что по этому поводу говорил мне почётный капитан атомного ледокола “Арктика”, Герой Социалистического труда, мастер ледовых проводок Юрий Сергеевич Кучиев.

“К сожалению, подобного рода суждениями, но с примесью цинизма, пришлось позже встретиться на уровне высокопоставленного московского чиновника, когда я утверждался дублёром капитана на атомоход “Ленин”, на котором проработал уже навигацию. Далёкий от светской галантности отпор обескуражил этого “знатока”, бывшего, оказывается, одним из главных идеологов строительства ди-

зель-электрических ледоколов в Финляндии. И он ещё много сделал, дабы торпедировать программу создания на отечественной верфи атомоходов”.

Впервые противники атомоходов были посрамлены, когда в проливе Вилькицкого, в условиях тяжелейшего сжатия, заклинились во льдах ледокол “Красин” и пароход “Володарский”. Судам грозила неминуемая гибель. Атомоходу “Ленин” пришлось работать на пределе возможного, развивая максимальную мощность ядерной энергетической установки (ЯЭУ), он буквально “вырвал” караван из ледового плена. Другие ледоколы оказались бессильными и не могли быть конкурентоспособными атомоходу “Ленин”. Атомным ледоколом “Ленин” тогда командовал известный ледовый капитан Павел Акимович Пономарёв - общепризнанный мастер ледовых проводок. Ещё в 1928 году он принимал участие в спасании экспедиции Умберто Нобиле, немецкого пассажирского лайнера “Монте Сервантес”, получив в ту пору высшую правительственную награду - орден Трудового Красного Знамени.

После успехов у мыса Щербина атомоход наращивал свой авторитет. С его помощью значительно возросли сроки арктической навигации в западной части Карского моря. В 1963 году атомоход выполнил уникальную операцию по десантированию на лёд глубокой осенью полярной дрейфующей станции “Северный полюс - 10”. А в тихих кабинетах шла упорная борьба между дизель-электрической и атомной концепциями ледоколостроения. Сторонникам атомоходов была необходима полная и безоговорочная капитуляция противной стороны.

И снова из воспоминаний Юрия Сергеевича Кучиева: *“...такой случай представился в навигацию 1964 года, когда ледоколу “Ленин” и пришедшему с восточного сектора ледоколу “Москва” было предписано обеспечить проводку транспорта “Днепротранс” к острову Среднему через массив, спрессованный сжатием, к архипелагу Георгия Седова. Именно*

Ледокол “Москва”



Ледокол “Красин”





Ледокол "Ермак"

тогда совершенно отчётливо проявилось то, что и следовало определить ещё четыре года тому назад, если бы составители программы испытаний ледоколов "Ленин" и "Москва" руководствовались не академическо-лабораторной схемой, а реальными условиями Арктики: ледоколы шли на соединение встречными курсами, из семнадцати миль, разделяющих суда, атомоход успел пройти 14! Но затем произошло и вовсе неожиданное: ледокол "Москва" стал застревать в канале атомохода, которому пришлось неоднократно возвращаться на "околку". Так ещё раз были посрамлены сторонники дизель-электрической концепции ледоколостроения."

Затем, в 1971 году атомоходом "Ленин" был проведён караван транспортов в Певек вокруг мыса Арктический. Эту проводку должен был выполнить ледокол "Владивосток", но его мощности для такой операции не хватало. Казалось бы, что вопрос о необходимости постройки атомных ледоколов решён. Однако опять сработала рутинная идеология, и в Финляндии вновь был сделан заказ на постройку дизель-электрического ледокола "Ермак", который возглавил серию ледоколов мощностью на гребных винтах по 36 000 л.с. Дизеля же "Ермака" имели общую мощность 44 000 л.с. (как и АЭУ атомохода "Ленин"). Сторонники дизельного флота готовились "дать бой" атомщикам.

Однако, по мере накопления опыта и знаний позиции атомоходов начали укрепляться. Впервые это произошло в 1967 году на коллегии Минморфлота, посвященной итогам юбилейной арктической навигации, которую вёл первый заместитель Министра морского флота Тимофей Борисович Гуженко. Он решительно поддержал атомное ледоколостроение. На разработку проекта нового атомохода ушло более трёх лет, и закладка атомохода "Арктика" на Балтийском судостроительном заводе состоялась лишь 3 июня 1971 года.

Вспоминает Юрий Сергеевич Кучиев: "...А два дня спустя случилось удивительное тройное совпадение - 5 июня 1971 г. на атомоходе "Ленин", осуществлявшим проводку ледокола "Владивосток" на Восток, мы пересекли меридиан мыса Арктический. В тот же день я на коллегии Минморфлота был утверждён капитаном "Арктики" ... А тридцать лет тому назад, именно 5 июня 1941 г., я был назначен матросом второго класса на буксир "Василий Молоков", принадлежащий порту Диксон". Завершив навигацию на АЛ "Ленин", Юрий Сергеевич 5 января

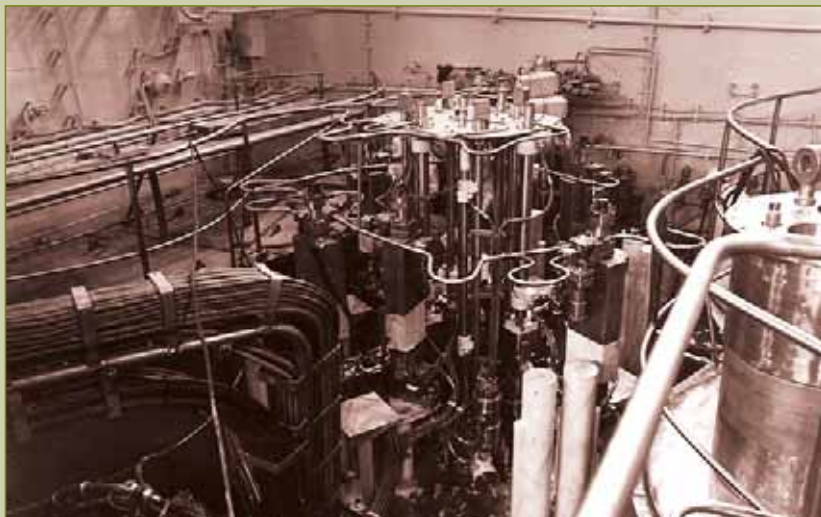
1972 года приступил к исполнению своих обязанностей на строящемся ледоколе "Арктика". Тогда же ему стало известно, что "новый финский новострой, ледокол "Ермак", оборудуется системой пневмообмыва корпуса (ПОК). Он предлагает установить на "Арктике" такую же систему, но не получает поддержки.

Надо сказать, что до сих пор нет единого мнения о целесообразности установки системы ПОК на ледоколах. Впервые она была предложена в 1966 г. нашим изобретателем Л.И. Уваровым (авторское свидетельство номер 510414). Через год аналогичную систему запатентовали и финские корабли. Суть ПОК заключается в том, что в район действующей ватерлинии ледокола подаётся под давлением воздух, который должен в значительной мере снизить трение корпуса о лёд, тем самым увеличить его ледопробиваемость. Но вся эта затея имеет смысл лишь при положительной температуре наружного воздуха, то есть - летом. Ну а зимой при морозе в -40 и более градусов?

По этому поводу у меня были обстоятельные разговоры с сотрудником ЦНИИМФ, к.т.н. Николаем Селюгиным, старшим вахтенным механиком атомохода "Сибирь" Александром Дронченко, стар-

На достроечной набережной Балтийского завода, слева направо: И.П. Лазаренко, главный строитель судов Балтийского завода; В.Н. Шершнева, директор Балтийского завода; В.Н. Матвеев, заместитель директора; Ю.С. Кучиев, капитан атомного ледокола "Арктика"; К.М. Хетагуров, сдаточный капитан Балтийского завода





Реакторный отсек атомным ледоколом "Арктика"

шим инженером Вячеславом Рукшей и др. Они полагают, что если корпус ледокола постоянно находится в крошеве изо льда и снега и если это крошево обработать воздухом с минусовой температурой, то оно легко превратиться в лёд. И эта ледовая "борода" так схватится с обшивкой корпуса, и начинает расти так быстро, что может вообще остановить ледокол. Так или иначе, но система ПОК так и не получила массового применения.

Капитаны "Арктики":
Ю.С. Кучиев,
А.А. Ламехов,
А.Н. Баринев



Попытки усовершенствовать эту систему были неоднократны. Было предложение подавать в ПОК вместо наружного воздуха отработанный пар, который уже прошёл через турбины АППУ. Надо сказать, что паропроизводительность АППУ атомохода очень высока, например, на АЛ "Ленин" она достигала 360 т/ч. В общем, пара на атомоходе всегда было больше чем достаточно, хватило бы для системы ПОК. Но при этом получался весьма значитель-

ный расход котельной воды, которая, прежде чем попасть в котёл, должна проходить специальную обработку. Позже появилась идея, на мой взгляд, вполне целесообразная. Как известно, значительная часть мощности ЭУ ледокола идёт на преодоление сопротивления трения корпуса о лёд при плавании во льдах. А нельзя ли использовать смазку корпуса заборной водой? Представьте, ледокол в морозную погоду ударами преодолевает ледовую переемычку. При ударе, корпус вылезает на лёд, между корпусом и льдом образуется известное нам крошево, и корпус примерзает ко льду. Освободиться от такого ледового "плена", в общем-то, проблематично, так как наружный воздух имеет минусовую температуру, и корпус ледокола имеет такую же температуру. Поэтому и возникла идея разогрева корпуса до плюсовой температуры. Тогда ледокол не будет примерзать ко льду и спокойно сойдёт на чистую воду. Создать "тёплый корпус" в районе переменной ватерлинии можно использовав температуру отработавшего в турбинах пара. И тогда система ПОК утрачивает свою актуальность.

Приёмо-сдаточный Акт АЛ "Арктика" был подписан 30 декабря 1974 г., а Государственный Флаг Союза ССР на судне подняли 25 апреля 1975 г. на внешнем рейде порта Таллин. В начале июня 1975 г. атомоход успешно осуществляет проводку через тяжёлые льды на Восток нового дизель-электрического ледокола "Адмирал Макаров" мощностью 36 000 л.с. Его капитан Вадим Абоносимов по достоинству оценил возможности атомохода "Арктика". Новый успех пришёлся на 10 - 13 октября 1976 года. Тогда в тяжёлых многолетних льдах были затёрты ледокол "Ермак", проводивший "на усах" дизель электроход "Капитан Мышевский", а также ледокол "Ленинград" (типа "Москва") с ледоколом "Челюскин". Теперь коллеги, известные ледовые капитаны, были вынуждены признать, что навигация в Восточном секторе Арктики закончилась благополучно благодаря великолепным качествам атомохода "Арктика", который все суда освободил из ледового плена. Ледовый капитан Анатолий Алексеевич Ламехов назвал события тех напряжённых дней "звёздным часом "Арктики".

Но безоговорочное признание атомоходов пришло лишь в 1983 году. Тогда в Восточном секторе Арктики сложилась очень тяжёлая ледовая обстановка, многие транспортные суда получили ледовые повреждения. "Арктикой" командовал А.А. Ламехов, он тогда в полной мере доказал, что достоин своего предшественника Ю.С. Кучиева. Я не хотел бы придерживаться мнения, что ДЭ ледоколы в Арктике не нужны, и для них работы будет достаточно. Но прео-

Центральный пост управления энергетической установкой атомного ледокола "Арктика"



долететь многолетний паковый лёд толщиной около четырёх метров - это удел атомоходов.

Кроме того, эксплуатация сегодня ДЭ ледоколов влетает "в копеечку". Ледоколы типа "Москва" и "Капитан" Сорокин мощностью 22 000 л.с., при интенсивной работе за сутки сжигают около 110 тонн солярки на "брата"; а типа "Ермак" сжигают за сутки около 190 тонн. Не берусь переводить эти тонны в рубли, суммы будут "космические". А если на проводке будет несколько ДЭ ледоколов, то для их обслуживания и снабжения топливом потребуются крупнотоннажный танкер. Но Арктика, она и есть Арктика, танкер могут раздавить тяжёлые многолетние льды, а это уже чревато крупной экологической катастрофой, с непредсказуемыми последствиями.

Встречаясь с Ю.С. Кучиевым, я, естественно, не мог обойти молчанием и покорение Северного полюса атомоходом "Арктика" в августе 1977 года. На



Пульт управления паротурбинной установкой



Атомная подводная лодка специального назначения БС-136 "Оренбург" всплыла на Северном полюсе 27 сентября 2012 года

сегодня там уже побывали многие атомоходы - "Сибирь", "Россия", "Советский Союз", "Ямал" и др. И хотя ранее на Северном полюсе побывали атомные подводные лодки (АПЛ), их возможности, по сравнению с атомоходами гораздо скромнее. Дело в том, что район Северного полюса почти всегда накрыт массивом мощного двухметрового льда. Проломить его своим корпусом при всплытии АПЛ не сможет. Поэтому она может всплыть только в естественной полынье, расположенной в районе Полюса, но не на самом Полюсе. Таким образом, выйти на Северный полюс с точностью плюс - минус 1 метр может только ледокол.

Достигнуть Северного полюса в надводном плавании мечтал ещё Степан Осипович Макаров, проектируя свой ледокол "Ермак". Располагая современным опытом ледового плавания и знаниями об Арктике, мы сегодня с уверенностью можем сказать, почему это ему не удалось. Снова идея покорения полюса возникла с выходом на просторы Арктики АЛ "Ленин". Противники этого мероприятия говорили: "...Мы не можем рисковать безопасностью первого в мире атомохода и авторитетом имени вождя...". Но вот вступает в строй атомоход "Арктика". На традиционном банкете по случаю подъёма Государственного Флага, известный ледовый капитан Георгий Осипович Кононович тогда поднял тост за то,

чтобы атомоход "Арктика" осуществил давнюю мечту моряков - полярников и вышел на Северный полюс. Далее привожу рассказ Юрия Сергеевича: "Вернувшись с ледовых испытаний 1975 года, я узнал, что представление ММП в Министерство поступило, однако сверху последовало указание, что в подобной ситуации для доклада высшему руководству страны требуется подтверждение капитана ледокола с полной аргументацией, гарантирующей ус-

Ходовая рубка атомного ледокола "Арктика"





Путь на Полюс

пех операции. Однако, в первую же кампанию выявился серьёзный технологический брак при изготовлении лопастей гребных винтов, две из них мы потеряли. Обнаружился и перегрев главных упорных гребных валов, неисправности в системе вентиляции гребных двигателей и т.д. И только после того, как были приняты необходимые технические меры по устранению недостатков и опробованы мобильные качества ледокола в Айновском массиве, 9 августа 1976 года я отправил шифрованное письмо Министру, где сообщал о готовности атомного ледокола "Арктика" к походу на Северный полюс".

Между тем, стало известно, что в центральные районы Арктики собирается американский ледокол "Поляр Стар". А на имя Ю.С. Кучиева пришла телеграмма за подписью Т.Б. Гуженко: "К решению вопроса вернёмся в следующем году". Борис Тимофеевич потом рассказывал, что его доклад и письмо Ю.С. Кучиева были благосклонно приняты Политбюро, но были и сомневающиеся. Например, А.П. Александров не завизировал справку о плавании ледокола к Северному полюсу, сомнения перевесили. Зато когда плавание закончилось успешно, он одним из первых поздравил экипаж атомохода, прислав телеграмму:

"Вы знаете, что я сомневался в возможности успеха в связи с большими трудностями. Ваш поход продемонстрировал отличное освоение техники, доказал, что для советских атомоходов нет недоступных районов Арктики. Президент академии наук СССР Александров". Позже выяснилось, что Анатолия Петровича больше всего беспокоило возможное повреждение во льдах винтов и рулевого устройства. Это могло бросить тень на надёжность атомоходов.

О заслугах Тимофея Борисовича Гуженко, Юрий Сергеевич говорит так: "Тимофей Борисович Гуженко проявил большое гражданское мужество, отстояв на Политбюро необходимость похода и поставив свою репутацию в зависимость от исхода операции. А кто мог тогда гарантировать только успех? Когда мы остались в каюте одни, министр заявил: "Я полностью полагаюсь на профессиональное мастерство экипа-

жа и твои действия вмешиваться не собираюсь. Меня на ледокол направил Алексей Николаевич Косыгин для непосредственного определения дальнейшей стратегии арктического судоходства и строительства соответствующего флота. Работай уверенно, а если случится беда, то будем отвечать оба".

В общем, позиция Министра Морского Флота заслуживает самого глубокого уважения. Успех всегда бывает там, где каждый занимается своим делом. Сегодня мало кто вспоминает о том, что исторический поход мог бы и не состояться. Дело в том, что уже после назначения времени выхода в море вдруг выяснилось что все четыре главных циркуляционных насоса вышли из строя... Работа по замене насосов была выполнена в кратчайший срок под руководством главного инженера-механика, к.т.н. Александра Калиновича Следзюка и главного инженера по атомным установкам Леонида Григорьевича Данилова. Как потом говорил Т.Б. Гуженко, что ему уже рекомендовали доложить о случившемся высшему руководству, что было бы равносильно полному провалу планируемого похода.

Моряки работали круглосуточно и заменили насосы к намеченному сроку. Как сказал Ю.С. Кучиев: "Решительность, верность слову и аргументированный риск всегда были присущи Л.Г. Данилову и А.К. Следзюку, так удачно дополнявшим друг друга и огромные заслуги которых в становлении атомного ледокольного флота страны не нашли, к сожалению, достойной оценки".

Ну а как же "возмутитель спокойствия" американский ледокол "Поляр Стар"? Действительно, на верфи Локхид Шипбилдинг энд Констракшен были заложены два ледокола, головной, "Поляр Стар" планировался к сдаче заказчику в августе 1975 года. Сразу же скажу, что Северный полюс им был "не по зубам". В конструктивном отношении, эти суда были интересны. Они имели комбинированную дизель-газотурбинную энергетическую установку, рассчитанную на длительную мощность 18 000 л.с., заметим, что ледокол типа "Москва" имел ЭУ в 22 000 л.с. "Американский фокус" заключался в том, что их ледокол, за счет газовых турбин, мог дать кратковременную форсажную мощность в 60 000 л.с. Это больше чем у атомохода "Ленин", но...

Проектное водоизмещение "Поляр Стар" всего лишь 12 000 т; у ледоколов "Москва" 13290 т, "Ермак" 20 000 т, "Ленин" 19240 т, "Арктика" 23 460 т. Что бы это значило? А вот что. Мощность ледокола должна быть тесно увязана с его водоизмещением.

Слева - ледокол "Поляр Стар" справа - ледокол "Красин"





Ю.С. Кучиев и министр морского флота СССР Т.Б. Гуженко

Форсируя многолетний паковый лёд, лёгкий, но мощный ледокол будет, как говорится, "зависать". Иными словами, на лёд-то он вылезет, а проломить его не сможет. В зимних же условиях, при низкой температуре наружного воздуха, может случиться большая неприятность. Зависнув, ледокол примёрзнет к ледяному ложу, и ему не хватит всей мощности ЭУ, чтобы "сползти" потом на чистую воду. Вот так-то. Даже подавая на все гребные винты мощность 60 000 л.с. "Поляр Стар" не сможет работать более эффективно, чем ледоколы "Ермак" или "Москва". По проекту он должен идти со скоростью 3 узла (5,55 км/ч) во льду толщиной 1,8 м.

За зиму толщина арктического льда может нарастать до двух метров. Как видим, слабоват американец. Да и мастеров ледовой проводки уровня Б.М. Соколова, Ю.С. Кучиева, А.А. Ламехова и др. русских ледовых капитанов в Америке не было и нет.

Но не всегда в двадцатилетней жизни АЛ "Арктика" было безоблачное небо. Все мы помним оперативное переименование, когда на его борту крупными буквами было написано имя пятизвёздного вождя, породившее серию анекдотов на тему "как Вас теперь называть". Но вожди приходят и уходят, а "Арктика" и Арктика - остаются. Новые времена - новые проблемы. В Арктике, благодаря определённым усилиям реформаторов, резко сокращается грузопоток. Некоторые атомные богатыри вынуждены встать "на прикол". Среди них оказался и атомоход "Арктика", выведенный из эксплуатации в августе 2008 г. А в 2011 г. экипаж с ледокола был снят, ледокол выведен в "холодный" отстой в ожидании утилизации.

На данный момент Россия остается единственной страной, владеющей школой атомного ледоколостроения. Всего в мире существует 10 атомных ледоколов, и все они спроектированы и произведены в СССР или России - кроме двух атомоходов класса "Таймыр", которые были разработаны и спроектированы в СССР, но построены на финской верфи.



Ледокол "Вайгач" буксирует буровую установку



"Леонид Брежнев" - это имя атомоход носил с 1982 г. по 1986 г.

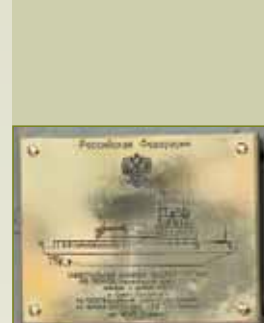
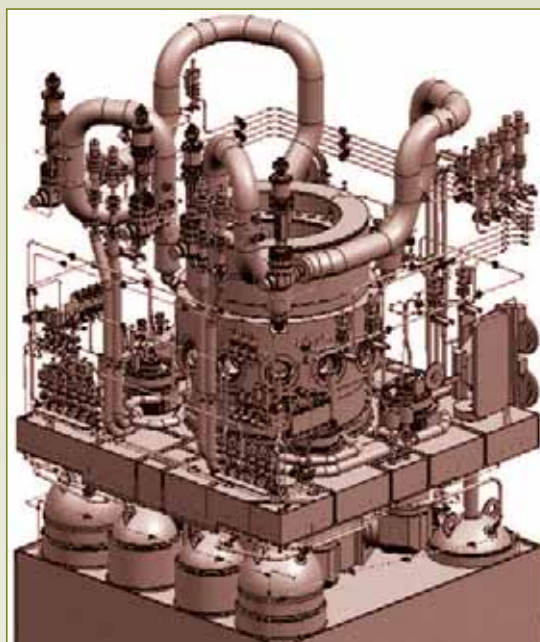
19 августа 2013 года подписано постановление правительства № 715, в котором прописано о выделении бюджетных средств в размере 86 трл руб на строительство в 2014-2020 гг. двух серийных универсальных атомных ледоколов типа ЛК-60Я. Первый ледокол должен быть введен в эксплуатацию в 2019 г., второй - в 2020 г.

Причём головной ледокол этой серии, постановление о строительстве которого было принято летом 2012 г., должен быть построен не позднее 2017 г. Таким образом, к 2020 г. в России должны быть введены в эксплуатацию три новых атомных ледокола.

(Продолжение следует.)



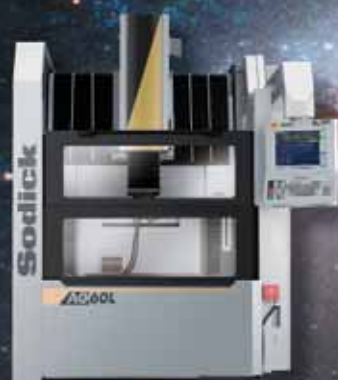
Проект 22220 - ЛК-60



Закладочная доска новой "Арктики"

Реактор РИТМ-200 ледокола проекта 22220

Sodick



35000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(почти **600** в России, Украине и др. государствах
бывшего СССР; на 12.2013 г.)

Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенными временем плоскопараллельными линейными двигателями (ЛД).
Производство электроискровых линейных станков (станков с ЛД) с 1998 г.
Все линейные станки Sodick, включая самые первые 1998-1999 гг., по настоящий момент сохраняют неизменную точность позиционирования!

Испытанные пятнадцатью годами эксплуатации плоскопараллельные ЛД, разработанные для ЭИ станков, и ЭИ станки, сконструированные специально под плоскопараллельные ЛД. Собственная разработка, опытно-конструкторские работы, а также производство ЛД, Nd-Fe-B магнитов и систем управления для ЛД. Собственные системы компьютерных ЧПУ, ПО и CAD/CAM.



Точность позиционирования:

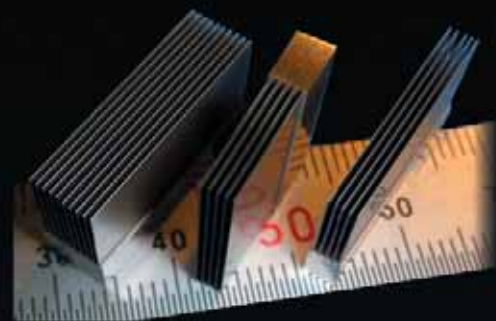
гарантия **10** лет

Впервые в отрасли!

60 лет опыта производства ЭИ станков!

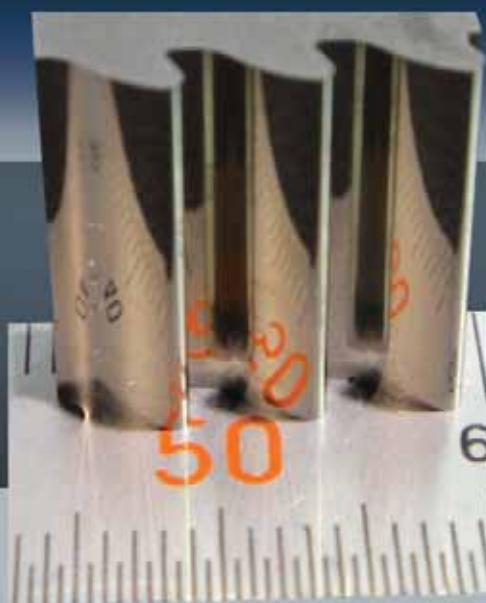
НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

Шероховатость $Ra = 0,006$ мкм
($Rz = 50$ нано = 14-й класс!)
на серийном линейном
вырезном станке в масле!



Sodick

www.sodick.ru



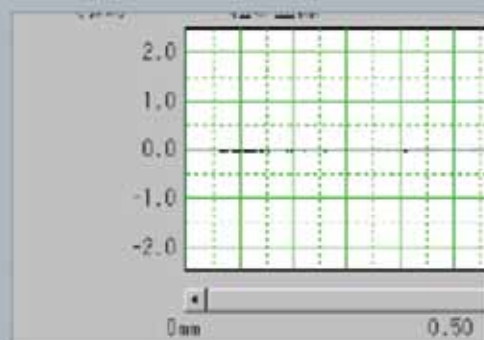
AP250L

Рекордное зеркальное выхаживание
до уровня $Rz = 50$ нанометров;

Сверхточная вырезка твердых сплавов
без выпадения кобальта;

Прецизионная вырезка тонкой проволокой
высоких пуансонов.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В МАСЛЕ =
= ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ В ВОДЕ



パラメータ名	値	単位
Ra	0.0061	μm
Ra(1)	0.0072	μm
Ra(2)	0.0068	μm
Ra(3)	0.0062	μm
Ra(4)	0.0060	μm
Ra(5)	0.0043	μm
Rz	0.0576	μm
Rz(1)	0.0800	μm
Rz(2)	0.0440	μm

Рекорд отрасли!

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ

САМОЛЕТЫ С ДВИГАТЕЛЯМИ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА РАЗРАБОТКИ ПЕРМСКОГО КБ

Семейство ближне- и среднемагистральных узкофюзеляжных самолетов с широкими эксплуатационными возможностями и ориентированных на российский и мировой рынок гражданских воздушных судов.



Самолет вместимостью 150 пассажиров

MC-21-200



Самолет вместимостью 181 пассажир

MC-21-300



Самолет вместимостью 212 пассажиров

MC-21-400

Летно-технические характеристики	MC-21-200	MC-21-300	MC-21-400
Максимальная взлетная масса, т	67,6	76,18	87,23
Крейсерская скорость, М	0,8	0,8	0,8
Объем грузового отсека, м³	37,4	53,3	70,1

Многоцелевой транспортный самолет (МТС) – совместный проект ОАО «ОАК-Транспортные самолеты» (Россия) и индийской авиастроительной корпорации Hindustan Aeronautics Limited. Разрабатывается в рамках межправительственного соглашения между Россией и Индией.



Многоцелевой транспортный самолет

МТС

Максимальная взлетная масса, т	68
Расчетная полезная нагрузка, т	20
Крейсерская скорость, км/ч	800
Дальность полета с максимальной полезной нагрузкой, км	2000
Перегоночная дальность полета, км	7300

При подготовке материала использованы данные сайта www.uacrussia.ru

ПД-14: инновации для будущего России

Создание семейства двигателей на базе унифицированного газогенератора – главный проект авиационного и промышленного моторостроения России на ближайшие десятилетия



ОАО «АВИАДВИГАТЕЛЬ»

РФ, г. Пермь, 614990, ГСП, Комсомольский проспект, 93

Тел.: +7 342 221 39 07. Факс: +7 342 281 54 77. E-mail: office@avid.ru

www.avid.ru

ISSN 999-02109



91779990210003