

**ДВИГАТЕЛЬ**  
Издаётся с 1987 г.

# Двигатель

Научно-технический журнал № 2 (104 + 244) 2016

*Двигатель,*

*который ждёт*



**ПД-14**  
двигатель  
будущего  
для авиации  
и наземных  
комплексов





2007 2005 2004



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2010



Медаль АМКЭС "Преодоление"



## 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
- Богуслав 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"
- Зрелов В.А., д.т.н.,**  
профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
- Иноземцев А.А., д.т.н.,**  
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
- Каторгин Б.И., академик РАН**
- 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"
- Ланшин А.И., д.т.н.,**  
научный руководитель - заместитель  
Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Марчуков Е.Ю., д.т.н.,**  
генеральный конструктор -  
директор ОКБ им. А. Люлька
- 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.,**  
председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
- 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"
- Смирнов И.А., к.т.н.,**  
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
- Соколов В.П., д.т.н.,**  
Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса авиационно-космической промышленности
- 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"

## 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

Эрнст Галсанович Намсараев

### Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь  
Владимир Николаевич Романов

### Техническая поддержка

Ольга Владимировна Лысенкова, к.пед.н.

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

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.

[dvigatel@yandex.ru](mailto:dvigatel@yandex.ru)

[boeff@yandex.ru](mailto:boeff@yandex.ru)

[aib50@yandex.ru](mailto:aib50@yandex.ru)

[www.dvigately.ru](http://www.dvigately.ru)

Электронная версия журнала (2006-2014 гг.)  
размещается также на сайте Научной электронной  
библиотеки [www.elibrary.ru](http://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 информации 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 экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, транспортному, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1630 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" ©  
зарегистрирован в ГК РФ по печати.  
Per. № 018414 от 11.01.1999 г.  
16-й (108-й) год издания.

Отпечатано  
ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.  
Тираж 5 000 экз.  
Периодичность: 6 выпуск в год.  
Цена свободная.



# СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Развитие энергетического и морского газотурбинного двигателестроения в мире. Обзор, часть 2: Современные и перспективные ГТУ морского назначения**  
А.В. Логунов, М.Н. Буров, Д.В. Данилов
- 5 МФД-2016**
- 6 Совершенствование технологий упрочнения зубчатых колес авиадвигателей**  
Л.П. Фомина, В.В. Крымов
- 9 Виктор Михайлович Чепкин**
- 9 Владимир Николаевич Шутов**
- 10 Предложение к вопросу повышения топливной эффективности**  
А.В. Ефимов
- 12 Высокопроизводительные фрезы для универсальной обработки**
- 13 Концевые фрезы MS PLUS**
- 14 Судьба и жизнь Ту-334**  
А.В. Логунов
- 17 Юбилей Э.Г. Намсараева**
- 18 Мечта о космосе сближает**  
В.И. Гуров
- 20 Турбулентность. Фундаментальный тензор собственных частот**  
Ю.М. Кочетков
- 23 80 лет - полёт нормальный! (к юбилею В.С. Рачука)**
- 24 Математическое моделирование нестационарных процессов движения в дизельной топливной аппаратуре**  
Г.Б. Горелик
- 28 Служить науке и любить родину. К 70-летию юбилею А.А. Сперанского**  
Г.Н. Серегин, А.Б. Бельский, А.И. Бажанов
- 32 Пазлы знаний. Интеллектуальная методология полного системно связанного соответствия**  
А.А. Сперанский, К. Сперанский, М. Симонов, В. Малышева
- 38 Тридцать три года в ракетной технике: успехи, разногласия, конфликты**  
В.Ф. Рахманин
- 48 XIII олимпиада по истории авиации и воздухоплавания**
- 52 Танки от и до**  
О.Н. Брилёв



# РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И МОРСКОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

## В МИРЕ ОБЗОР. ЧАСТЬ 2 **Современные и перспективные ГТУ морского назначения**

ПАО "НПО "Сатурн":

**Александр Вячеславович Логунов**, главный специалист, д.т.н.,  
**Максим Николаевич Буров**, главный конструктор по перспективным разработкам, к.т.н.,  
**Денис Викторович Данилов**, ведущий инженер-технолог, к.т.н.

*Проведен анализ исследовательских и практических работ в мире, направленных на развитие газотурбинного энергетического машиностроения. Рассмотрены мировые достижения в области создания энергетической газотурбинной техники.*

*The analysis of the world development and practical activities related to gas-turbine power engineering industry has been performed. The world achievements in the sphere of gas-turbine powerplants are considered.*

**Ключевые слова:** Газотурбинные установки, энергетические ГТУ, парогазовые установки, электростанции, топливная эффективность.

**Keywords:** Gas-turbine units, Electric power generation gas turbines, Combined-cycle gas turbines, Power stations, Fuel efficiency.

Применительно к использованию в морском судостроении главными преимуществами ГТУ перед широко применяемыми дизельными двигателями являются:

- относительно небольшие размеры и масса,
- более высокая выходная мощность,
- относительно невысокие эксплуатационные расходы,
- пониженный уровень шума и вибраций.

Однако высокий расход топлива и стоимость деталей и компонентов турбины до сих пор ограничивают использование ГТУ круизными лайнерами (где требуется высокий уровень комфорта), а также военно-морской техникой для обеспечения скорости и маневренности.

Анализ доступных информационных данных позволил установить, что практически единственной японской национальной программой, направленной на разработку ГТУ для гражданского и, в первую очередь, прибрежного применения, является проект по созданию так называемой морской суперэкологичной турбины [1, 2]. Эта турбина нового поколения предназначена для оснащения гражданских судов ближнего плавания, для которых в 1997 г. Международной морской организацией (IMO - International Maritime Organization) конвенцией MARPOL были введены серьезные ограничения по выбросам в атмосферу.

Национальным проектом занимаются все японские фирмы, имеющие отношение к турбостроению: Kawasaki Heavy Ind., Ishikawajima-Harima Heavy Ind., Daihatsu Diesel Mfg. Co., на базе которых образовано технологическое научно-исследовательское объединение по разработке морской супер-турбины (Technological Research Association of Super Marine Gas Turbine). Проект осуществляется с конца 90-х и по настоящее время.

Конкретными задачами японского проекта на этапе 2001-2005 гг. являлось создание работающей на судовом дизельном топливе турбины с:

- термической эффективностью не менее 38 %,
- эмиссией NOx ниже 1 г/кВт (1/10 от эмиссии дизельных двигателей морского применения),
- пониженным на 30 % расходом топлива по сравнению с имеющимися промышленными турбинами этого класса мощности (рисунки 1, 2).

Из проведенных ранее исследований известно, что достичь термической эффективности турбины 38% и более на простом цикле даже при T<sub>вх</sub> порядка 1200°C невозможно. Поэтому в супер-турбине японского проекта использован регенеративный цикл с рекуператором в выходном канале и 2-вальная газовая турбина, состоящая из газогенераторной системы и силовой турбины. Сопловые и рабочие лопатки 1-й ступени 2-ступенчатой турбины газогенератора, работающие при T<sub>вх</sub>=1200°C (что на 50°C выше, чем у существовавших в середине прошлого десятилетия промышленных ГТУ того же класса мощности), изготовлены из жаропрочных никелевых сплавов и имеют внутреннее охлаждение (рисунок 3).

Фирма General Electric (GE) на базе своих авиационных ГТД разрабатывает и поставляет на мировой рынок применяемые, в первую очередь, в морском судостроении ГТД серии LM мощностью 13...47 МВт [3].

Двигатели LM1600, LM2G0G, LM2500, LM2500+ и LM6000 работают на газовом или дизельном топливе и имеют выходную мощность при частоте 50-60 Гц: 13,75; 18-22; 30-31; и 40,8-43 МВт соответственно, а термическую эффективность до 41 %.

Двигатели состоят из газогенератора и силовой турбины с различным числом ступеней высокого и низкого давления (от 1 у LM1600

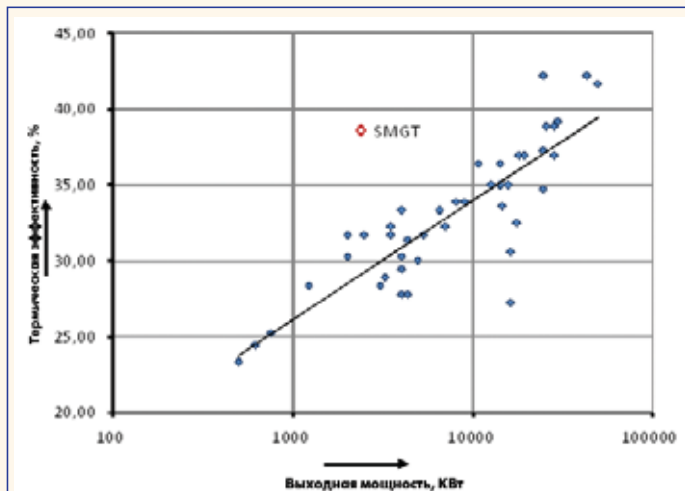


Рис. 1 Сравнительная тепловая эффективность ГТУ морского назначения. SMGT - перспективная японская супер-турбина

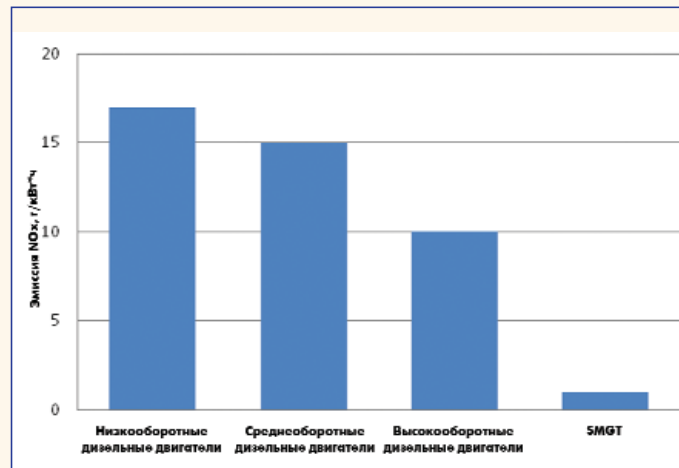


Рис. 2 - Сравнительные данные по эмиссии NOx низко-, средне-, высокооборотных дизельных судовых двигателей и супер-экологичной турбины японского проекта

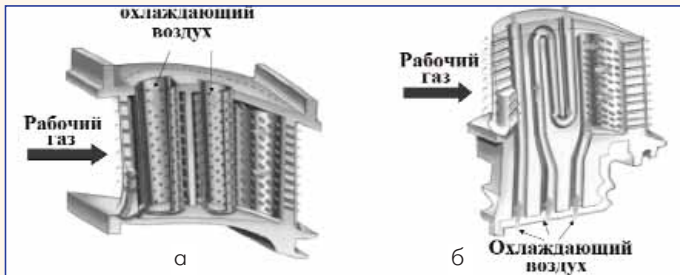


Рис. 3 Конструкция охлаждаемых (с выходом на пленку) сопловых (а) и рабочих (б) лопаток 1-ступени газогенератора в соответствии с проектом морской "супер-турбины" (Япония)

до 6 у LM2500+ и до 14 у LM6000). Усовершенствованные модификации газогенератора, например, в составе LM2500+, создают степень сжатия 22:1. С 1998 г. ГТУ LM2500+ применяется для оснащения коммерческих морских судов. В этих ГТУ используют защитные покрытия сопловых и рабочих лопаток 1-ой ступени турбины высокого давления. На рис. 4 показана газотурбинная установка компании GE Marine LM 2500 мощностью 35,3 МВт. Установка предназначена для новых боевых прибрежных кораблей типа Jackson (LCS-6). Компания должна поставить 20 ГТУ LM 2500 для обеспечения строительства 10 кораблей в течение 5 лет. В настоящее время GE разрабатывает аналогичные установки мощностью 47 МВт.

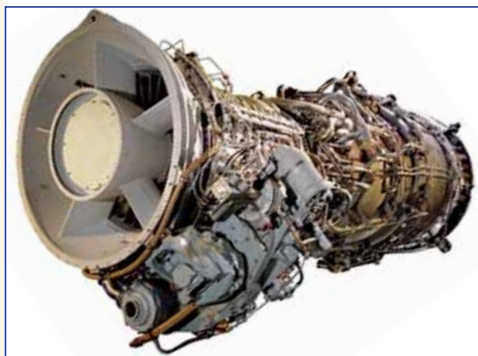


Рис. 4 Газотурбинная установка General Electric LM 2500

ет ряд усовершенствований в системе привода, обеспечивающих прямое соединение вала низкого давления с нагрузкой. Рабочие лопатки турбины LM6000 и её усовершенствованного варианта LM6000 PC/PD- охлаждаемые.

В настоящее время GE на двигателях LM6000 отработывает концепцию LM6000 Sprint (Sprey Inter-cooled Turbine), предусматривающую инжекцию атомизированной воды как в турбину низкого давления, так и в турбину высокого давления, и LM6000 STIG (Steam Injected Gas Turbine), базирующуюся на повышении эффективности цикла за счет инжекции больших объемов пара.

Первые две ГТУ LM6000 Sprint начали эксплуатироваться в 1998 г, за 1,5 года их наработка составила 20 тыс. час. На графике (рис. 6) представлены данные по повышению выходной мощности за счет реализации концепции Sprint. Концепция STIG по предварительным данным позволяет повысить эффективность ГТУ на 2-4 % в зависимости от типа.

Фирма Rolls-Royce (RR) поставляет на гражданский и военный рынок морского судостроения высокоэффективные газовые турбины MT7 (4-5 МВт), WR-21 (25 МВт), Sprey (19,5 МВт), а также генераторы AG9140 (BCU авиационного назначения) и RR4500 (4,5 МВт).

WR-21 представляет собой ГТД с рекуператором и промежуточным охлаждением совместной разработки США, Великобритании и Франции (основной разработчик RR), осуществленной в период 1990...2000 г. для использования в перспективном военном судостроении. Затраты на разработку составили около \$1,2 млрд. По сравнению с LM2500 (ГТ простого цикла) WR-21 имеет на 25...30% более низкий расход топлива, но при заметном возрастании стоимости. Улучшенная топливная экономичность позволила снизить затраты на топливо и функционирование эсминцев класса DD-21 на \$1,5 млн./год, а также обеспечила воз-

В таблице 1. представлены некоторые сведения, имеющиеся по этим ГТУ на период 2000г.

Двигатель LM6000 сдан в коммерческую эксплуатацию в 1998 г. (рис. 5). По сравнению с базовым авиационным двигателем CF6-80C2 он имеет

Таблица 1  
Наработка базовых ГТД и ГТУ фирмы GE на 2000 г

Марка ГТУ	Марка базового ГТД	Авиационные ГТД		Промышленные ГТУ	
		Количество	Наработка, млн. час	Количество	Наработка, млн. час
LM1600	F404	3400	7	146	3,5
LM2500	TF39/ CF- 6-6	1130	32,3	1787	31,2
LM6000	CF6-80C2	2806	58,7	300	3,2

можность повышения вооружённости эсминцев, их скорости, увеличение времени стоянок, дальности и т.п. В 2000 г. ВМС Великобритании выбрало WR-21 для оснащения своего 7500-тонного эсминца серии 45 (типа DDG-1000 с ГТД LM2500) в составе интегрированной системы с электрическим приводом [4].

Одной из первых разработок фирмы RR после длительного отсутствия на рынке морских газовых турбин является двигатель MT30, развивающий мощность 36 МВт при температуре окружающей среды до 38°C и до 40 МВт при 15°C, предназначенный как для оснащения коммерческих круизных лайнеров, так и военной техники, в первую очередь, сторожевых кораблей, авианосцев и эскадренных миноносцев.

MT30 является морским вариантом авиационного ГТД Trent 800 и соответствует ему практически на 80% (топливо - природный газ с инжекцией воды 25 част/млн.)

В турбине MT30 используются аналогичные охлаждаемые рабочие лопатки; рабочие и статорные лопатки имеют 3х-мерный профиль. При адаптации к условиям морского применения число компонентов никелевого жаропрочного сплава было снижено на 60%. Газовая турбина имеет



Рис. 5 ГТД LM 6000 фирмы GE

модульную конструкцию массой 77 т и длиной 4,5 м. Общая длина генератора составляет 8,6 м. Сравнительно небольшая масса MT30 обеспечивает высокое отношение мощность/масса, а компактность и модульная конструкция создают условия для достаточно легкой интеграции двигателя в новые проекты.

В Великобритании новые двигатели RR использованы в программах разработки перспективных авианосцев, способных нести от 34-х до 40 самолетов STOVL, из которых два (Queen Elizabeth и Princeof Wales), общей стоимостью \$3,9 млрд. поступают на вооружение королевских ВМС в 2014 - 2016 гг.

Следует отметить, что на протяжении нескольких десятилетий корабли ВМС США (NAVY) оснащались исключительно двигателями LM2500 фирмы GE и MT7RR [5].

Во второй половине прошлого десятилетия NAVY осуществило несколько программ, обеспечивших применение MT30 в перспектив-

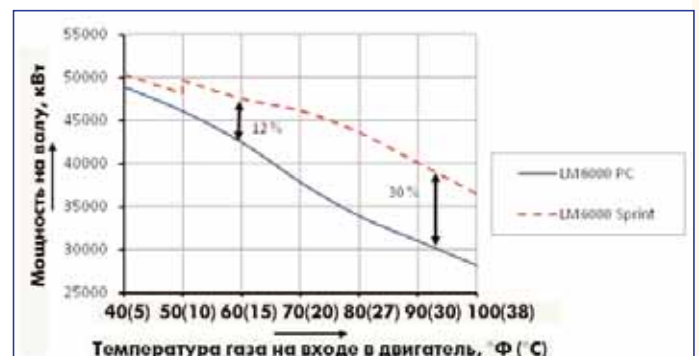


Рис. 6 Повышение рабочих параметров ГТУ LM6000 фирмы GE за счет реализации концепции Sprint (инжекция атомизированной воды)



Рис. 7 - Буксировка эскадренного миноносца Zumwalt по реке Кеннебек после спуска на воду на верфи Bath Iron Works

ных разработках, а также, вероятно, замену существенной части силовых установок уже функционирующей техники на более мощный и экономичный MT30.

Например, двигатель MT30 использован NAVY для оснащения кораблей класса Freedom, разработанных по программе Littoral Combat Ship (LCS) - боевых береговых кораблей, предназначенных для выполнения широкого круга задач, в т.ч. минирования, противолодочных и защитных функций. Первый из кораблей этого класса принят в 2006 г., планируется построить ещё 56. Использование нового двигателя обеспечило повышение их скорости, оперативной гибкости и манёвренности.

MT30 также использован для оснащения перспективных эскадренных миноносцев класса "Замволт" (Zumwalt) (рис. 7), разрабатываемых NAVY по контрактам с Northrop Grumman и рядом других фирм оборонного значения. На корабле установлены две энергетические установки на базе MT30, которые обеспечивают электроэнергией все системы судна, включая электропривод гребных винтов. Боевые единицы этой серии поступят на вооружение в 2016 - 2018 гг. Стоимость каждого эсминца в 2008 г. оценивалась в \$1,4 млрд. Однако, предполагалось, что она может возрасти до \$3,2 млрд.; затраты на эксплуатацию в течение жизненного цикла эсминца этого класса оцениваются в \$4,0 млрд.

В перспективе RR планирует поставлять на мировой рынок также газовые турбины мощностью 55 и 60 МВт морского и промышленного назначения [6].

Следует добавить, что с начала 2000 гг. ВМС США с целью снижения потребления нефти активно разрабатывают новые концепции комбинированного силового оснащения своей техники, а именно: использование турбинных установок с электрическим приводом и топливных элементов. Кроме того, рассматривается возможность применения альтернативных видов топлив.

Интегрированная газовая турбина с электрическим приводом, в зависимости от типа судна и его профиля обеспечивает 10-25%-ное снижение расхода топлива. Турбину такого типа, разработанную на базе коммерческой силовой установки для круизных лайнеров, имеет грузовой военный транспорт NAVY серии TAKE-1. Применение ГТ с электрическим приводом и усовершенствованным индукционным двигателем планировалось на последней серии эсминцев DDG-1000, а также при дополнительном усовершенствовании электрической системы на подводных лодках.

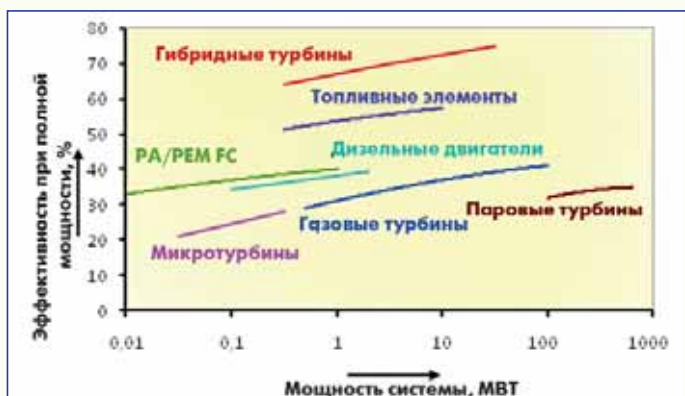


Рис. 8 - Сравнительная топливная эффективность электрических силовых установок

Поскольку военные корабли обычно редко развивают максимальную скорость, судовые силовые установки в большинстве случаев работают с неполной загрузкой и низкой эффективностью (16...18%).

Системы, базирующиеся на технологии топливных элементов (Fuel Cell-FA), разрабатываемые ONR (Office of Naval Research - департамент исследований ВМС США), имеют топливную эффективность от 37 до 52 % [4, 7].

Топливная эффективность гибридной системы топливный элемент-комбинированная турбина достигает по представленным NAVY данным почти 80% (рис. 8).

Кроме того, использование технологии топливных элементов в гибридных системах обеспечивает снижение эксплуатационных расходов, уменьшение ИК и звуковых сигнатур, радарных проекций, т.е. снижение заметности практически по всем параметрам. Известно, что технология топливных элементов используется на немецкой подводной лодке серии 212. Кроме того в Европе эта технология наметена для гражданского применения.

### Выводы:

1. В настоящее время в мире прослеживается четкая тенденция по переходу энергетики на природный газ как основной вид топлива и газотурбинные установки в качестве ведущих силовых агрегатов для привода электрогенераторов.

2. Развитыми странами мира выделяется существенное финансирование на работы по повышению эффективности и топливной экономичности газотурбинных установок. Уже эксплуатируются большие ГТУ мощностью свыше 400 МВт. Температура рабочих газов современных ГТУ на входе в турбину перешла за отметку 1500°C, что на 150-200°C выше, чем на установках предыдущего поколения.

3. Возросшие требования к современным газотурбинным установкам указывают на экономическую оправданность использования авиа-космических технологий и материалов для проектирования и постройки современных ГТУ, в том числе монокристалльных жаропрочных сплавов, легированных рением. Поэтому ведущими фирмами мира ведутся активные работы по созданию специальных высокохромистых монокристалльных сплавов, легированных рением.

4. Нынешний период характеризуется активными работами по созданию ГТУ, представляющих собой компактные и одновременно мощные силовые установки для морской техники гражданского и военного назначения. Новым поколением "морских" ГТУ будут оснащены перспективные авианосцы, эсминцы, сторожевые корабли. ■

### Литература

1. Sugimoto, T. R&D Plan for the Next-Generation Marine Gas Turbine (Super Marine Gas Turbine) [Text] / T. Sugimoto, et.al. // - Tokyo: - 1999, - P. 1000.
2. Arai, M. Research and Development of Gas Turbine for Next-Generation Marine Propulsion System (Super Marine Gas Turbine) [Text] / M. Arai, T. Sugimoto, K. Imai et.al. // Proceedings of the International Gas Turbine Congress 2003, Tokyo, 2-7 November 2003. - P. 7.
3. Badeer, G.H. GE Aeroderivative Gas Turbines - Design and Operating Features [Text] / G.H. Badeer // GE Power Systems, - 2000, - P. 20.
4. O'Rourke, R. Navi Ship Propulsion Technologies: Options for Reducing Oil Use - Background for Congress [Text] / R. O'Rourke // CRS Report for Congress, Order Code RL 33360. - 2006. - P. 35.
5. Thisdell, D. Rolls-Royce Osprey engines to go directly to hovercraft application [Text] / D. Thisdell // Flight International, - 2012, - № 10, - P. 37-41.
6. Rolls-Royce The MT30 Marine Gas Turbine. Powering the world's future fleets [Text] / Rolls-Royce // Rolls-Royce Power Engineering plc, - 2014, - P. 10.
7. Nickens, A. Hybrids on the High Seas: Fuel Sells for Future Ships [Text] / A. Nickens // Navi Newsstand, - 2004, - № 8, - P. 52-57.

Связь с авторами: danilov\_d.v@rambler.ru

# МФД-2016



19 - 21 апреля 2016 г. в г. Москве (ВДНХ, павильон 69) состоялся II Международный Форум Двигателестроения (МФД-2016). Одновременно с ним и в его рамках проходил Научно-технический конгресс по двигателестроению (НТКД-2016). Форум проводился при поддержке Минпромторга России и Торгово-Промышленной палаты РФ. Организовывал и собирал Форум "Союз авиационного двигателестроения" (АССАД), Конгресс организовывался отраслевыми институтами: прежде всего - ЦИАМ им. П.И. Баранова, ВИАМ, ВИЛС, НИИД, а также рядом учебных институтов. Генеральный спонсор Форума - ООО "Страховой центр "Спутник".

В работе Форума, в т.ч. в НТКД, приняли участие свыше 2000 специалистов 90 предприятий из 10 стран мира. Общая площадь экспозиции составила около 3000 квадратных метров. Экспозицию Форума посетило около 10 тысяч человек. Следует отметить широкое участие в Форуме студентов и аспирантов (около 300 человек) ведущих технических ВУЗов страны: МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАИ, РГАУ, СГАУ, ВВИА имени Н.Е. Жуковского.

Особое место экспозиции занимал новейший отечественный турбовентиляторный двигатель ПД-14, предназначенный для установки на самолеты семейства МС-21. Презентация ПД-14 прошла 20 апреля 2016 года на объединенном стенде АО "ОДК".

В своих экспозициях новейшие достижения продемонстрировали ведущие моторостроительные, металлургические, агрегатные, приборостроительные, станкостроительные предприятия и научные организации. Крупнейшие экспозиции представили АО "ОДК" и ПАО "Корпорация "ВСМПО-Ависма" в составе объединенного стенда ГК "Ростех" и ООО "Вертолетные комплексы и многофункциональные системы".

Одним из главных мероприятий Международного Форума Двигателестроения явилось проведение "Научно-технического конгресса по двигателестроению - 2016", на котором рассматривалась расширенная тематика симпозиумов Конгресса по 19 направлениям. К организации и руководству симпозиумами были привлечены не только научные руководители направлений двигателестроения из ведущих институтов отрасли (ЦИАМ, ВИАМ, НИИД), но и главные конструкторы и генеральные директора предприятий, тематически связанных с двигателестроением, а также ведущие ученые авиационных ВУЗов страны.

Всего на пленарном заседании и симпозиумах было представлено более 200 докладов. В работе Пленарного заседания приняли участие около 200 специалистов, в симпозиумах - более 500 специалистов институтов отрасли, ОКБ, объединений и фирм.

По отзывам участников НТКД все доклады были доложены на высоком научно-техническом уровне и вызвали большой интерес специалистов отрасли и гостей Конгресса.

Устроители и организаторы считают целесообразным проведение следующего Форума в 2018 году.



# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

Людмила Петровна Фомина, к.т.н., ведущий инженер АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"  
 Валентин Владимирович Крымов, д.т.н., профессор, Заслуженный машиностроитель РФ

*Проведен сравнительный анализ применяемых технологий химико-термической обработки зубчатых колес и других деталей авиационных двигателей по способу упрочнения рабочих поверхностей, определяющих долговечность их работы. Представлен созданный на предприятии участок "Ионно-вакуумная химико-термическая обработка". Показаны перспективы повышения экономичности и качества изготовления зубчатых колес и совершенствование упрочняющих технологий, в том числе путём применения защитных покрытий в качестве предохранения поверхностей от диффузионного насыщения.*

*A comparative analysis of the technologies of chemical-thermal treatment of gears, and other parts of aircraft engines by the method of hardening the working surfaces, determining the durability of their work. Presented at the enterprise created the plot of "Ion-vacuum chemical-thermal treatment". The prospects of increased efficiency and quality of manufacturing of gear wheels and the improvement of hardening technologies, including through the use of protective coatings as protection of surfaces from diffusion saturation.*

**Ключевые слова:** ионно-плазменное азотирование и цементация, вакуумная цементация, диффузионный слой, оборудование, защитное покрытие, технологический маршрут упрочнения.

**Keywords:** ion-plasma nitriding and carburizing, vacuum carburizing, diffusion layer, equipment, protective coating, a process route of hardening.

Первостепенные задачи в области создания производства современных авиационных двигателей заключаются в повышении эксплуатационных характеристик, экономичности в производстве и надежности в работе. Решение этих задач требует постоянного совершенствования технологических процессов, обеспечивающих высокое качество изготовления деталей двигателя. К числу технологий, требующих постоянного совершенствования, относятся технологии упрочнения зубчатых колес, от работоспособности которых во многом зависит живучесть двигателя и в целом всего летательного аппарата.

Функциональное назначение зубчатых колес в газотурбинных двигателях - высокоскоростная передача крутящего момента различным агрегатам в условиях высокой нагрузки и повышенных рабочих температур. Зубчатые колеса должны отвечать высоким требованиям по контактной выносливости, выносливости зубьев при изгибе, износостойкости профилей зубьев, стойкости к заеданию. Для обеспечения указанных эксплуатационных свойств необходимо применять теплостойкие комплексно-легированные стали электрошлакового переплава типа 16ХЗНВФМБ-Ш (ВКС-5), 20ХЗМВФ-Ш (ЭИ415) [1]. Выбор вида химико-термического упрочнения рабочих поверхностей зависит от конструктивно-технологических особенностей и эксплуатационных характеристик деталей [6]. Для обеспечения контактной выносливости, выносливости зубьев при изгибе, стойкости к заеданию целесообразно применять цементацию, а для обеспечения высокой твердости поверхности, износостойкости и высокой теплостойкости рабочей поверхности - азотирование. Газотурбинный двигатель (ГТД) АЛ-31Ф включает 115 цементуемых деталей, среди которых основными являются зубчатые колеса, включающие 88 типоразмеров. Номенклатура авиационных деталей редукторов и приводов газотурбинных двигателей, упрочняемых азотированием, насчитывает более 200 наименований.

В настоящее время среди современных упрочняющих технологий, обеспечивающих требуемые эксплуатационные характеристики зубчатых колес, особый интерес представляют ионно-плазменные и вакуумные процессы цементации и азотирования, заменившие собой аналогичные газовые процессы [2].

Работы по освоению процессов ионной и вакуумной цементации проводились совместно с учеными МГТУ им. Н.Э. Баумана на предприятии "Салют", на участке "Ионно-вакуумная химико-термическая обработка". Базовой единицей участка является трехкамерная печь немецкой фирмы Irsen, предназначенная для проведения процессов как ионной, так и вакуумной цементации

(нитроцементации), которые можно сочетать с непосредственной закалкой. Также на участке находится установка для ионного азотирования "Салют-60М" (с дополнительным подогревом деталей), разработанная совместно с сотрудниками МГТУ.

Главное достоинство ионной [3] и вакуумной [4] цементации заключается в формировании диффузионных слоев, обладающих высокой несущей способностью, без окисления и обезуглероживания поверхности. Эксплуатационные свойства зубчатых колес возрастают по мере увеличения прочности и твердости сердцевины, достигая максимальных значений ( $\sigma = 1200$  МПа, HRC 42-43) [1]. Такие свойства обеспечивают стали типа ВКС-5, имеющие структуру малоуглеродистого мартенсита. Особенностью науглероживания этих сталей является повышенная склонность к карбидообразованию. В результате цементации образуются диффузионные слои (рис. 2), состоящие из трех зон: 1) активной карбидной зоны из части легированного цемента, 2) зоны специальных карбидов и 3) зоны твердого раствора. Протяженность активной карбидной зоны должна быть не менее 0,3 мм, т.к. значительная ее часть (0,2 мм) удаляется при шлифовании. Зубошлифование является обязательной операцией для восстановления степени точности зубчатых колес после высокотемпературной химико-термической обработки, в результате которой возникают деформации и коробления. Окончательно готовые детали приобретают твердую цементированную поверхность 60-64 HRC и вязкую сердцевину 38-43 HRC [1].

Технологический маршрут упрочнения зубчатых колес из сталей типа ВКС-5 состоит из предварительной термической обработки, ионной или вакуумной цементации и окончательной термической обработки с промежуточными этапами механической об-

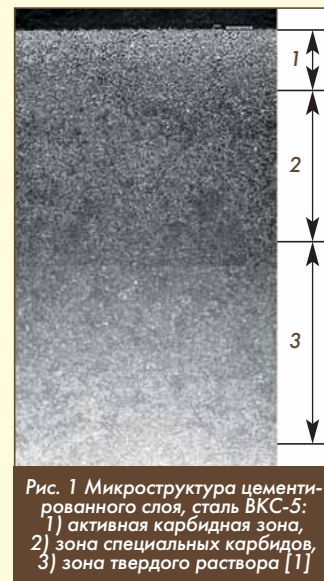


Рис. 1 Микроструктура цементированного слоя, сталь ВКС-5: 1) активная карбидная зона, 2) зона специальных карбидов, 3) зона твердого раствора [1]



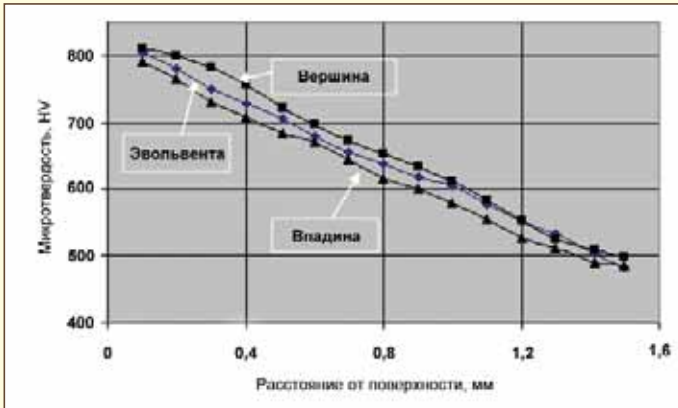


Рис. 2 Распределение микротвердости по глубине цементированного слоя, сталь ВКС-5

работки, предназначенными для снятия припусков металла. С целью повышения экономичности изготовления зубчатых колес, разработаны технологические маршруты вакуумной цементации без промежуточной механической обработки с применением защиты поверхностей от науглероживания.

Используемые способы защиты неупрочняемых поверхностей припуском металла [1] при газовой, ионной и вакуумной цементации, а так же гальваническим меднением [2] при газовой цементации имеют ряд недостатков. Например, защита припуском приводит к нерациональному расходу металла, увеличению трудоемкости механической обработки и дополнительному расходу режущего инструмента. К основным недостаткам процесса меднения можно отнести: повышенную трудоемкость операций по нанесению и последующему удалению гальванического покрытия, расход энергоресурсов и цветных металлов, что увеличивает время технологии изготовления детали и приводит к увеличению ее стоимости. В ионно-плазменных процессах цементации используют универсальную технологическую оснастку, к которой относятся защитные экраны [1], предохраняющие поверхности деталей от цементации. Защитные экраны разработаны для небольшой группы зубчатых колес. Из-за многообразия типоразмеров использование защитных экранов является затратным, поэтому, в заводской практике принято изготавливать зубчатые колеса с припуском металла и последующим его удалением механической обработкой.

Совокупность недостатков рассмотренных выше способов предохранения поверхностей изделий от науглероживания привела к поиску новых технологических решений. Одним из таких решений является использование антицементационных покрытий [5]. Достоинство этого метода - простота использования и отсутствие специального оборудования. Защитное покрытие используют взамен припуска металла при вакуумной цементации и взамен гальванического меднения при газовой цементации. Становится ненужной промежуточная механическая операция съема припуска металла с детали после окончательной термообработки. Очевидное сокращение операций механической обработки позволяет экономить время изготовления деталей, количество металлообрабатывающего оборудования и соответственно удешевляет процесс.

В качестве антицементационных покрытий используют пасты европейских производителей: "Ovac", "BC20", "Evin". Технологии нанесения покрытий разработаны с обязательной высокотемпературной сушкой в сушильных шкафах при температуре до 250 °С, что обеспечивает высокое качество защиты поверхностей от науглероживания и качественную цементацию рабочих поверхностей деталей. При этом имеет место снижение трудоемкости обработки деталей и снижение брака благодаря созданию стабильного газонепроницаемого, легкоудаляемого, изолирующего слоя на защищаемой поверхности. Технологический процесс изготовления деталей с использованием антицементационных защитных покрытий не предусматривает введения, а следовательно и удаления припусков, что позволяет повысить коэффици-

ент использования материала заготовки на 15...20 % и снизить трудоемкость механической обработки на 12...15 %.

При ионном азотировании для защиты не упрочняемых поверхностей, взамен металлических экранов, так же можно использовать защитные покрытия. Проведенные исследования качества защитных свойств покрытий и качества диффузионных слоев показали удовлетворительные результаты. Использование защитных покрытий позволяет сократить количество оснастки, что уменьшает уровень затрат при изготовлении деталей.

Ионное азотирование зубчатых колес применяют как процесс, альтернативный процессу цементации, т.к. он относится к малодеформационным способам поверхностного упрочнения деталей. Низкая температура процесса (480...580 °С) и отсутствие фазовых превращений при упрочнении обуславливают значительное снижение деформаций деталей и сохранению геометрических параметров профиля зубьев зубчатых колес. В результате не требуется дальнейшая механическая обработка (шлифование), что коренным образом меняет технологию изготовления деталей, делая ее более эффективной, при этом снижается трудоемкость и себестоимость продукции.

Освоение процесса ионного азотирования на предприятии "Салют" проводилось при активном участии ученых МГТУ им. Н.Э. Баумана. В результате была создана первая опытно-промышленная установка ионного азотирования мощностью 30 кВт. Совместно с ПНИТИ (г. Пермь) разработана и успешно функционирует по настоящее время установка "Ион-30", предназначенная для упрочнения как деталей основного производства, так и для упрочнения штампового и режущего инструмента. Для ионного азотирования зубчатых колес и других деталей авиационных двигателей сотрудниками предприятия и МГТУ им. Н.Э. Баумана, разработана и изготовлена установка "Салют-60" полезной мощностью 70 кВт. Эта установка работает и сегодня, выпуская продукцию, но параллельно ведется переоснащение химико-термического производства. Заводом приобретены две немецкие ионно-плазменные установки для азотирования с функцией дополнительного подогрева деталей и полной автоматизацией процесса.

Ионное азотирование является одним из основных методов повышения износостойкости деталей ПД. Технология этого процесса основана на применении высокопрочных сталей мартенситного класса типа ВКС-5, ВКС-7 и др. Важная особенность таких сталей заключается в способности сохранять прочность и твердость сердцевины при нагреве до температур 500...530 °С.

Технологический маршрут упрочнения серийных деталей ПД состоит из нескольких этапов [1]. На первом этапе штамповка проходит предварительную термическую обработку, затем деталь идет на 1-й и 2-й этапы механической обработки. В термическом цеху готовую деталь подвергают окончательной термообработке, далее выполняют шлифование (3-й и 4-й этапы механической обработки), после которого деталь отправляют на участок ионного азотирования. Детали сложной конфигурации перед ионным азотированием подвергают стабилизирующему отпуску. Затем, на поверхности, не подвергающиеся азотированию, наносится защитное покрытие. Ионный процесс обеспечивает равномерное распределение диффузионного слоя по профилю шлиц (рис. 3), высокий уровень твердости вблизи поверхности и плав-

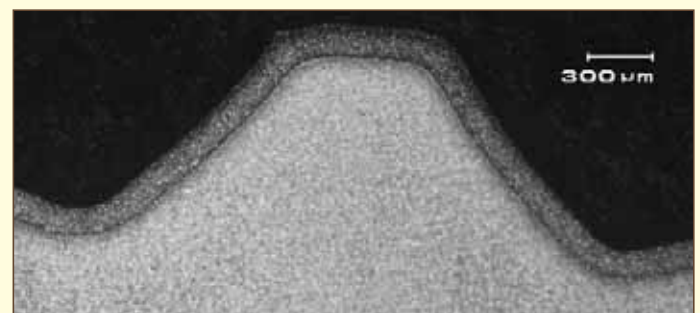


Рис. 3 Распределение азотированного слоя по профилю шлиц, сталь ВКС-5

ное снижение по толщине слоя (рис. 4). Микроструктура азотированного слоя состоит из тонкого нитридного слоя (менее 5 мкм) (светлая зона на поверхности) и расположенной под ним диффузионной зоны (насыщенный азотом  $\alpha$ -твердый раствор с избыточными выделениями высокодисперсных нитридов легирующих элементов). Азотированный слой обеспечивает более высокую твердость на поверхности (по сравнению с цементацией), обладает высокой теплостойкостью, износостойкостью и высоким сопротивлением заеданию. Благодаря перечисленным достоинствам азотированные зубчатые колеса способны работать в условиях высоких окружных скоростей, но при ограниченных контактных

нагрузках из-за малой толщины слоя (не более 0,5 мм).

В настоящее время ведутся исследования по разработке режимов ионного азотирования сталей 15X16K5H2MBФАБ-Ш, 30X2HВФА, 20X3МВФА-Ш. Результаты исследований показали, что после упрочнения на указанных сталях формируются диффузионные слои, структурное состояние и характеристики которых обеспечивают высокую твердость азотированного слоя ( $> 87 \text{ HRN}_{15}$ ), высокую прочность сердцевины ( $> 1250 \text{ МПа}$ ), равномерное распределение нитридных фаз по объему зерна. Благодаря совокупности факторов, таких как состав стали, технология предварительной обработки и температурно-временные режимы ионного азотирования, структурное состояние азотированного слоя повышается износостойкость поверхностей.

В результате создание участка "Ионно-вакуумная химико-термическая обработка", внедрение новых ионно-плазменных и вакуумных процессов упрочнения взамен газовых процессов, разработки режимов вакуумной цементации и ионного азотирования с использованием защитных покрытий для предохранения поверхностей от диффузионного насыщения кардинальным образом изменило технологический процесс изготовления большого числа деталей авиадвигателей. Настоящие изменения позволили разрабатывать максимально рациональные технологии упрочнения, что снижает трудоемкость и производственные затраты. Именно поэтому сегодня особенно важно создавать подобные участки и на других авиационных предприятиях, использовать усовершенствованные технологии и современное оборудование.

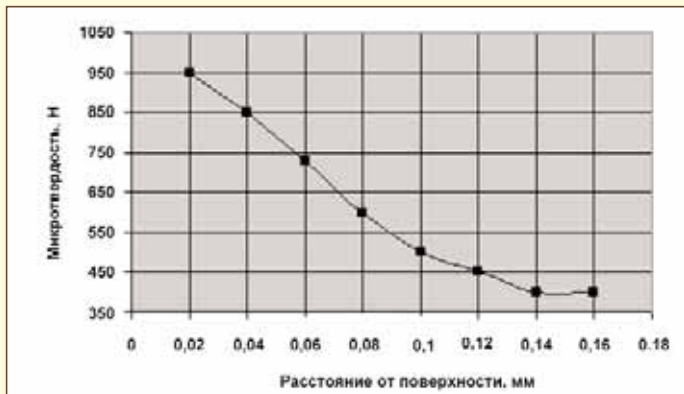


Рис. 4 Распределение микротвердости по толщине азотированного слоя, сталь ВКС-5

Связь с автором: [fominalp@yandex.ru](mailto:fominalp@yandex.ru)

Литература

1. Производство зубчатых колес газотурбинных двигателей / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов, И.П. Нежурин и др. - М.: Высшая школа, 2001. - 493 с.
2. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1985. - 256 с.
3. Технология ионной химико-термической обработки деталей ГТД / Крымов В.В., Фомина Л.П. // Авиационная промышленность. - 2014. - № 4. - С 19-22.
4. Вакуумная цементация - эффективный способ упрочнения зубчатых колес газотурбинного двигателя / Л.П. Фомина, Н.М. Рыжов, Р.С. Фахуртдинов и др. // Авиация и космонавтика - 2008: Тез. докл. 7-й междунар. конф. - М., 2008. - С. 79.
5. Повышение качества защиты поверхности от науглероживания деталей газотурбинных двигателей / Фомина Л.П., Крымов В.В. // Авиационная промышленность. - 2015. - № 4. - С. 46-51.
6. Влияние химико-термической обработки на долговечность деталей ГТД / Фомина Л.П. // Двигатель - 2013. - № 6. - С. 8-10.



# 12-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

проводится в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2014 г. № 541-р

17-19 мая '2016  
Москва Павильон  
ВДНХ №69

**ОРГАНИЗАТОР**  
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

**СОДЕЙСТВИЕ**  
Правительство Российской Федерации  
Торгово-промышленная палата Российской Федерации

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ**  
The International Bureau of Weight and Measures (BIPM)  
International Organization of Legal Metrology (OIML)  
Euro-Asian Cooperation of National Metrology Institutions (CDOMET)

**С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ**  
Минпромторг России, Росстандарт, Ростехнадзор, МВД России, ГК «Ростатом», ГК «Ростехологич», ОАО «Росатом», ОАО «РЖД», АО «КРЭТ»

**КОНКУРСНАЯ КОМИССИЯ**  
ФБУ «Ростест-Москва»

**УСТРОИТЕЛЬ И ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР**  
Компания «Вэстстрой Экспо»

- ПРОГРАММА ФОРУМА**
- 12-я выставка средств измерений и метрологического обеспечения «METROEXPO-2016»
  - 5-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы «CONTROL&DIAGNOSTIC-2016»
  - 5-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов «RESMETERING-2016»
  - 4-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения «LABTEST-2016»
  - 4-я выставка программного обеспечения и оборудования для промышленной автоматизации «PROMAUTOMATIC-2016»
  - Первый Всероссийский Съезд метрологов и приборостроителей
  - Всероссийская выставочно-конкурсная программа «ЗА ЕДИНСТВО ИЗМЕРЕНИЙ»

Стратегический партнер форума    Генеральный партнер форума    Генеральные информационные партнеры

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ  
ВЫСТАВКИ



ПЕРВЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ СЪЕЗД  
МЕТРОЛОГОВ И ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

**ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА**

129223, Москва, а/я 35. ул. Искры, д. 31

Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

E-mail: [metrol@expoprom.ru](mailto:metrol@expoprom.ru) • [www.metrol.expoprom.ru](http://www.metrol.expoprom.ru)

## ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ ЧЕПКИН



Третьего июня 2016 г., после продолжительной болезни, на 83-м году жизни скончался конструктор авиационных двигателей Виктор Михайлович Чепкин.

В.М. Чепкин родился 20 сентября 1933 г. в Покрово-Казачьей слободе (ныне входит в черту города Лебедин). После окончания в 1957 г. Московского авиационного института работал по распределению в Пермском моторостроительном КБ, где прошел путь от инженера-конструктора до первого заместителя главного конструктора (1972 г.) и главного конструктора (1982 г.). В 1983-84 гг. Виктор Михайлович - заместитель министра авиационной промышленности, затем, с августа 1984 г. по 2001 г., В.М. Чепкин - генеральный конструктор - генеральный директор НПО "Сатурн" имени А.М. Люльки. С 1985 года под руководством В.М. Чепкина шли работы по турбореактивному двигателю "изделие "20". Экспериментальный многофункциональный истребитель "1.44" ОКБ Микояна благополучно совершил 29 февраля 2000 г. первый полет с этими двигателями.

Под руководством В.М. Чепкина были успешно завершены конструкторско-доводочные работы и проведены Государственные испытания турбореактивного двигателя четвертого поколения АЛ-31Ф для истребителя Су-27. Он принимал активное участие в создании и внедрении в серийное производство турбореактивных двигателей Д-30КУ, Д-30КП, Д-30КУ-154, широко применяемых

на самолетах гражданской авиации Ил-62М, Ил-76, Ту-154М. Руководил созданием уникального по своим параметрам турбореактивного двигателя Д-30Ф6 для сверхзвукового истребителя-перехватчика МиГ-31. Виктор Михайлович руководил работами по двигателю АЛ-31ФП, оснащеному реактивным соплом с управляемым вектором тяги, позволяющим выполнять фигуры высшего пилотажа в режиме сверхманевренности. Коллективом, возглавляемым В.М. Чепкиным, был создан газотурбинный двигатель АЛ-31СТ для газоперекачивающего агрегата ОАО "Газпром", который успешно эксплуатируется с 1996 г.

В.М. Чепкин - автор более 200 научных трудов, имел 91 авторское свидетельство на изобретения. С 1986 г. он - доктор технических наук, профессор МАИ.

Он был действительным членом Российской инженерной академии, Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, Академии авиации и воздухоплавания, Академии космонавтики, Международной академии экологии и безопасности жизнедеятельности, членом-корреспондентом американского института аэронавтики и Астронавтики.

За трудовые успехи и многолетнюю и безупречную работу Виктор Михайлович Чепкин награжден Орденом Трудового Красного Знамени (1976 г.), Орденом Почёта (2003г.), медалью "В память 850-летия Москвы" (1997г.). В 1981 г. В.М. Чепкин в 1981 г. стал лауреатом Ленинской премии. Он - был удостоен звания Почётный авиастроитель России.

**Виктор Михайлович - один из тех, кто активно поддерживал создание нашего журнала, неоднократно печатался в "Двигателе", около десяти лет был активным членом Редакционного совета этого журнала.**

**Скорбим по поводу нашей общей потери. Сочувствуем родным и близким ушедшего.**

## ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ ШУТОВ



9 июня 2016 г., в возрасте 65 лет скончался известный учёный, кандидат технических наук, крупный специалист в области электрических ракетных двигателей Владимир Николаевич Шутов. Владимир Николаевич был одним из немногих скромных деятелей науки, по результатам деятельности которых будут жить, создавать научные ценности и пользоваться наследием многие поколения учёных и инженеров ракетной техники. Огромный научный и технический багаж, который он оставил после себя, является реальным и осязаемым в настоящее время. Ввиду широты научных ин-

тересов учёного, трудно рассказать обо всех его достижениях, но наиболее яркий пласт его работ может быть обозначен следующими основными позициями.

Им был создан целый комплекс принципиально новых экспериментальных сильноточных магнитоплазменных ускорителей на различных рабочих телах (литий, цезий, калий-натриевая эвтектика, инертные газы) с внешним и собственным магнитным полем. На их базе были созданы и испытаны в натурных условиях установки для генерации искусственных плазменных образований с целью активного воздействия на космическую среду и глобального исследования космического пространства.

Технические решения Владимира Николаевича, воплотившиеся в конкретных узлах и конструкциях, были использованы для соз-

дания лётных образцов холловских двигателей для КА "Экспресс" (2002 г.) и "Луч" (2015 г.). В том числе, им были разработаны и внедрены перспективные высокоресурсные и экономичные катодные узлы для высокоимпульсных холловских двигателей, что стало возможным благодаря созданному им подробному теоретическому и экспериментальному заделу. При этом были решены сопутствующие конструктивные проблемы, связанные с обеспечением необходимой стойкости к воздействию механической вибрации и чистоты ксенона, используемого в качестве рабочего тела. Важным моментом деятельности Владимира Николаевича является создание инновационных методов измерения вектора тяги современных ЭРД. Достижения в области катодных узлов обеспечили базу для создания многоэмиттерного катодного узла газоразрядной камеры мощного ионного двигателя ИД-500. Это решение является приоритетным направлением, не имеющим мировых аналогов.

Владимир Николаевич - автор более 30 изобретений, значительная часть которых уже внедрена на действующих космических аппаратах. За комплекс работ в этой области он получил Премию правительства Российской Федерации.

Владимир Николаевич Шутов был человеком высокой гражданской ответственности. Его всегда волновали проблемы общества и его обустройства. Видимо поэтому, помимо своей основной деятельности учёного, он уделял большое внимание и много времени исследованиям социологических, исторических и экономических проблем. Им написан цикл монографий по этим дисциплинам.

**Тяжёлая утрата, связанная с его кончиной, заставляет коллег, товарищей, друзей ещё раз взглянуть на его жизненный пример настоящего современного человека, неравнодушного к проблемам науки и человечества. Его друзья и коллеги скорбят и приносят искренние соболезнования родным и близким.**



# ПРЕДЛОЖЕНИЕ К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ



Александр Владимирович Ефимов, ФГУП "ГНЦ ЦИАМ им П.И. Баранова"

*На пути создания высокоэффективных двигателей одним из препятствий видится невозможность поставить сразу двигатель "на крыло", но можно применить на первом этапе подобный двигатель на железнодорожном транспорте или дирижабле.*

*On pathes of creation of high-performance engines with one of interruptings the impossibility sees to put at once engine " on a wing ", but it is possible to apply, at the maiden stage the similar engine on a railway transport or airship.*

**Ключевые слова** – двигатель сложного цикла; гибридный двигатель; железнодорожный транспорт малой вместимости; газотурбинный двигатель для дирижабля

**Keywords** – engine of a composite cycle; the hybrid engine; a railway transport of small capacity; a turbine jet for an airship

С тех пор как наш рынок стал открытым, все уже поняли: в конкурентной борьбе победит при прочих равных условиях тот, чьи изделия будут иметь лучшие параметры. Нельзя сказать, что это не реально. Путь повышения эффективности хорошо просматривается и направления его известны - распределенные энергетические установки, сложные циклы, гибридные схемы энергомашин.

Впрочем, бес, как известно, кроется в мелочах. То, что казалось тривиальным или малозначительным при начале работ, становится совершенно неочевидным и трудно преодолимым в процессе доводки. Очень характерный пример, того - проблемы, возникшие в начале эксплуатации новейшего самолета Боинг -787.

Всемерно это относится и к двигателестроению. Сделать двигатель по новой схеме возможно, но до эксплуатации на летательном аппарате он идти будет очень и очень долго. Впрочем, стоит вспомнить об еще одном направлении применения газотурбинных двигателей - двигателях для железных дорог, для которых процесс доводки возможно ускорить. Здесь вполне применимы гибридные двигатели и двигатели со сложными циклами.

Размерность ГТД турбовозов соответствует размерности вертолетных двигателей, на которых как раз и прорабатывались циклы с регенерацией тепла, а электрический способ передачи мощности позволяет реализовать то, что сейчас включают в понятие "гибридность". Полученные результаты говорят о том, что здесь возможно получение удельных расходов топлива, соизмеримых с удельными расходами дизельных двигателей. В дальнейшем опыт, накопленный на земле, может быть применен и в авиации. Это тем более актуально, если кроме вышеупомянутых "сложных циклов" применить такие нововведения, как:

- закрытое центробежное колесо,
- оптимизированное положение рядов в многорядном центробежном колесе,
- керамический регулируемый сопловой аппарат турбины.

Первый в мире газотурбовоз был заказан в 1939 г. для швейцарских железных дорог и построен в 1941 г. Его изготовили швейцарские локомотивостроительный завод Винтертур (кузов и экипажная часть) и фирма Броун-Бовери (газотурбинная установка с одновальным двигателем и электрооборудование).

Около двух лет газотурбовоз испытывался в Швейцарии, а затем был передан французским железным доро-

гам. К концу 1950 г. газотурбовоз имел пробег около 280 тыс. км. Полученные при регулярной поездной работе локомотива данные позволили установить зависимость коэффициента полезного действия газотурбовоза от его нагрузки. Так, например, при нагрузке 48,8 % от номинальной к.п.д. составлял 11,1 %.

Газотурбовозы по сравнению с другими автономными локомотивами - тепловозами - имеют ряд технико-экономических преимуществ. Газотурбинная установка может использовать более низкосортное жидкое топливо, чем топливо, необходимое для дизеля. Эта установка не нуждается в водяном охлаждении; вес ее ниже веса дизеля такой же мощности, что позволяет легче получить большую мощность локомотива в одной секции. Расход масла у газовой турбины в несколько раз меньше, чем у дизеля благодаря меньшему количеству подшипников и отсутствию поршней.

По сравнению с дизелем газотурбинная установка локомотива имеет и недостатки: более низкий коэффициент полезного действия из-за ограничения температуры газов перед турбиной по условию жаростойкости материала ее лопаток, а также более резкое увеличение расхода топлива на единицу полезной работы при неполной нагрузке турбины.

Высокие технико-экономические показатели газотурбинной установки в условиях авиационной службы определяются длительностью ее работы с постоянной практически полной нагрузкой и низкой температурой окружающего воздуха (- 50 °С ... - 40 °С). На судах газотурбинные установки также длительно работают с полной нагрузкой, а возможность оборудования установки крупногабаритными теплообменниками позволяет иметь достаточно высокий коэффициент полезного действия независимо от температуры окружающего воздуха. Тогда как локомотивы обычно работают с резко переменной нагрузкой при температуре окружающего воздуха, изменяющейся в широких пределах (от -50 до + 40 °С. Да и теплообменник, который обычно легко комплектуется на судне, невозможно разместить вместе с другим оборудованием в габаритах железнодорожного вагона

С повышением окружающей температуры мощность газотурбовоза заметно падает. Одновальные газотурбинные установки, у которых газовая турбина и компрессор расположены на одном валу, не могут развивать вращающий момент при нулевой скорости и требуют электрической или гидравлической передачи к движущим колесным парам, как и на тепловозах.

Но любой недостаток можно превратить в достоинство, если вспомнить о подвижном железнодорожном транспорте малой вместимости. Или как его иногда называют, "Кукушке".

Чтобы изучить работу газотурбинных установок на железнодорожном подвижном составе, ВНИИЖТ в 1964 г. создал на базе одного из моторных вагонов двухвагонного дизель-поезда ДП11, эксплуатировавшегося сначала на железных дорогах Германии, а затем на линии Минск-Вильнюс-Рига (см. [2] § 14, 12), экспериментальный турбовозагон.

В качестве первичного двигателя был использован вертолетный газотурбинный двухвальный двигатель ГТД-350 (от вертолета Ми-2) со свободной мощностью тяговой турбины 350 л. с. Расчетная частота вращения тяговой турбины составляла 5900 об/мин, турбокомпрессора при работе под нагрузкой - 45000 об/мин, при холостом ходе - 27000 об/мин. Топливом для двигателя служил керосин, пуск был предусмотрен электрический. Расчетный коэффициент полезного действия равнялся 19%, масса двигателя была 135 кг.

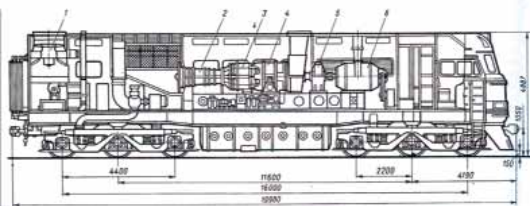


Рис. 1 Турбовоз

Расположение оборудования на опытной секции газотурбовоза Г1-01 1 - вентилятор холодильника; 2 - входное устройство и компрессор ГТД; 3 - камера сгорания; 4 - газовая турбина; 5 - редуктор; 6 - тяговый генератор

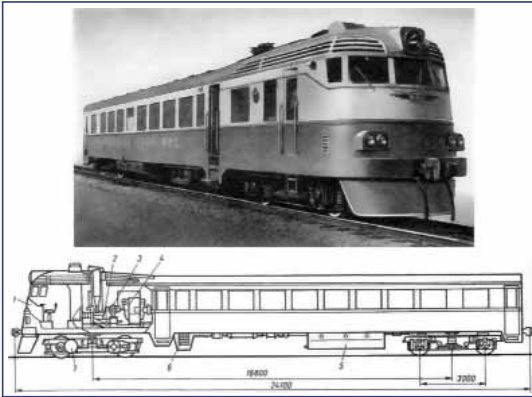


Рис. 2 "Кукушка" Расположение оборудования на турбовозгоне  
1 - пульт управления; 2 - газотурбинный двигатель;  
3 - редуктор; 4 - синхронный генератор; 5 - топливный бак;  
6 - бензиновый двигатель; 7 - тяговые электродвигатели

колесными парами. Скорость движения вагона регулировалась изменением частоты вращения вала тяговой турбины.

Подвеска электродвигателей была опорно-осевая, тяговые редукторы односторонние с передаточным числом 2,45. Тяговые электродвигатели соединялись с синхронным генератором через контакты реверсора и контакторы переключения обмоток статора. Нагрузка включалась контактором в цепи возбуждения синхронного генератора. Эта цепь питалась от генератора постоянного тока, приводившегося от вала турбины.

На турбовозгоне была установлена аккумуляторная батарея емкостью 200 А·ч, напряжением 24 В.

Управление газотурбинным двигателем осуществлялось шестнадцатипозиционным контроллером через электропневматический механизм. Вагон имел массу 50 т. Обеспечиваемая тягой скорость турбовозгона на площадке равнялась 138 км/ч, конструкционная скорость по экипажной части - 160 км/ч.

Серьезным недостатком экспериментального турбовозгона являлась недостаточная сила тяги при нулевой скорости, что не позволяло ему нормально трогаться с места.

После испытаний турбовозгона на экспериментальном кольце ВНИИЖТа руководители работ кандидаты технических наук Л. А. Шевченко и С. А. Громов перешли к следующему их этапу - созданию двух более мощных турбовозгонов на базе дизель-поезда ДП11, позволяющих получить двухвагонный турбопоезд. Для новых турбовозгонов были выбраны газовые турбины мощностью по 900 л. с. с коэффициентом приспособляемости 2,8 (отношение вращающего момента в стоповом режиме к моменту при номинальной частоте вращения), более высоким, чем у турбины первого вагона. Были также спроектированы и изготовлены синхронные генераторы с максимальной частотой вращения ротора 6000 об/мин и частотой тока 200 Гц. Это позволило смонтировать силовые установки на крышах вагонов, а не размещать газотурбинный двигатель и тяговый генератор в кузове вагона и не занимать место, которое можно было использовать для пассажиров.

Проблема с размещением теплообменников все-таки остается. Расходы воздуха двигателей класса мощности 2000-8000 л.с. также измеря-

ются десятком кг/с, а на каждый 1 кг/с расхода воздуха, по некоторым оценкам, нужно 10 м<sup>2</sup> площади теплообмена.

Однако, как видно из выше приведенного текста, для подвижного состава меньшей вместимости требуются двигатели мощности порядка 500-1000 л.с., а для такого двигателя теплообменный аппарат получается уже приемлемого размера. По предварительной оценке, габариты теплообменника примерно равны габаритам двигателя.

Примером могут служить двигатели АИ-450, АИ-500, РД-600, ТВ-О-100 и др.

Примером могут служить двигатели АИ-450, АИ-500, РД-600, ТВ-О-100 и др.

**Предварительный расчет проведен для ГТД АИ-450 (вертолетный вариант)**

Исходные массогабаритные параметры двигателя:

Габариты двигателя - Диаметр - 515 мм

Высота двигателя - 536 мм

Длина двигателя - 1085 мм

Масса двигателя - 110 кг

Мощность двигат. - 465 лс, удельн. расход топлива - 0,26 кг/лсч, Расход воздуха - 1,72 кг/с

**Предварительные расчеты ГТД СТр**

Для двигателя, имеющего  $T_r = 1200$  К

Степень регенерации - 0,6

Относительное гидравлическое сопротивление -  $(1-\sigma) = 0,05$

Гидравлический диаметр каналов - 1,0...5,0 мм

Толщина пластин и ребер - 0,1 мм

На расход воздуха 1,72 кг/с требуется площадь поверхности - 20 м<sup>2</sup>.

Вес регенератора - 70 кг (или 1,36 н/квт)

Для площади теплообменника - 20 м<sup>2</sup> при диаметре 550 мм и длине 1 м нужно набрать (площадь одной кольцевой пластины - 1,73 м<sup>2</sup>) 11 пластин. При зазоре 10 мм имеем прирост диаметра 110 мм. Соответственно наружный диаметр - 770 мм.

Или увеличенную на 1 м длину, при сохранении наружного диаметра.

**Итоговые массогабаритные характеристики:**

Согласно предварительным расчетом применение рекуперативного теплообменника со степенью регенерации - 0,6 приведет при снижении удельного расхода топлива на 15-16%. (т.е до 0,221 кг/лсч) к росту веса двигателя на 70 кг или с 0,236 кг/лс до 0,387 кг/лс, т.е. 64 %

Преимущество ГТД с ТО проявляются при продолжительной работе, более 2-2,5 ч, и увеличиваются с ростом  $T_r$  - 1450 К и выше.

При температуре  $T_r$  до 1450-1500 К удельный расход топлива снижается на 28-30 % т.е. до значений - 0,186-0,176 кг/лсч

Тем более, что эффективность двигателей еще можно увеличить, применив закрытое центробежное колесо (прирост КПД компрессора на 2%), оптимизировать расположение лопаток в многорядном рабочем колесе (еще 2% КПД компрессора), оптимизировать лопаточный диффузор и, для повышения температуры перед турбиной, применив керамику в турбине газогенератора. Предварительные расчеты для вертолетных двигателей показывают, что для получения оптимальных параметров желательно сопловой аппарат турбины делать регулируемым.

Есть еще один объект, на котором можно использовать подобную ГТУ. Это - дирижабль. При ограничении по массе (что преодолимо), для аппаратов легче воздуха практически отсутствуют ограничения по габаритам. Это позволяет применить ГТД сложного цикла и в этом случае. Для дирижабля можно применить и систему конденсации водяного пара в отходящих продуктах сгорания, как это было реализовано на Цепеллине. А также подогрев несущего газа теплом отработанных и прошедших теплообменник продуктов сгорания.

Осталось только реализовать. В результате мы получим и эффективную энергетическую установку для РЖД или дирижаблей и возможность изучить эксплуатационные характеристики подобного ГТД.

**Литература:**

1. Развитие авиационных

ГТД и создание уникальных технологий В. И. Бабкин, М. М. Цховребов, В. И. Солонин, А. И. Ланшин Научно-технический журнал "Двигатель" №2 2013

2. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог (1956-1975 г.г.) м. Транспорт 1999 г. 443 с.

3. Вертолетные газотурбинные двигатели, сб. статей под ред. дтн М. М. Масленникова М. "Машиностроение" 1966 г. 200 с.

**Связь с автором: krylat@mail.ru**

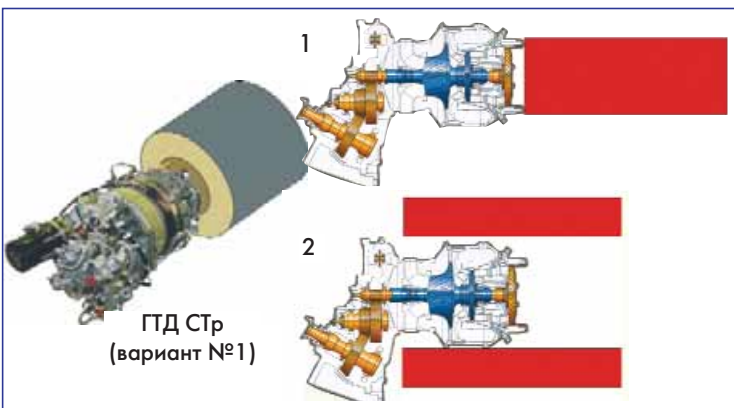


Рис. 3 АИ-500, Варианты расположения теплообменника





MS plus

Расширение  
серии

## MS PLUS ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ФРЕЗЫ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

NEW

Узнайте больше  
на нашем микросайте  
[www.mmc-hardmetal.com](http://www.mmc-hardmetal.com)

MIRACLE  
SIGMA

Высокоточные концевые фрезы MS plus для превосходной универсальной обработки. Идеально подходят для общей обработки широкого спектра материалов. В наличии устойчивые к вибрации новые типы фрез с переменным углом спирали. Бесшовная геометрия режущей кромки для отличной шероховатости поверхности. Новая технология покрытия MIRACLE SIGMA.

**MMC Hardmetal OOO LTD.**

A Group Company of **MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION**

107023, Россия, Москва, ул. Электрозаводская, д.24, стр.3

Тел.: +7 (495) 725 58 85 / Факс: +7 (495) 981 39 73

[www.mmc-hardmetal.com](http://www.mmc-hardmetal.com)

**MITSUBISHI**  
MITSUBISHI MATERIALS

## КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ MS PLUS

**Серия высокопроизводительных концевых фрез**

Серия MS Plus включает 8 различных типов концевых фрез в большом диапазоне диаметров и геометрий - от сферических и прямоугольных типов до типов с длинной и конической шейкой.

Требования современного мира металлообработки обеспечиваются не только достижениями в области покрытий и геометрий концевых фрез, обладающих высоким уровнем производительности для общей обработки, но теперь и способностью конкурировать с последними поколениями концевых фрез, которые были разработаны для специального применения.

### Широкая область применения благодаря технологии

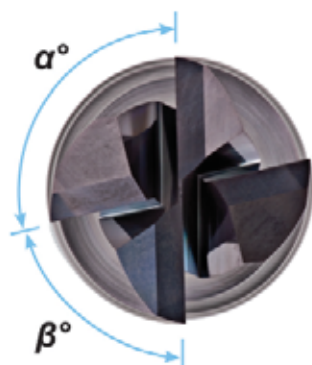
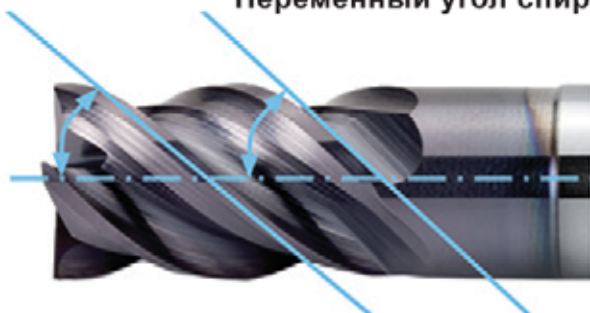
В наши дни высокие технологии находят свое применение в сфере режущих инструментов, предназначенных для общей обработки. Формулировка «общая» не является исчерпывающей для инструментов, которые попадают под эту категорию, поскольку большинство материалов, за исключением небольшого процента специальных, теперь могут быть весьма успешно обработаны с помощью таких инструментов, как серия MS Plus.

Кроме того, в настоящее время технология, присущая этим концевым фрезам, позволяет им оставаться актуальными и быть использованными для различных задач, тем самым уменьшая себестоимость инструмента.



Технология покрытия Miracle Sigma в сочетании с прочной микроструктурной твердосплавной основой, используемая во всем диапазоне фрез, обеспечивает высокую стойкость инструмента, обладает высоким сопротивлением выкрашиванию и высокой производительностью, которая необходима для универсального спектра применений, а также для предельно высоких уровней производительности.

### Переменный угол спирали



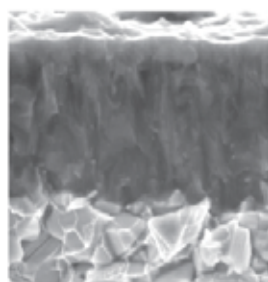
### Переменный шаг зуба

### Расширение ассортимента продукции

Последние дополнения к серии - 2 антивибрационные фрезы, 4-х зубые с короткой и средней длиной режущей части. Зубья имеют разный шаг и углы спиралей, которые также различаются, и имеют ещё одно преимущество - снижение вибрации во время обработки.

2 типа фрез - MPMHV и MPJHV - способны обрабатывать пазы по всей ширине и вмещают больше, чем стандартный карман на торцевой поверхности, чтобы обеспечить более быстрый отвод стружки.

Фреза MPMHV доступна в диаметрах 1 - 13 мм, фреза MPJHV доступна диаметром от 1 - 12 мм и подходит для обработки углеродистых, легированных, нержавеющей и закаленных сталей.



### Покрытие MIRACLE SIGMA

# СУДЬБА И ЖИЗНЬ ТУ-334

Александр Вячеславович Логунов

**В** нынешней ситуации, сложившейся в стране, стало очень модно говорить о некоем импортозамещении и развитии собственной промышленности.

Почему "о некоем"? Да просто потому, что отовсюду любой руководитель старается сказать про него, но порой даже не понимая, что сказал сам. "О некоем" и потому, что многие деятели сферы экономики, так называемого бизнеса (ну, и тем более - банкиры) все сводят к болтовне о каких-то величайших инновациях и разумеется прибудет от них. В их среде модно говорить и о приходе откуда-то, каких-то инвестиций в некие мифические, но естественно грандиозные (по их мнению) проекты! Послушав многих из них, можно сделать простой вывод: вот появится некий волшебник кому-то чего-то инвестирует и..... тут же начнем продавать всему миру некую же суперсовременную продукцию. По понятиям нынешних экономистов развитие промышленности сводится не к налаживанию направленного на что-то производства, а к созданию "технопарков" или "бизнес-инкубаторов" (цып-цып, мои цыплятки!) способных, по их мнению, сразу поднять все производство. И конечно же, в этих парках-заповедниках будут стоять некие сверхдорогие и суперумные станки, способные сами делать что-то серьезное. Правда, возникает вопрос: "Для чего именно?" Впрочем, это уже малозначащие мелочи и ворчание. Для грамотного экономиста главное - организовать и навязать всем некий тендер типа "выбирайте там, где дешевле". А в итоге на выходе появляется не то, что требуется в производстве, а некий суррогат с кучей солидных сертификатов соответствия. По привлекательной, якобы, цене. Ну и вообще на что молятся подобные руководители, так это на выгоду от продаж чего-то, куда-то и кому-то. Банки, которые аж светятся от ощущения собственной значимости, и вопят о необходимости самих себя для развития того самого производства, думают в первую очередь о том, сколько они-то получают на этом денег. И взвинчивают проценты по кредитам. Им глубоко наплевать на технологии, материалы и т. д. Они, видите ли, дают деньги!.. Ну, а если завод не успел отдать что-то, так его тут же и норовят продать за долги (что бы на нем не производилось). Это касается абсолютно всего. Естественно, и авиационной промышленности в том числе. По понятиям руководителей-менеджеров, зачем нам строить свои самолеты.... импортных же полно готовых. Да и "отмазку" хорошую придумали: дескать мы - глупые, безрукие, голово... задые как осьминоги и должны перенимать мировой опыт. Ну и прочее в том же духе.

Хоть один экономист способен тогда ответить на простой вопрос: "Как мы тупые и глупые создали самый мощный в мире Ту-160, ныне прекрасно летающий и имеющий задел для усовершенствования на будущее?" Любимые нашими экономистами США так и не смогли довести до ума и свой В-1, и В-1В. Ну, сделали они дорожущий В-2.... И что? Если б не наши 90-е годы, так та же ситуация была бы и с В-2: был бы и у нас давным-давно тот самый ПАК-ДА, только назывался бы просто "Ту-какой-нибудь". То же самое в стране сейчас и с гражданской авиацией. В 90-е годы здорово нагадили в ней.

Спрашивается чем хуже Боинга-757 тот самый Ту-204 (они наиболее похожи между собой). Делались они примерно в одно время, но почему-то нынче принято молиться на Боинги, а "Ту" обзывать старьем. На самом деле все просто. В свое время нам сильно навязывали импортные двигатели для Ту-204: дескать, это -

сотрудничество. Ну а когда он полетел, начались "усовершенствования" систем. Вот и получилось: нас заставляли "усовершенствовать" а в это время "Боинг" - летал. И все разговоры о некоем соответствии по шумам и прочему - не более, чем от лукавого.

Но больше всего, конечно, досталось Ту-334. Основная причина кроется в его ПОЛНОЙ независимости от импортных комплектующих!!! Что толку сейчас кричать про великое творение Погосяна: тот самый "Суперный Джет - 100"? Что хвастаться портфелем заказов на него: конкурента-то в виде Ту-334 убрали! Хотелось бы знать, что будет, если вдруг иностранцы перестанут поставлять комплектующие для него??? Можно сколько угодно с трибуны говорить, мол, "свое что-то там поставим", но сертификат-то получен именно на то, что есть на данный момент! Не потребуют ли покупатели вернуть деньги? И кто платить будет? Найдите дурака к примеру, купить машину с колесами от телеги: вроде колеса и колеса. С тем самым Ту-334 точно бы такого не произошло. А ведь, если вспомнить, для авиационной промышленности Ту и Илы были стимулом развития производства. А за головными фирмами тянулись и смежные отрасли.

Во всем что написано про Ту-334 в спорах о его преимуществах и недостатках, нет самого главного: тот самый Ту-334-100 который есть в металле и, что немаловажно, по летным характеристикам в общем то не хуже "джета", а во многом и превосходит его - всего лишь один из вариантов целого семейства самолетов Ту-334. Самое начало развития.

Полагаю, не стоит переписывать подробно ещё раз характеристики Ту-334 в цифрах: это можно найти в разных источниках. Единственное, что стоит отметить: все они касаются модификации Ту-334-100, существующей в металле!

Кто внимательно смотрел хотя бы картинки по общим видам Ту-334 в интернете, мог заметить, что длина фюзеляжа варианта с двигателями Д436т, которые сейчас стоят на готовом самолете, обозначена по-разному (фигурируют цифры и 28545, и 28045 мм). Это не опiske, это действительные размеры из документации. Внимательный глаз может обратить внимание и на некое "слишком сильное" сужение хвостовой части самолета в районе примерно середины киля. Дело в том, что Ту-334 первоначально создавался не под двигатели Д436т. В интернете есть мнение, что: "рассматривался вопрос о модернизации готового самолета под двигатели с толкающими винтовентиляторами". Что-то типа "улучшить гадкого утенка". Знающие его историю в курсе, что дело обстоит ровно наоборот. Именно поэтому и есть то самое "сужение фюзеляжа", что в районе их должны были располагаться... толкающие винтовентиляторы большего диаметра, чем сам двигатель.

История Ту-334 началась сразу вслед за разработкой Ту-204. Первоначально даже рассматривался вариант в виде некой уменьшенной копии Ту-204 с двигателями под крыльями. От такого варианта было решено отказаться практически сразу. В чертежах были сделаны всего два общих вида подобного варианта. Основная причина в том, что подобная компоновка требовала высоких стоек шасси (история, знакомая по Ту-114), ограничивала возможности для модификаций по длине фюзеляжа.

Первоначально разработка Ту-334 велась на уровне неких "инициатив снизу". Основным направлением проектирования была выбрана максимально возможная унификация во всем со "старшим братом" - Ту-204. Это было сделано для того, чтоб и в





и то, в общем-то по необходимости или модификациями одного двигателя!

Хорошо заметно изменение формы киля и уточнена форма

**Рис. 3** А вот какой должен был бы быть один из вариантов 334й



гондолы двигателя. Вообще это именно чертеж общего вида самолета с убранный "лишней" информацией... и сделан, кстати, он именно с использованием ЭВМ. Это именно ЭВМ - занимающая приличную по размерам комнату, помогала быстро делать и подобные рисунки и чертежи вариантов (так как персоналок тогда еще и не было вообще: это в тему о компьютерных методах проектирования, о которых так модно нынче разглагольствовать с трибун).

Подобная силовая установка появилась в экспериментальном варианте спустя несколько лет. Но - на самолете лаборатории "Боинг". При этом хвостовая часть фюзеляжа у него ооооочень похожа на ту, что и у Ту-334 (Рис. 4 и 5). Примерно с такой хвостовой частью Ту-334я должна была бы уже давно летать. Вполне допускаю, что это последствия модной в то время "дружбы" и навязывания совместных проектов.

Основным преимуществом таких силовых установок является

их высокая экономичность - что без сомнения сделало бы тогда основной вариант Ту-334 на порядок (!) лучше любых самолетов аналогичного класса.

Рассматривались несколько вариантов силовой установки..... были варианты винтов в кольце и даже тянущих винтов, отнесенных дальше от фюзеляжа. Любые из рассматриваемых винтовентиляторов обеспечивали бы и высокую топливную экономичность. Основной проблемой "непоявления" такого Ту-334 в тот момент оказалась чисто технологическая. Саблевидные лопасти планировалось изготавливать из углеволокна, что позволяло снизить их вес при высокой прочности. Но в то время еще не было технологий по их изготовлению, на испытаниях начинался разогрев волокон от простого трения между собой при деформациях лопасти от вибрации и нагрузок.

Именно поэтому было принято решение сделать некий промежуточный вариант самолета с двигателями Д-436. ...Которым и является самолет Ту-334-100, существующий в металле.

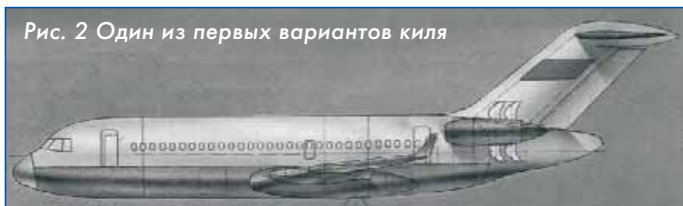
производстве, и в эксплуатации все было бы максимально одинаково. По оборудованию и кабине вопросов почти не возникало. Обводы носовой части фюзеляжа и его сечение идентичны у Ту-204 и Ту-334, это же относится и к оборудованию кабины экипажа. Первоначально даже предполагалось носовую часть делать практически взаимозаменяемой. Но разные габариты носовой стойки шасси не позволили это сделать в полной мере. Рассматривался и вопрос унификации вставок в фюзеляж при разных вариантах его длины. Все это позволяло бы упростить и производство и эксплуатацию этих машин.

На первых же эскизах стало понятно, что все складывается наилучшим образом. Самолет Ту-334 практически сразу стал рассматриваться именно в разных модификациях. В первую очередь это касалось пассажировместимости и вариантов силовой установки. Были так же варианты в чисто грузовом исполнении. Изменение вместимости предельно просто решалось вставками секций фюзеляжа спереди сразу за кабиной частью после входной двери и сзади в районе закрылка крыла и хвостовой частью фюзеляжа. При таком подходе и просто решалась проблема центровки разных по длине модификаций самолета. По вместимости рассматривались варианты от самолета салона на несколько пассажиров до салона примерно на 160-180 мест (в зависимости от класса).

Вот один из самых первых обликов Ту-334. Вертикальные линии на фюзеляже - места стыков секций фюзеляжа и вставок секций для увеличения вместимости.

Наибольшие изыскания пришлось проводить по оптимизации

**Рис. 2** Один из первых вариантов киля



размеров и формы крыла и конечно же хвостовой части самолета. Если с крылом было все подчинено только аэродинамике, то форму хвостовой части диктовали и сами двигатели. Сразу было принято решение не делать ее разной при установке разных моделей двигателей. Двигатели рассматривались в первую очередь именно с соосными винтовентиляторами с саблевидными лопастями, вращающимися навстречу друг другу (аналогично винтам на Ту-95) Использование винтов, имеющих саблевидные лопасти позволяло обеспечить более высокие скорости полета и снижало уровень шума и вибраций. При этом, располагаясь в задней части силовой установки толкающие винты наиболее удачно сочетались и с формой фюзеляжа.

Вентиляторная часть силовой установки должна была оставаться практически неизменной для разных модификаций машины... и отличаться только вариантами газгенераторной части, да

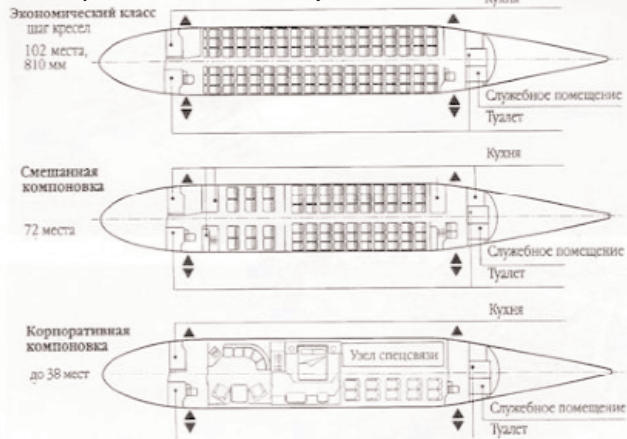
**Рис. 4** Экспериментальная силовая установка фирмы "Боинг"



**Рис. 5** Экспериментальная силовая установка фирмы "Боинг" с UDF



**Рис. 6 Варианты компоновок Ту-334**



Вот (Рис. 6) варианты компоновок этого "худшего" варианта (на момент проектирования).

...Кстати, у "сотки" в последний момент перед рождением укоротился фюзеляж ровно на полметра: с 28545мм до 28045мм)

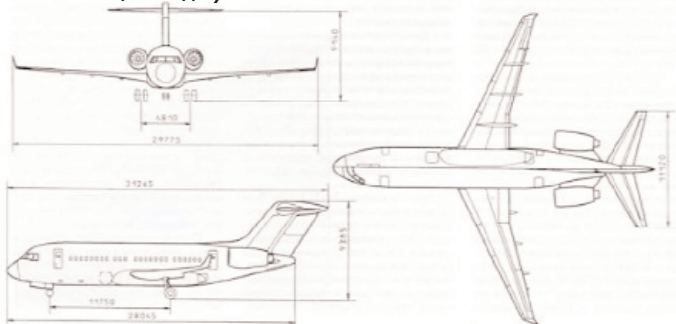
Ту 334-100 стал неким компромиссом между целью и реальностью на тот момент, но тем не менее и таком варианте он оказался уж точно не хуже "Величайшего Произведения" погосяновского авиапрома в этом секторе. Повторюсь: основными вариантами Ту-334 должны были быть варианты с винтовентиляторными силовыми установками с соосными толкающими вентиляторами в хвостовой части фюзеляжа!

Именно так родился Ту-334-100. Если бы не смутные годы, то, конечно же увидели бы свет и основные варианты самолета. Таким образом, варианты Ту-334, Ту-204 и Ту-214 полностью бы обеспечивали потребности страны в классе самолетов малой и средней вместимости. При этом все они были бы максимально дешевы и в производстве, и в эксплуатации - ввиду их унификации. А если вспомнить что и на ИЛ-96 стояли двигатели ПС-90 как и на Ту-204 и Ту214, то и в этом есть только положительный момент.

Выход в свет пришлось как раз на время всяческих заигрываний с западом. Ту-204 в тот момент был уже готов и летал. На его долю пришлось всяческие навязывания вариантов импортных двигателей и систем, что сильно тормозило его выход на линии: вместо того, чтобы начать возить пассажиров - вечные модификации. Это отодвигало начало полномасштабного серийного производства.

Ту-334 постигла несколько в другой форме, но та же участь, еще до выхода первой машины. Когда самолет был полностью в чертежах и готов к выпуску, появилась некая известная в мире авиационная фирма из Англии с предложением совместной разработки самолета аналогичного класса. При этом сам подход был весьма интересен. Нам предлагалось пристыковать крыло от Ту-334 с двигателями Д436 к готовому и давно летающему фюзеляжу известной машины. Правда, на ней крыло должно было стоять сверху, а двигатели висеть под ним. Получилось бы нечто типа АН-148, только намного раньше его появления. При этом ставились всяческие не особо понятные условия по обводам центральной части крыла, что затрудняло и затягивало проектирование.

**Рис. 7 Общий вид Ту-334-100**



Большая часть совместных действий шла под известным флагом банального бардака типа "моя твоя не понимаю". В какой-то момент кто-то из туполевцев сообразил, не афишируя это действие, аккуратно послать партнеров подальше и не мешать играть в самолётики. Итог этой работы - потеря времени, и даже не сделанная продувочная модель.

Лично мне кажется, что великий Суперный джет появился примерно таким же способом, только никого сообразительного у суховцев не нашлось.

Далее судьба Ту-334 более-менее известна. Первоначально все шло вроде как прекрасно, чертежи были переданы серийному заводу в Киеве и вроде как завертелось! Но вот тут и пошла чертовщина! Серию не начали, чертежи другому заводу из Киева не передали, производство затормозилось. Но в итоге - интересно сочетание крыла и двигателей на АН-148: уж больно напоминает тот самый совместный проект, которые не реализовали туполевцы. Далее пошли решения правительства о начале производства, полное нежелание господина Погосяна давать дорогу Ту-334 и так далее - народу сие известно. А ведь даже на Саха-



**Рис. 8 Схема разлёта воды и грязи из-под передней стойки шасси**



**Рис. 9 Посадка зимой**

лине технические службы аэропорта лет 15 назад уже ждали именно Ту-334. Сейчас, с подачи того же Погосяна, модно говорить об устарелости Ту-334. Только вот почему-то не уточняется: в чем она. Разница в первом вылете обусловлена, скорее, чисто организационными процессами с торможением изделий Ту. Внутренняя начинка якобы устарела? Это опять же для публики: в серии можно ставить обновленную соответствующую времени авионику. Что-то никому в голову сейчас не приходит говорить, что Ту-160 устарел, хотя тот самый Погосян и пел песню про его отсталость от времени и скорую замену на некий ПАК-ДА. А ведь стоит еще посмотреть, что лучше в свете последних событий. Спрашивается, зачем было начинать тот самый МС-21, когда есть Ту-204 и дальний Ту-214! Какие такие в МС-21 супер новые технологии? Новая авионика будет стоять на МС-21? А кто мешает ее же уже давно ставить на Тушки? Не проще ли? Да и по характеристикам еще неизвестно, кто лучшим окажется: "Ту", сбросившая вес за счет нового оборудования или та самая синица в небе МС-21? Ту-160 такая замена явно идет на пользу. Ну а если вспомнить



**Рис. 10 Посадка на водяной канал**

про исходные варианты Ту-334 уже прокомпонованные под разное число пассажиров да поставить туда новое оборудование да его винтовентиляторы - будет явно экономичней.

Еще одним из пунктов обвинения Ту-334 -100 в том, что он - плохой, является то, что грязь из под носовой стойки якобы летит в двигатели самолета (См. Рис. 8). При этом фигурируют подобные фото и схемы.

Но при этом противники 334-й скромно умалчивают что на схеме нарисован общий разлет той самой грязи, в том числе и то, что уходит под крыло. На фото тоже заметно, что в общем то двигатель не теряется в потоке, на Рис. 9 он просматривается четко, а на Рис. 10 - просто где то ЗА потоком идущим на крыло. Ну и подавно умалчивается способность двигателей как пылесосом засасывать в себя все вокруг. Причина умалчивания в том, что у того самого "SuperДжета" движки совсем близко от полосы, и им всосать тот же камень гораздо проще. Да и поднять до уровня двигателей 334-го кусок льда высоко сложнее, чем просто снег или воду. Опять же - в случае начала производства основных винтовых 334х картинка может быть вообще другой. Потому, что винты будут утягивать поток на себя, уводя от воздухозаборников двигателей.

Со стороны "правильных" экономистов много шума и про экипажи "Ту", состоящие из трех человек. Им, видите ли, дорого тратиться на лишнего члена экипажа.... К чему приводят подобные сокращения, наглядно видно из

анализа недавних катастроф. Даже если виновата и техника, наличие на борту бортинженера полезнее, чем только двух нас-коро обученных пилотов. Опять же, бортинженер может и лучше контролировать подготовку к вылету, не говоря уже о том, что раньше летчики тоже годами налетывали право сесть за штурвал тяжелой машины, летая после училищ на "самолетах без наворотов". Именно летая - как летчики, а не придатки к кнопкам компьютеров. Кстати, если принципиально идти по пути сокращения экипажей, так и на "Ту" это не проблема. **П**



**ЮБИЛЕЙ**

## **ЮБИЛЕЙ Э.Г. НАМСАРАЕВА**



**Д**авнему другу и автору нашего журнала, кадровому сотруднику ЦИАМ Эрнсту Галсановичу Намсараеву 19 апреля 2016 года исполнилось 80 лет.

Есть люди, по судьбе которых можно определять и судьбу того, с чем они работают, на что пролился свет их таланта. Вот один из таких людей - наш юбиляр. Он родился 19 апреля 1936 года в Москве. Среднюю школу окончил с золотой медалью. И дальше - вся его судьба и производ-

ственные успехи шли по прямой, как стрела траектории. Может, это было связано с той областью техники, которую избрал себе Эрнст Галсанович? В 1953 г. он поступил в МВТУ на факультет "Ракетная техника" по специальности "ЖРД". С 1958 г. - на преддипломной практике в ЦИАМ, куда как пришёл в 1959 г., так и работает по сию пору. Он проработал в ЦИАМ всю жизнь - сначала, с 1959 г., в лаборатории № 15 под руководством К.В. Холщевникова, потом, в 1972 г., был переведен в отдел 016. Из этого отдела впоследствии был выделен отдел 011, которым он и руководит сейчас. В институте Эрнст Галсанович прошел все ступени карьеры специалиста - от инженера до начальника отдела, помощника генерального директора ЦИАМ по специальной информации.

В лаборатории № 15 Э.Г. Намсараев занимался расчетными и экспериментальными исследованиями в области перспективных силовых установок с альтернативными источниками энергии. Он автор и соавтор многих научно-технических отчетов и справок,

разделов эскизных проектов ОКБ, обзоров, статей, докладов на научных конференциях, нескольких авторских свидетельств.

Практически все сотрудники института, которым приходилось заниматься сложными видами экспериментальных исследований, в той или иной мере сотрудничали с Эрнстом Галсановичем в области современных методов и средств измерений. В институте, да наверное и в отрасли, нет более квалифицированного специалиста в области специальной научно-технической информации. Своей работой он, ветеран системы специнформации, вносит значительный вклад в обеспечение научно-исследовательских работ тематических подразделений ЦИАМ как документальными источниками, так и уникальным оборудованием.

Деятельность Э.Г. Намсараева отмечена государственными наградами: медалью "За трудовую доблесть", медалью ордена "За заслуги перед Отечеством" 2-й степени, медалями "За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина", "Ветеран труда", "В память 850-летия Москвы". Он - обладатель почетных званий: "Почетный машиностроитель", и "Почетный ветеран труда ЦИАМ".

Дан нашему юбиляру и ещё один талант, не часто встречающийся среди труженников науки: он обладает великолепным литературным слогом и редкостным чувством грамотности. Мы в редакции очень рады, что смогли уговорить этого человека - хоть изредка, но превращать свои способности в журнальные статьи и, кроме того, вот уже второй год помогать нам приводить в соответствие с нормальным русским языком и некоторые статьи других авторов. По счастью, мы очень совпали и в отношении к технике, и в интересе к истории, и в любви к своему делу, к институту, где трудимся.

Многих лет Вам, Эрнст Галсанович! Крепкого здоровья и неуходящего желания и возможности сотрудничать с нами!

**Всегда Ваши: редакция научно-технического журнала "Двигатель".** **П**

# МЕЧТА О КОСМОСЕ СБЛИЖАЕТ

19– 21 апреля с.г. под эгидой АССАД и при поддержке Минпромторга РФ состоялся в Москве на ВДНХ очередной Международный форум двигателестроения. В формате МФД-2016 проведены 21 симпозиум по различным проблемам создания и совершенствования как авиационных, так и ракетных двигателей. Более двухсот докладов представили участники различных организаций с разных континентов мира, в том числе из Африки. Своим впечатлением об итогах проведения симпозиума "Ракетные двигатели" поделился его руководитель В.И.Гуров.

**Валерий Игнатьевич Гуров**, д.т.н., начальник сектора ФГУП "ЦИАМ им. П.И.Баранова"

Нынешний симпозиум "Ракетные двигатели" существенно отличается от предыдущего, состоявшего в 2014 году, и по количеству докладов, и по числу представленных организаций (ЦИАМ, КБХА, ПАО "Кузнецов", МГТУ им. Н.Э.Баумана). Отраднo, что более половины из семи докладов посвящены экспериментальным исследованиям как микро-ЖРД, так и агрегатов мощных жидкостных ракетных двигателей тягой 150 тонн. В рамках симпозиума проведена (по инициативе Главного специалиста отдела РД Объединенной двигательной корпорации О.Т. Кашевского и начальника отдела ЖРД ПАО "Кузнецов" А.И.Иванова) встреча специа-

латорный РД-0146 тягой 10 тонн создан в начале 2000-х годов в КБХА практически с "листа": первые же испытания двигателя подтвердили заявленные технические показатели. В 2006 году мне довелось слушать в Сакраменто (США) на юбилейной конференции фирмы Аэроджет сообщение начальника отдела турбонасосных агрегатов КБХА профессора Ю.В. Демьяненко по результатам испытаний РД-0146. Могу засвидетельствовать огушительный успех доклада у слушателей. Видимо, зарубежные специалисты были удивлены тем, что в якобы "поверженной" России возможны достижения мирового уровня. Информация представителя КБХА сдетонировала с информацией о договоре между США и Россией о покупке американцами ЖРД РД-180, которые ныне используются на ракетносителях "Атлас-3" и "Атлас-5". В ходе дополнительных исследований установлен высокий конверсионный потенциал РД-0146: водородный турбонасос при пониженной почти вдвое частоте вращения ротора может быть применен при эффективной криогенной заправке емкостей по газификации и хранению водорода сверхвысокого давления (до 100МПа). Подобная заправка экономически целесообразна при реализации проекта Центра водородных инновационных разработок (ЦВИР), что отражено в совместном (ЦИАМ - КБХА) технико-экономическом обосновании и патенте РФ на изобретение № 2463463. В частности, в КБХА на Испытательном комплексе (ИК) успешно используется криогенная заправка кислородных емкостей в соответствии с патентом РФ на изобретение № 2445503. Более того, 29 июня 2007 года на ИК КБХА был проведен цикл огневых испытаний двигателя РД-0146М на топливе кислород - сжиженный природный газ (СПГ). Проведено 6 пусков двигателя с общей длительностью испытаний - 200 с. Достигнутые параметры: давление СПГ - 21 МПа при расходе 7,2 кг/с. На мой взгляд, полученные результаты представляют несомненный интерес для фирмы "Камаз" в связи с ее намерением перевести в 2017 году работу большегрузных автомобилей на СПГ.

*К слову, 11 июля 2016 года исполняется 80 лет со дня рожде-*



Рис. 1: В.М.Чуйко с участниками встречи ветеранов - специалистов, участвовавших в создании ЖРД НК-33

листов из различных ОКБ и НИИ - ветеранов создания ЖРД НК-33. За чаепитием были подтверждены непрезойденные до сих пор технические показатели двигателя НК-33, обсуждены возможности его совершенствования под требования сегодняшнего дня и перспективы применения. С участниками встречи встретился Президент АССАД, Генеральный директор МФД-2016 Виктор Михайлович Чуйко.

По завершению работы симпозиума было проведено тайное голосование по оценке уровня привлекательности представленных докладов. Установлено, что первое место отдано совместному докладу ЦИАМ и КБХА (авторы д.т.н. В.И.Гуров и д.т.н. В.С.Рачук) "Эффективное применение водородного турбонасоса двигателя РД-0146 для нужд земной энергетики", второе - докладу Ворожеевой О.А. и д.т.н. Ягодникова Д.А. (МГТУ им. Н.Э.Баумана) "Экспериментальные исследования теплового состояния элементов конструкции и эффективности рабочего процесса РДМТ на компонентах газообразный кислород-метан", третье - совместному докладу КБХА и ПАО "Кузнецов" (авторы д.т.н. Ю.В.Демьяненко, А.И.Иванов, к.т.н. И.П.Косицын, Н.С.Занина, П.И.Кадыков) "Отработка кавитационных характеристик криогенного преднасоса на двухфазном компоненте топлива".

Полученный итог тайного голосования нуждается в некотором пояснении. Известно, что кислородно-водородный безгене-



Рис. 2: участники симпозиума "Ракетные двигатели" МФД-2016



**Рис. 3: кислородно-водородный двигатель РД-0146**

ния В. С. Рачука, который почти четверть века достойно возглавлял КБХА, сменив на этом посту А.Д.Конопатова - преемника основателя всемирно известного предприятия С.А. Косбергга. Пользуясь случаем, поздравляю Владимира Сергеевича с заслуженным юбилеем и желаю подольше сохранять творческий накал!

Итоги симпозиума проявили тенденцию к сплочению и специалистов, и организаций в вопросах совместного решения сложных проблем совершенствования уникальных образцов отечественных ЖРД. Характерно, что все три призовых доклада выполнены в сотрудничестве.

Результаты доклада, занявшего второе место, были получены при поддержке исследований кафедры ракетных двигателей МГТУ им. Н.Э. Баумана со стороны отдела аэрокосмических двигателей ЦИАМ (ответственный - к.т.н. В.Л. Семенов). Для исследования эффективности рабочего процесса и теплового состояния элементов конструкции ракетного двигателя малой тяги (РДМТ) создан экспериментальный стенд, позволяющий проводить огневые испытания в импульсном режиме с частотой включений до 5 Гц, при времени одного включения от 0,1 с до нескольких минут. Управление экспериментальным стендом осуществляется автоматически с помощью самого передового блока управления с широким использованием опыта и систем фирмы Siemens. Система измерения и регистрации параметров базируется на цифровом регистраторе-анализаторе для динамических процессов МІС 300М и включает в себя датчики давления в камере сгорания и на магистралях окислителя и горючего. Фиксация температуры наружной поверхности всех элементов конструкции РДМТ осуществляется с помощью тепловизора "Optris P1160". По сути, создана современная база по испытаниям РДМТ на перспективных компонентах топлива (кислород -метан) с возможностью углубленного обучения на этой основе и студентов, и аспирантов. Это важно не только для повышения научно-технического потенциала упомянутой кафедры, но и для дальнейшего расширения и укрепления ее связей с научными центрами и опытно-конструкторскими бюро.

Продолжаются работы в ПАО "Кузнецов" совместно с КБХА по повышению всасывающей способности насоса по перекачке



**Рис. 4: доктор техн.наук, профессор В.С.Рачук**

сжиженного природного газа (СПГ), что представлено в докладе, занявшем третье место. Результатами испытаний подтверждены расчетные значения по относительному содержанию пара в двухфазном всасываемом потоке до 30% без заметного снижения при этом напора насоса. Обращает на себя внимание то, что усовершенствования проводились на насосе, работающем в свое время (1989 год) на СПГ в составе двигателя НК-89, установленном на самолете Ту-155.

Тесное и устойчивое взаимодействие установилось также между ПАО "Кузнецов" и "ЦСКБ-Прогресс" по использованию двигателя НК-33 в ракетоносителе легкого класса "Союз-2.1в", успешные пуски которого с космодрома Плесецк (Архангельская обл.) состоялись 28.12.2013 года (см. "Двигатель" №6 за 2013 год) и 05.12.2015 года.

Хотелось бы надеяться, что наметившаяся тенденция к сплочению специалистов и организаций обретет устойчивый характер: к этому есть много предпосылок, в том числе интерес зарубежных стран к ракетной технике России.

Работу симпозиума не обошел сильный эмоциональный всплеск. В середине заседания в зал, можно сказать, влетела высокая интересная представительница республики Буркина Фасо. Как выяснилось, Наташа (настоящее имя, а не адаптированное) с детства, под несомненным влиянием родителей, проявила интерес к далекой заснеженной стране, сумевшей первой отправить в космос красивого улыбочивого парня Юрия Гагарина. Портрет нашего великого соотечественника подогревал мечту Наташи о космосе, о стране умных сильных людей, о стране, в которой справедливость ценится выше других человеческих добродетелей. Так, мечта привела Наташу в Самарский аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева. Учится она усердно. Об этом мне рассказал ее куратор профессор В.А. Зрелов. История Наташи ярко иллюстрирует несомненность покорения нашей страной других народов, причем покорения не колонизаторского, а нравственного, дружеского - через перспективу, через вдохновение, через космические дали. Нам не дано предугадать благотворного воздействия всех достижений России на людей, далеких от нас по расстоянию, но близких по духу.

**Созидатели всех стран, объединяйтесь!  
Нам есть, что сказать друг другу!**



**Рис. 5: Старт РН "Союз-2.1в"**



**Рис. 6: Н.И. Троицкий (слева) и В.М. Чуйко со студентами МВТУ**



**Рис. 7: Собрание АССАД ... середины 20-х годов XXI века**

# ТУРБУЛЕНТНОСТЬ.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ТЕНЗОР СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

**Введен в практику газодинамического анализа новый фундаментальный тензор собственных частот. Записано в тензорном виде уравнение движения для автоколебательных процессов применительно к исследованию неустойчивости в ракетном двигателе.**

**A new fundamental tensor of self frequencies was put into practice of gasdynamic analysis. The equation of motion for the auto oscillatory processes recorded in the tensor form applied to research on instability in rocket engines.**

**Ключевые слова: турбулентность, тензор, собственная частота, автоколебания.**

**Keywords: turbulence, tensor, self frequency, self-oscillation.**

Возвращаясь к причинам неустойчивости в ЖРД и других ракетных двигателях, а впрочем, в общем случае, в аппаратах и в энергетических установках, где есть рабочая сжимаемая среда, следует первым пунктом отметить турбулентность. Именно турбулентность является первопричиной колебания газовой и жидкой среды. При определенных условиях, когда расположение вихревых структур, либо торсионных жгутов приобретает свойство стационарности, а точнее установившейся циклики, возникают устойчивые колебания упругой системы. Это - автоколебания и они, как было показано ранее в [1], имеют частоту, равную собственным колебаниям  $\omega_0$ . Это происходит из-за того, что диссипативная составляющая податливой системы уравновешивается дисперсной составляющей. Другими словами, затухание колебаний, связанное с вязким трением и градиентными эффектами, компенсируются нелинейными свойствами данной физической системы. Количественное соотношение параметров, показывающее начало такого баланса, это - условие Филина-Зенина:

$$\Phi Z > \frac{1}{4} \quad [2].$$

Это условие также можно считать более четкой и понятной формулировкой критерия Рейлея. Последнее условие является необходимым условием возникновения колебаний, но автоколебаниями они станут тогда, когда будет выполнено достаточное условие, полученное после уравнивания диссипативных и дисперсных членов в главном уравнении колебательного звена. При этом уравнение приобретает вид, похожий на уравнение колебательного звена идеального линейного осциллятора:

$$\ddot{X} + \omega_0^2 X = 0.$$

Это условие постоянства произведения плотности среды и четвертой степени значения угловой скорости  $\omega$ . Учитывая сильную зависимость второго сомножителя, можно спокойно утверждать, что постоянство этого сомножителя является достаточным условием возникновения автоколебаний:

$$\omega = \text{const}.$$

В процессе работы ЖРД внутри камеры сгорания могут возникать несколько зон с постоянными угловыми скоростями вихрей, где выполняется соотношение  $\Phi Z > 1/4$ . В этом случае в камере могут появиться несколько локальных осцилляторов, которые взаимодействуют друг с другом. Тогда встает вопрос об их синхронизации [3]. Условием синхронного колебания системы является соотношение, соответствующее генеральной последовательности синхронных частот Слесарева-Тарарышкина. При наличии условий, соответствующих этой последовательности, устанавливается резонансная частота системы в целом, а сама последовательность будет иметь вид:

$$CT = \{\omega_{0i}\} = \{\omega_{ci}\}.$$

Здесь индекс  $c$  означает принадлежность к синхронному колебанию [4]. В связи с этим встает вопрос, в каком направлении эти колебания могут происходить? То есть, в общем случае, колебания можно разложить по направлениям, в виде скаляров, являющихся проекциями некоторого псевдовектора. В общем

случае, это - тензор. То есть, некоторая комбинация векторов. И, как будет показано далее, данный тензор все равно вырождается.

### Связь собственной частоты с частотой вращения

Попробуем качественно установить математическую связь собственной частоты и угловой скорости стационарного вихря в турбулентном потоке. Для этого воспользуемся необходимым и достаточным условием возникновения автоколебаний в упругой газовой среде. Это - условие Филина-Зенина и условие постоянства вращения вихря. После преобразования условие Филина-Зенина может быть записано в виде неравенства [3]:

$$\frac{\omega}{\omega_0} < \frac{Re}{2}.$$

Здесь  $\omega$  и  $\omega_0$  соответственно угловая скорость газа турбулентного потока и собственная частота автоколебаний.  $Re$  - число Рейнольдса, построенное по величине кривизны линии тока. В общем, это число, являясь неким критерием, может считаться величиной постоянной в каждой точке газового поля. И тогда можно считать, что  $\omega < \text{const } \omega_0$ . Последнее неравенство, помимо банальной пропорциональности  $\omega$  и  $\omega_0$  указывает на начало колебательных движений.

Второе рассуждение о пропорциональности  $\omega$  и  $\omega_0$  произведем с помощью некоего опыта. Если мы возьмем вращающийся диск с угловой скоростью  $\omega$  и проследим за шариком, прыгающим внутри вертикально расположенной относительно диска трубки (рис. 1), то можно установить прямую связь между этими движениями. Движение шарика вверх под действием центробежных ударов по нему диска и последующее падение его за счет силы тяжести, представляет из себя циклическое, колебательное движение. Ясно, что это движение будет иметь постоянную частоту при условии постоянства угловой скорости вращения диска. Другими словами, установится колебательное движение, подчиняющееся уравнению линейного осциллятора:

$$\ddot{X} + \omega_0^2 X = 0.$$

Но, с другой стороны, это движение происходит благодаря наличию центробежных сил, и тогда:

$$\ddot{X} = \omega^2 r,$$

где  $r$  - радиус диска.

При этом очевидно, что:

$$\omega^2 = \frac{X}{r} \omega_0^2.$$

То есть собственная частота пропорциональна угловой скорости

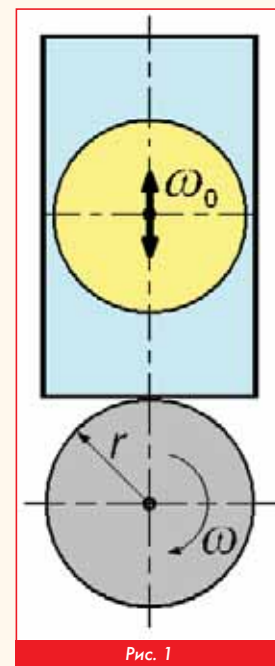


Рис. 1

вращения вихря:

$$\omega = \text{const } \omega_0.$$

Опыт с шариком аналогичен ситуации вблизи с вихрем в потоке. Близлежащие к вихрю объемы под действием его центробежных сил будут от него отдаляться, а под действием упругих сил среды приобретать возвращающую силу и приближаться. При определенных условиях может возникнуть колебательный контур. Главное в этих рассуждениях - установление прямой связи  $\omega$  и  $\omega_0$ .

И еще один очень наглядный пример пропорциональности пространственной и временной циклики. Это - критерий Струхалья. Известно, что этот критерий устанавливает связь собственной частоты колебаний потока за цилиндром и угловых скоростей вращающихся за ним вихрей. В зависимости от числа Рейнольдса этот критерий автомоделен и приблизительно равен величине 0,2. Именно в этой области как раз и возможно установление автоколебательных режимов, так как именно там возникают устойчивые пространственные конфигурации в виде вихрей и торсионных жгутов. Таким образом еще раз подтверждается пропорциональность частоты собственных колебаний упругой системы и угловой скорости вихрей в турбулентном потоке.

### Тензор собственных частот

В общем виде уравнение движения для подвижной вязкой и сжимаемой среды для стационарного случая может быть записано в тензорной форме:

$$\rho \vec{V} \text{grad } \vec{V} = \text{div } \Pi.$$

Здесь тензор  $\Pi$  соответствует реологическому уравнению:

$$\Pi = -p \cdot I + 2\mu D,$$

где в свою очередь:

$p$  - статическое давление потока;

$I$  - единичный тензор;

$\mu$  - коэффициент динамической вязкости;

$D$  - тензор скоростей деформаций, симметричная часть тензора  $\text{grad } \vec{V}$ .

Антисимметричная часть тензора  $\text{grad } \vec{V}$  является ротацией векторного поля. Ротация записывается в виде тензора, компонентами которого являются проекции угловых скоростей:

$$\begin{Bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{Bmatrix}.$$

Видно, что антисимметричный тензор определяется только тремя величинами  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ . Основная особенность этого тензора в том, что главная диагональ его состоит из нулей, и если из этого тензора составить определитель, то он будет равен нулю. То есть система уравнений, составленная из компонентов этого тензора несовместна, и тензор вырождается. Каждому та-



Струхаль Винсент (Vincenc Strouhal) (10.04.1850 - 26.01.1922) - чешский физик и гидродинамик. Один из основателей Департамента физики (1907) в Карловом университете в Праге. Ректор этого университета с 1903 по 1904 годы. Исследовал колебания струн, процесс возникновения звука. Обнаружил, что причиной возникновения звука при колебании струны являются периодический отрыв воздуха и связанное с ним вихреобразование. Предложил критерий (число Струхалья), связывающий частоту колебаний потока со скоростью направленного течения и характерным размером.

кому антисимметричному тензору отвечает некоторый аксиальный вектор и обратно. Причем аксиальным вектором, как известно [5], называется вектор, связанный с направлением обхода. Такой вектор также называется псевдовектором. Угловую скорость вращения тела можно представлять вектором, направленным по оси вращения в ту или другую сторону, в зависимости от направления обхода вокруг оси в ту или другую сторону. Отметим еще, что составляющими антисимметричного тензора по осям являются векторы:

$$\begin{aligned} i \times \omega; \\ j \times \omega; \\ k \times \omega, \end{aligned}$$

где  $i, j, k$  - орты, а  $\omega$  - абсолютное значение угловой скорости.

Теперь, если вспомнить зависимость угловой скорости от собственной частоты, то можно ввести новый фундаментальный тензор собственных частот. Компоненты этого тензора будут пропорциональны компонентам антисимметричного тензора, и могут быть записаны в виде:

$$\begin{aligned} i \times \omega_0; \\ j \times \omega_0; \\ k \times \omega_0. \end{aligned}$$

Сам тензор может быть представлен в виде соответствующей структуры, и обозначен буквой  $T$ , записанной готическим шрифтом -  $\mathbb{T}$ .

$$\mathbb{T} = \begin{Bmatrix} 0 & -\omega_{03} & \omega_{02} \\ \omega_{03} & 0 & -\omega_{01} \\ -\omega_{02} & \omega_{01} & 0 \end{Bmatrix}.$$

Этот тензор устанавливает взаимосвязь отдельных его компонентов между собой. Если этими компонентами являются продольные  $\omega_{0z}$ , радиальные  $\omega_{0r}$  и тангенциальные  $\omega_{0\tau}$ , то сам тензор может быть представлен в виде:

$$\mathbb{T} = \begin{Bmatrix} 0 & -\omega_{0\tau} & \omega_{0r} \\ \omega_{0\tau} & 0 & -\omega_{0z} \\ -\omega_{0r} & \omega_{0z} & 0 \end{Bmatrix}.$$

В таком виде тензор собственных частот может войти в структуру фундаментального тензора  $\text{grad } \vec{V}$ :

$$\text{grad } \vec{V} = D + c \cdot \mathbb{T}.$$

В общем виде константа  $c$  отражает формальную пропорциональность тензора собственных частот и антисимметричного тензора. В этом представлении ротационная составляющая может быть заменена на колебательную. В сущности это одно и то же. Но последняя запись отражает причастность градиента к условиям автоколебаний.

Введенный тензор позволяет найти связь с тензором деформации посредством уравнения движения.

### Уравнение движения для автоколебательных частот

Вспользуемся новым тензором  $\mathbb{T}$  для описания динамики системы в условиях автоколебательной ситуации. Уравнение движения

$$\rho \vec{V} \text{grad } \vec{V} = \text{div } \Pi,$$

после использования нововведенного тензора приобретает вид:

$$\rho \vec{V} \cdot D + c \cdot \rho \cdot \vec{V} \cdot \mathbb{T} = -\text{div } p \cdot I + 2\mu \text{div } D.$$

Отсюда следует запись, отражающая напрямую связь тензора собственных частот и тензора скоростей деформации. С точностью до константы  $c$ , она может быть записана в явном виде:

$$\vec{V} \cdot \mathbb{T} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } p + 2\nu \text{div } D - \vec{V} \cdot D.$$

Для замкнутой термодинамической системы можно ввести зависимость от энтальпии и энтропии:

$$\vec{V} \cdot \mathbb{T} = -\text{grad } h + T \text{grad } S + 2\nu \text{div } D - \vec{V} \cdot D.$$

Тогда, считая величину градиента энтальпии  $\text{grad } h$  - энергией, поступившей в поток в процессе горения, а произведение  $T \text{grad } S$  - некоторыми внутренними потерями, можно объяснить значение каждого члена.

Автоколебания или, применяя терминологию ЖРД, неустойчивость, возникает из-за неперменной подачи энергии в поток в

результате горения. Часть энергии расходуется на диссипацию, а часть на деформацию субстанции колебательного звена.

Если по аналогии с уравнением Эйлера не учитывать диссипативные и дисперсные члены, то есть если считать, что они равны и погашают друг друга, то можно формально для идеального случая записать колебательное уравнение в следующем упрощенном виде:

$$\vec{V} \cdot \mathbf{T} = -\text{grad } h.$$

Конечно, из этого уравнения не проглядываются нюансы механизма колебательного движения (затухание, нарастание), но в целях качественного понимания природы этого явления последнее уравнение имеет право на его анализ. Так, некий градиент энергии, поступивший извне (через форсуночную головку ЖРД) в камеру сгорания, возбуждает колебательные движения. Причем частота и направление колебаний определяются видом тензора  $\mathbf{T}$ . Скалярное произведение этого тензора на скорость определяет также амплитуду колебаний.

Решение полученного уравнения и полного уравнения в совокупности с начальными и граничными условиями дает возможность воспроизвести поле собственных частот. При этом следует иметь в виду, что тензор второго порядка, каким и является тензор собственных частот, можно связать с некоторым удобным геометрическим образом, аналогично тому, как это сделано для тензора инерции тела [6]. Не повторяя выкладок из последней работы, констатируем, что геометрическим образом в этом случае является ограниченная замкнутая поверхность второго порядка, то есть эллипсоид. Другими словами задание тензора второго порядка, однозначно предполагает задание эллипсоида. Но в нашем случае такая поверхность будет вырожденной, так как антисимметричный тензор градиента скорости вырождается в вектор и при этом теряется одна координата. Тогда образом уже становится не эллипсоид, а плоская фигура, являющаяся его срезом, то есть эллипс. Качественным подтверждением данного факта могут оказаться кстати экспериментальные замеры частот, представленные в работе [7]. На рис. 2 приведен вид с экрана компьютера результатов измерений в виде 3D-годографа колебаний, полученные с помощью нового перспективного 3D-приемника ЛМК/РФ (рис. 3).

**Литература**

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и автоколебательный процесс в ЖРД // Двигатель № 4, 2012 г.
2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Возникновение неустойчивости в ЖРД // Двигатель № 2, 2012 г.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Синхронизация автоколебаний в ЖРД // Двигатель № 6, 2012 г.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Генеральная последовательность синхронных частот // Двигатель № 1, 2013 г.

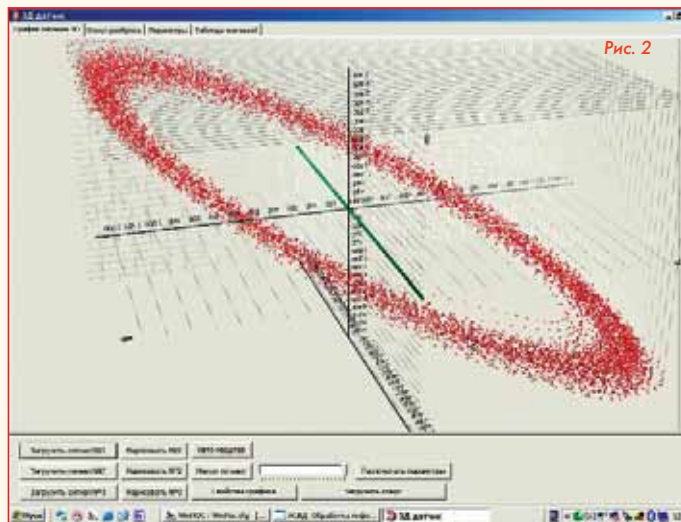


Рис. 2



Рис. 3

5. Н.Е. Кочин. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. М. Изд. АН СССР, 1951 г.

6. М.А. Айзерман. Классическая механика. М. Наука, 1980 г.

7. А.А. Сперанский, А.А. Михеев, Г.Г. Михайлов. Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований // Двигатель № 4, 2015 г.

Связь с автором: [swgeorgy@gmail.com](mailto:swgeorgy@gmail.com)

**Правка:** В № 1-2016 в статье «Турбулентность. Молекулярно-кинетический тензор» на стр. 32 ошибочно приведен рисунок Амадео Авагадро. Приводим настоящий рисунок учёного. Автор и редакция приносят свои извинения читателям журнала.



Амадео Авагадро

# 10-12 августа, 2016

## Казань

3-4 международная специализированная выставка

**А** ВИА

**К** ОСМИЧЕСКИЕ

**Т** ЕХНОЛОГИИ, СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ и

**О** БОРУДОВАНИЕ






Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,  
 Выставочный центр "Казанская ярмарка"  
 Тел/факс: (843) 570-51-26, 570-51-11, 570-51-23  
 E-mail: [d9@expokazan.ru](mailto:d9@expokazan.ru), [www.aktokazan.ru](http://www.aktokazan.ru)



# 80 ЛЕТ - ПОЛЁТ НОРМАЛЬНЫЙ!

## (К ЮБИЛЕЮ В.С. РАЧУКА)



**11 июля 2016 г.** исполняется 80 лет со дня рождения бывшего генеральному директору - генеральному конструктору Конструкторского бюро химавтоматики (КБХА), лауреату Государственной премии и премий Правительства РФ, заслуженному конструктору России, доктору технических наук, профессору Владимиру Сергеевичу Рачуку. Из них более полувека он посвятил ракетному двигателестроению и более 22 лет возглавлял знаменитое КБ, создавшее жидкостные ракетные двигатели для всемирно известных ракет космического назначения "Луна", "Восток", "Молния", "Восход", "Союз", "Протон", "Энергия", а также стратегических комплексов РСН и ВМФ РС-10, РС-18 "Стилет", РС-20 "Сатана", "Воевода", РСМ-54 "Синева".

Работая в КБХА с 1964 года, Владимир Сергеевич прошёл путь от техника-конструктора до руководителя предприятия. Первый опыт конструкторской работы Владимир Сергеевич получил в ходе создания двигателей для ракет-носителей УР-200 и мощной УР-500, получившей впоследствии название "Протон" генерального конструктора В.Н. Челомея. В 1960-е годы руководство страны поставило новую задачу - разработать ядерный ракетный двигатель для дальних межпланетных полётов. При непосредственном участии В.С. Рачука такой двигатель был вскоре создан в КБХА совместно с НИИТП и успешно испытан на Семипалатинском полигоне. Ядерные двигательные установки до сих пор относятся к числу перспективных технологий, предназначенных для исследований дальнего космоса.

Особое место в деятельности предприятия заняла разработка самого мощного в стране кислородно-водородного ЖРД РД-0120, маршевого двигателя второй ступени космической ракеты "Энергия" генерального конструктора В.П. Глушко. Главным конструктором двигателя был назначен В.С. Рачук. В ходе доводки двигателя было проведено на трех стендах Нижней Салды и Загорска более 900 огневых испытаний с общей наработкой более 170 тыс. секунд. В процессе двух летних испытаний РН "Энергия", в том числе с многоразовым космическим кораблём "Буран", ЖРД РД-0120 подтвердил свою работоспособность и показал высокие технические параметры. Опыт и технологии создания РД-0120 применяются коллективом КБХА при отработке новых кислородно-водородных ЖРД.

Возглавив КБХА в 1993 году в сложных условиях реформ и резкого падения бюджетного финансирования, когда предприятие находилось на грани банкротства, В.С. Рачук осуществил реорганизацию предприятия, обеспечил не только сохранение, но и развитие научно-технического потенциала, позволившее вести разработку новых высокоэффективных двигателей по Федеральной космической программе,

гособоронзаказу, в ряде случаев превышающих мировой уровень:

- кислородно-керосиновый ЖРД 14Д23 для модернизированной РН "Союз-2.1б", имеющего рекордный удельный импульс, что обеспечило увеличение полезной нагрузки на орбите почти на тонну; этот же двигатель применяется на II ступени РН "Союз-2.1в";
- кислородно-керосиновый ЖРД РД0124 для семейства РН "Ангара", два успешных пуска которой были в 2014 г.;
- кислородно-водородных ЖРД РД0146 и РД0146Д для тяжелого разгонного блока РН "Ангара";
- кислородно-метанового двигателя LM10-MIRA совместно с итальянской фирмой Авио; кислородно-метановых двигателей для перспективных многоразовых ракетно-космических систем;
- гиперзвукового воздушно-реактивного двигателя, испытанного в полёте при скорости больше звуковой в 6,5 раза;
- мощного электроионизационного лазера;
- с 2010 г. КБХА в инициативном порядке начало разработку электроракетных двигателей; создан стенд с вакуумной камерой; разработаны два стендовых варианта электроракетных двигателей.

Все эти годы успешно продолжались работы по продлению сроков эксплуатации двигателей межконтинентальных баллистических ракет, стоящих на боевом дежурстве в РСН и ВМФ, УР100НУТТХ, Р-36МУТТХ, Р-36М2, Р-29РМ ("Стилет", "Сатана", "Воевода"). Обеспечена модификация двигателя для ракеты подводных лодок Р-29МУ2 "Синева", принятая на вооружение в 2007 году.

Проведена модернизация стендовой базы и производства КБХА. Реконструированы существующие стенды для огневых испытаний кислородно-керосиновых, кислородно-водородных и кислородно-метановых двигателей. Создано производство жидкого водорода. С 2013 г. отработываются детали по аддитивным технологиям.

В настоящее время В.С. Рачук является председателем научно-технического совета интегрированной структуры АО "НПО Энергомаш".

За достижения в области ракетного двигателестроения В.С. Рачук награждён орденами "За заслуги перед Отечеством" IV и III степени и рядом медалей. Он Почетный гражданин г. Воронежа и Почетный гражданин Воронежской области.

**Редакция журнала "Двигатель" с большим удовлетворением присоединяется к поздравлениям коллег по работе и близких нашего давнего друга, члена редакционного совета и многократного автора статей в "Двигателе" Владимира Сергеевича Рачука. Многих Вам лет! Многих побед и торжества правды во всех ваших начинаниях и делах. Всегда готовы предоставить свои страницы Вашему перу.**



# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ В ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ

Геннадий Бенцианович Горелик, д.т.н.,

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

**Моделирование топливоподачи в дизелях базируется на фундаментальных законах гидромеханики и обеспечивает адекватность отображения реальных процессов в отличие от ситуации в области ракетных и газотурбинных двигателей, когда приходится вводить коэффициенты, поправки и допущения.**

**Modelling of fuel in diesel engines is based on the fundamental laws of fluid mechanics and provides an adequate representation of real processes in contrast to the situation in the field of rocket and gas turbine engines, when you have to enter the coefficients, corrections and assumptions.**

**Ключевые слова: уравнения нестационарного движения топлива**

**Keywords: equations of unsteady motion of fuel**

Статьи Ю.М. Кочеткова наверняка вызывают резонансный интерес у ученых-профессионалов, работающих с уравнениями нестационарного движения, которые определяют поля скоростей в различных сферах деятельности, в частности в области ракетных и других двигателей и объектов [1]. Автор критикует подходы к реализации основных законов газодинамики высокоскоростных потоков, при этом многие его рассуждения обоснованы. Действительно, теоретические выкладки были сделаны в фундаментальной науке для простейших моделей. Например, применение теории функций комплексной переменной для уже решенной теоретической задачи обтекания цилиндра бесконечной длины плоскопараллельным газовым потоком позволило получить профиль крыла самолета (Н.Е. Жуковский). А вот для задач сегодняшнего дня при сверхзвуковых скоростях обтекания профиля без введения поправок, уточнений и экспериментальных коэффициентов, полученных опытным путем, уже не обойтись. Аналогично уравнения Эйлера, Навье/Стокса и Рейнольдса получены для упрощенных случаев и при условиях весьма далеких от современных задач в области ракетных двигателей.

В свое время тот же Н.Е. Жуковский на базе системы уравнений Эйлера для одномерного неустановившегося одномерного движения жидкости описал явление гидравлического удара, весьма распространенного в технике. С учетом ряда упрощений было получено так называемое волновое уравнение, в дальнейшем, путем учета потерь по длине для ряда задач вышли на "телеграфное" уравнение. Последнее успешно применяется при транспортировке электроэнергии по линиям ЛЭП, для расчета процессов в длинных нагнетательных трубопроводах дизельной топливной аппаратуры. Фактически это краевая задача Коши с системой уравнений, описывающих переменные граничные условия по концам трубопровода. А вот здесь научные начала реализуются в практические результаты с достаточно высокой точностью. Совсем другое дело, расчет неустановившегося движения газа в сопловом аппарате реактивного двигателя с его криволинейными стенками при сверхзвуковых скоростях. Это достаточно далеко от теоретической модели классиков газодинамики.

Как, например, реализуется математическое моделирование рабочих процессов топливоподачи дизелей для исследования работы топливной аппаратуры (ТА) на неустановившихся режимах, выбора ее оптимальных размеров и оценки межциклового нестационарности на малых режимах работы? В состав системы входят топливный насос высокого давления (ТНВД), нагнетательный трубопровод высокого давления (ТВД) и форсунка (Ф). Топливная аппаратура большинства дизелей имеет механический (кулачковый) привод, золотниковое, клапанное или смешанное управление дозированием и фазированием впрыскивания топлива, гидравлически управляемый игольчатый распылитель закрытого типа. Геометрические размеры ее элементов, свойства топлива и конструктивное исполнение определяют качество рабочего процесса топливной аппаратуры, которое характеризуется такими свойствами как точное отмерива-

ние цикловой подачи, своевременное впрыскивание топлива в камеру сгорания двигателя, обеспечение устойчивой (стабильной от цикла к циклу) подачи и равномерное распределение топлива по секциям во всем рабочем диапазоне.

Перемещение плунжера под действием кулачковой шайбы, иглы распылителя, изменение проходных сечений наполнительных и отсечных окон втулки плунжера, в щели под нагнетательным клапаном и под запорным конусом иглы распылителя, аккумулярование топлива в объемах элементов, скорости перетекания и соответствующие объемные расходы, движение нагнетательного клапана, иглы и топлива в ТВД описываются с достаточной степенью точности уравнениями механики и гидродинамики.

Схемы расчета у всех авторов примерно одинаковы и являются развитием теории гидравлического удара Жуковского (1897г.) и Засса (1934 г.). При исследовании частичных режимов возникает необходимость введения ряда уточнений, учитывающих особенности этих режимов (например, утечки топлива в прецизионных элементах ТА, упругость привода кулачкового вала и т.д.) и повышающих достоверность, надежность и точность расчетов. Следует уточнить фундаментальную базу, являющуюся основой применяемых математических моделей. Дело в том, что уравнение движения топлива в ТВД, например, можно достаточно просто получить, используя только закон Гука для топлива и уравнение Даламбера. В действительности, это более сложный процесс, определяемый и уравнением состояния рабочего тела, и теплообменом, и вязкостными силами и т.п. Математическая модель (ММ) ТА представляет собой так называемую краевую задачу Коши, а именно: в основе ее - дифференциальное уравнение движения топлива в ТВД, граничные условия слева от трубопровода - система дифференциальных уравнений, описывающих процессы в ТНВД, а справа - система дифференциальных уравнений у форсунки. В качестве исходных используют основные уравнения гидромеханики. Вследствие осесимметричности движения в поставленной задаче ограничимся двумя компонентами движения (соответственно, орты  $i$  и  $j$ ). Таким образом, для плоской задачи имеем [2]:

- уравнение неразрывности (для протяженных трубопроводов малого диаметра уравнение имеет физический смысл только в наплавлении по орту  $ij$ )

$$F \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{(\rho u_i F)}{\partial x_i} = 0;$$

- уравнение количества движения по орту  $i$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + u_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_i} + X_i + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \tau_{j,i}}{\partial x_j};$$

по орту  $j$

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} + u_i \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + u_j \frac{\partial u_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_j} + X_j + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \tau_{j,i}}{\partial x_j}.$$

- уравнение сохранения энергии

$$\frac{\partial(h + u_i^2 / 2)}{\partial t} = Q + u_i X_i + \frac{1}{\rho} \cdot \left[ \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{\partial q_i}{\partial x_i} + \frac{\partial(\tau_{j,i} u_i)}{\partial x_j} \right];$$

- уравнение состояния  $p = p(\rho, T)$

где  $X$  - гравитационная составляющая внешнего воздействия;

$F$  - площадь сечения трубопровода.

В приведенной системе дифференциальных уравнений, представленной в виде уравнений Навье - Стокса, принимаются во внимание практически все нестационарные явления движения вязкого теплопроводного тела с учетом источников и стоков массы и энергии, химических реакций и возможных фазовых превращений. Все члены уравнений отнесены к единице массы. Здесь неизвестными величинами являются термодинамические переменные  $p, \rho$ , и  $T$  (давление, плотность и температура топлива), векторы скорости с компонентами  $U_i$  и  $U_j$  (по основной оси движения и в перпендикулярном направлении), вектор потока тепла  $q_i$  и тензор вязких напряжений  $\tau_{\varphi,r}$ . Выражение  $\frac{\partial(\tau_{j,i} u_i)}{\partial x_j}$  определяет мощность вязких сил трения. Выражение  $\frac{\partial p}{\partial t}$  определяет мощность сил давления,  $h$  и  $Q$  - соответственно потенциальная энергия положения и мощность источника внешнего подвода. В первом уравнении член  $Q$  может быть добавлен, но как подвод массы, а не энергии.

Для ТА дизелей целесообразно существенное упрощение физико-математического описания нестационарных процессов на уровне инженерного решения путем отбрасывания ряда несущественных членов уравнения Навье - Стокса практически без внесения практической погрешности в результаты расчетов. Вспомним статью Ю.М. Кочеткова [1] и его критику в отношении авторитетных авторов: "можно положить"; "будем предполагать"; "подразумевается, что будет справедливым"; "приходится вводить" и т.д. Ученые как и поэты являются философами и стараются не повторяться.

Одним из основных упрощений реальной картины движения жидкости является переход от пространственного течения к одномерному, так как соотношение  $d/L$  для разделенной ТА весьма мало, таким образом, вторым уравнением количества движения целесообразно пренебречь. Возможно пренебрежение внутренним теплообменом, что соответствует реальным условиям работы. Можно пренебречь гравитационной составляющей внешнего воздействия. Следует считать топливо изотропным и энергетически однородным, что предполагает отсутствие поверхностей раздела среды в пределах рассматриваемой области течения и постоянство физических характеристик топлива. Действительно, основной процесс впрыскивания происходит при достаточно высоких давлениях, а разрывы сплошности имеют место либо в начальной, либо в конечной фазах впрыскивания и поэтому влияние разрывов сплошности на основном периоде топливоподачи несущественно. Тем более, что возможные разрывы сплошности легко учитываются в алгоритме ММ ТА [2].

Учет переменности сжимаемости, изменения плотности и скорости распространения волны давления в топливе дают различие в результатах расчета на ММ в пределах 1...5 %. Переменность сжимаемости топлива необходимо учитывать в уравнениях граничных условий. В ТВД возможен расчет при постоянстве реологических характеристик топлива. А вот сравнение же расчетных и экспериментальных данных показывает, что внутренним трением в ТВД пренебрегать нельзя, особенно при применении вязких топлив или при использовании длинных ТВД. Поэтому последний член второго уравнения на основании теоретического анализа определяют как  $\sigma \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2}$  где  $\sigma$  - кинематическая вязкость топлива. Для учета трения при расчетах нестационарных течений в трубопроводах считают, что вязкость топлива в основном проявляется в относительно тонком пограничном слое, и ее можно учесть путем введения коэффициента трения одномерного ядра потока о шероховатую стенку (с учетом характера движения согласно числу Рейнольдса).

Как показали исследования Ю.Я. Фомина, на установившемся режиме работы дизеля имеют место изменения температуры топли-

ва в ТВД, связанные с процессом впрыскивания и теплообменом с горячими деталями двигателя. Однако в связи с прохождением волн давления по всему ТВД при работе на стационарных режимах процессы теплообмена нивелируются и возможно считать, что отсутствует подвод теплоты. Действительно, при впрыскивании топлива происходит изменение температуры в пределах нескольких градусов Кельвина и это оказывает несущественное влияние на процесс топливоподачи. Данное упрощение (изотермический процесс) тем более приемлемо для долевых режимов работы. Следовательно, возможно пренебрежение уравнением состояния.

Анализ уравнения сохранения энергии показывает, что его использование позволяет уточнить влияние ряда имеющих место потерь располагаемой энергии на изменение волны давления в трубопроводе. Но так как практически отсутствует внешний подвод энергии, а это следует из работы Толшина В.И., следует принять  $Q=0$ . Мощность массовых сил вследствие малости значения скорости не значительна, т.е. член уравнения  $u_i X_i = 0$ . Конвективным переносом тепла  $\frac{\partial q_i}{\partial x_i}$  согласно принятому ранее допущению об изотермическом течении жидкости также можно пренебречь. Таким образом, уравнение сохранения энергии определяет условия, реализуемые уравнением количества движения, и может быть опущено при дальнейшем описании процессов с целью упрощения расчетной модели.

С учетом "принятых выше допущений" система дифференциальных уравнений Навье-Стокса для нестационарного одномерного изотермического движения в трубопроводе вязкой жидкости может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + u_i \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x_i} + \rho \cdot \frac{u_i}{F} \cdot \frac{\partial F}{\partial x_i} = 0; \\ \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_i \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_i} - \nu \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} = 0. \end{cases}$$

Последний член системы уравнений представляет собой осевую силу сопротивления движению  $f_m: f_m = \nu \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i^2} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{u_i^2}{2}$ . Эту силу относят к единице длины трубопровода, где  $\lambda$  - коэффициент сопротивления трения единицы относительной длины трубы (длины в один диаметр), определяемый по зависимостям гидромеханики [2].

Произведем дальнейшее упрощение системы уравнений, для чего "пренебрежем" конвективными членами  $u_i \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_i}$  и  $u_i \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x_i}$  в связи с малостью скорости течения топлива по сравнению со скоростью распространения звуковой волны в топливе. Член системы уравнений  $F$ , который учитывает изменение сечения в трубе, обращается в нуль, так как ТВД, как правило, имеет постоянное сечение. Принимая во внимание, что относительная скорость изменения плотности топлива пропорциональна относительному градиенту скорости его перемещения в сечении ТВД, получим систему уравнений, описывающую нестационарное движение топлива в ТВД с рядом оправданных упрощений.

$$\begin{cases} \frac{1}{a^2 \rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0; \\ \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial t} - \frac{\lambda}{2d} u_i^2 = 0. \end{cases}$$

Подобный подход к анализу и выводу уравнений движения топлива в ТВД оправдан тем, что при необходимости появляется возможность учета любых дополнительных условий, например, внешнего теплообмена с горячими деталями двигателя, изменение состояния топлива при его сжатии плунжером ТНВД или во фронте волн давления в ТВД и т.п. Продифференцировав первое уравнение по  $t$ , а второе по  $x$ , после простых преобразований с заменой производной скорости по координате  $x$  производной давления по времени  $\frac{\partial u_i}{\partial x} = \frac{1}{a \rho} \frac{\partial p}{\partial t}$  получим дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных гиперболического типа, решаемое относительно давления

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{\lambda}{a^2 d} \cdot u_i \cdot \frac{\partial p}{\partial t} = 0$$

Аналитического решения данное уравнение не имеет. Поэтому приходится его решать численными методами.

Это уравнение известно в математической физике как телеграфное и находит широкое применение при моделировании электрических линий большой протяженности, для расчета нестационарного движения газов во впускных и выпускных системах двигателей, при расчете гидравлических трубопроводов и ТА. Ряд исследователей, например, Ю. Я. Фомин, А. И. Исаев, Б.В. Павлов, Б.П. Пугачев выходили на решение уравнения относительно скорости движения. С физической точки зрения целесообразно ориентироваться на решение относительно параметра давления, так как в ТВД происходит именно передача волны давления от насоса к форсунке и обратно. В отношении скорости, как параметра, имеется неоднозначность: наличие с одной стороны перемещения частиц топлива, с другой - прохождения волн давления со скоростью звука. Уравнение движения в данном случае определяет только процесс передачи импульса.

Решение телеграфного уравнения возможно несколькими методами. И. В. Астахов, Б. В. Павлов, Ю. Я. Фомин, Ф. К. Кузнецов, Л. Н. Голубков и др. применили классический метод с использованием характеристик Даламбера. Решение существенно упрощается, если пренебречь вязкостью топлива ( $k = 0$ ). Уравнение в данном случае называется волновым и применяется тогда, когда не требуется точность при расчете. При работе ТА быстроходных двигателей на дизельном топливе для коротких ТВД приемлемо использовать волновое уравнение. Телеграфным уравнением целесообразно пользоваться в случае малооборотных и среднеоборотных дизелей при работе на тяжелых сортах топлива. А.Ф. Гаврилов использовал выводу Монжу о замене дифференциального уравнения второго порядка в частных производных системой уравнений в полных дифференциалах (так называемые инвариантные преобразования), в результате он получил возможность определения скорости движения топлива в ТВД в любом сечении и в любой момент времени. Для решения телеграфного уравнения многие авторы используют так называемый метод характеристик. Автор успешно применяет конечно-разностный метод, отличающийся наглядностью, простотой, малой потребностью в ресурсах памяти компьютера, быстродействием [2]. Метод позволяет решение так называемой обратной задачи, т.е. по заданной характеристике впрыскивания определять требуемые параметры и размеры ТА.

На рис.1 представлен результат сравнения расчета и эксперимента на уникальном стенде, когда удалось определить расход топлива через нагнетательный клапан как функцию нагрузочного режима ТА, что подтверждает адекватность ММ модели реальным процессам топливоподачи. Уменьшение активного хода приводит к снижению расхода топлива через форсунку при небольшом по величине отрицательном расходе через нагнетательный клапан (- 0,0060 г/цикл) и к сокращению разрыва сплошности в ТВД в интервалах между впрыскиваниями. Зависимость  $V_{\phi}-V_{\kappa}$  позволяет оценить относительно величину разрыва сплошности при работе на различных режимах. Но для анализа стабильности последовательных циклов топливоподачи эта зависимость не может быть применена, так как характеризует не установившийся режим, а лишь первый цикл после "единичного возмущения" (в данном случае подразумевается впрыскивание при остаточном давлении 0,3 МПа, не соответствующему установившемуся остаточному давлению).

Влияние остаточного давления на расходные характеристики и параметры впрыскивания представлено на рис. 2 и рис. 3

Рис. 1. Зависимость расхода топлива через нагнетательный клапан и величины разрыва сплошности от цикловой подачи после впрыскивания при заданном остаточном давлении = 0,3 МПа при 800 об/мин (для дизелей типа М50)

(сравнение расчета с экспериментом).

Сравнение результатов эксперимента с расчетами на ЭВМ подтверждает адекватность математической модели реальным процессам в топливной аппаратуре дизеля при работе на номинальных и долевых режимах как при работе в области положительных значений остаточных давлений, так и при разрывах сплошности в ТВД.

На рис. 3 представлено сравнение расчета процессов топливоподачи дизеля 12С18/20 с экспериментом.

Для того же дизеля на рис. 4 приведено сравнение расчетной продолжительности впрыскивания как основного параметра с экспериментом.

Адекватность ММ подтверждена путем сравнения многочисленных расчетных вариантов различных систем топливоподачи дизелей ряда Ч 12/14, Ч 13/14, Ч 15/15, Ч 15/18, Ч 18/20, Ч 18/22, Ч 21/21, Д 19/21 с экспериментальными данными. Расхождение результатов сравнения имело место, как правило, в пределах 5-7%.

Изложенный материал подтверждает, что теория и практика разделены сложностью происходящих процессов, условиями их протекания и степенью изученности рассматриваемых явлений. И если для дизельной ТА ММ действительно соответствует предположенной основной положениями гидромеханики теории, когда практически можно отобразить процессы топливоподачи для всех систем впрыскивания при работе на различных режимах и любых топливах при разных условиях, то для ракетных двигателей все обстоит гораздо сложнее. И перед исследователями встает большой круг задач и проблем [1]. Здесь уместно сказать: "Диффуравнения струны моторы дизельные знают, науки ж чистой как слеза, в реальной жизни не бывает".

Но скорее всего у Ю.М. Кочеткова речь идет не о создании новых теоретических разработок, а о введении поправок, уточнений и расширении диапазона классических основ газодинамики в условиях высокоскоростных потоков при больших температурах и давлениях в условиях сложного профиля сопла при соразмерных соотношениях между основным диаметром соплового аппарата и его длиной, чем он успешно занимается.

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Современная парадигма или "картина Репина "Приплыли"" // Двигатель № 4, 2015 г.
2. Г.Б Горелик. Процессы топливоподачи в дизелях при работе на долевых и переходных режимах. Уч.пособие. - Хабаров. гос. техн. ун-та, 2003. 247 с.

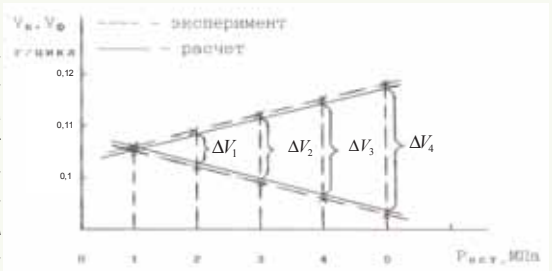


Рис. 2. Зависимость расхода топлива через нагнетательный клапан и форсунку от величины остаточного давления

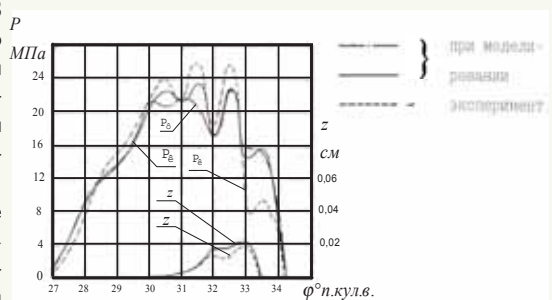


Рис. 3. Процессы топливоподачи дизеля 12С18/20 при активном ходе плунжера 0,14 см и 160 об/мин кулачкового вала

как основного параметра с экспериментом.

Адекватность ММ подтверждена путем сравнения многочисленных расчетных вариантов различных систем топливоподачи дизелей ряда Ч 12/14, Ч 13/14, Ч 15/15, Ч 15/18, Ч 18/20, Ч 18/22, Ч 21/21, Д 19/21 с экспериментальными данными. Расхождение результатов сравнения имело место, как правило, в пределах 5-7%.

Изложенный материал подтверждает, что теория и практика разделены сложностью происходящих процессов, условиями их протекания и степенью изученности рассматриваемых явлений.

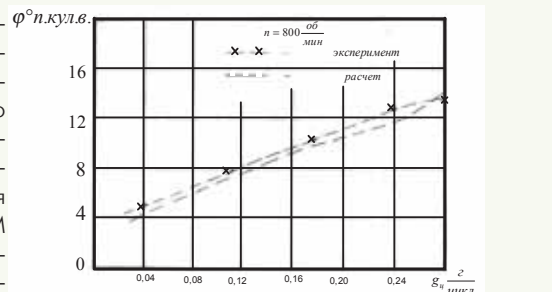


Рис. 4. Зависимость продолжительности впрыскивания ТА дизелей 12С 18/20 от величины цикловой подачи

# 2-я международная специализированная выставка



## ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

13-15 сентября 2016 года

МВЦ «Крокус Экспо»

- станкостроение
- машиностроение
- металлургия
- топливно-энергетический комплекс
- атомная промышленность
- химико-технологический комплекс
- сельское хозяйство
- производство, переработка и хранение продуктов питания
- информационные технологии, связь
- радиоэлектроника
- лесопромышленный комплекс и деревообработка
- строительная индустрия
- наука
- медицина
- фармацевтика
- лёгкая промышленность
- банки и финансовые структуры
- православные традиции
- регионы России

[www.imzam-expo.ru](http://www.imzam-expo.ru)

12+  
реклама

Организатор:



При поддержке:



Официальная организационная поддержка:



Генеральный информационный партнёр:



Генеральный информационный партнёр конференции:



Генеральный межотраслевой информационный партнёр:



Генеральный отраслевой информационный партнёр:



Генеральный стратегический информационный партнёр:



Отраслевой информационный партнёр:



Стратегический информационный партнёр:



# СЛУЖИТЬ НАУКЕ И ЛЮБИТЬ РОДИНУ

## К 70-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ АНАТОЛИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА СПЕРАНСКОГО

**Геннадий Николаевич Серегин  
Александр Борисович Бельский  
Александр Иванович Бажанов**



А.А. Сперанский

### КОРНИ И ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ

Из всех творений человеческого ума наука - самое важное и полезное. Научный род Сперанских исторически берет свое начало с Михаила Михайловича - "великого русского бюрократа", родоначальника и научного реформатора государственного управления российскими территориями в эпоху правления императора Александра I. Следующие поколения верой и правдой служили Отечеству на административно-правовом и богослужебном поприще. Более десяти

поколений священнослужителей Сперанских мужественно отстаивали православную веру в смертельном противостоянии завоевателям и большевикам.

На смену врачевателям духовным пришли врачеватели-медики. Самыми известными учеными медицинского рода Сперанских были выдающиеся академики РАМН педиатр Георгий Несторович, чьим именем названа Центральная республиканская детская клиническая больница в Москве, и физиолог Алексей Дмитриевич. Среди потомков всемирно известного детского доктора отличилась Пошехонье-Володарская ветвь рода из 12 братьев и сестры. Старший брат Николай Петрович дослужился до чина Главного бухгалтера Министерства морского флота СССР, а сестра и остальные братья получили медицинское образование разного профессионального уровня и специализации. Трое из них стали профессорами и ректорами медицинских институтов - Архангельского, Костромского и Ужгородского, а младший, профессор Алексей Петрович, известный в научном мире невропатолог и физиотерапевт, стал организатором курортного дела и первого в стране Сочинского института курортологии в Мацесте.

Естественно, директор института, обслуживающего ставку Вождя, был репрессирован по делу врачей и сослан вместе с семьей в заключение на Белое море. По окончании лагерного срока супруги были переведены на поселение с ограничением права работы на Севере. Через год в Архангельске в семье вольнопоселенных Алексея Петровича и Натальи Сергеевны Сперанских родился послевоенный первенец Анатолий. В 1949 году семья воспользовалась возможностью трудоустройства в индустриально развивающихся восточных регионах Союза и переехала в город угледобычи, туберкулеза и депортации чеченского народа Караганда. Отец работал Главным физиотерапевтом медицинского института и врачом городской больницы, а сын пошел учиться в школу. Соседом по лестничной площадке оказался обаятельный интеллигентный физик, много чего знающий о космосе и здоровье человека, также

вольнопоселенец. Как выяснилось позже, им оказался создатель теории космической биологии, популярно изложенной в "Земном эхе солнечных бурь", разработавший на досуге для горняков люстру-ионизатор угольной пыли, выдающийся ученый мирового научного рейтинга в естествознании, великий русский космист, действительный член 18 академий мира Александр Леонидович Чижевский.

5 марта 1953 года скончался Великий тиран советских народов и уже в мае полностью реабилитированные семьи Сперанских и Чижевских поездом возвращаются в Москву. Четверо суток вдоль поражающего своей протяженностью лагерного забора из колючей проволоки с охранными вышками и тучами тревожно каркающего воронья - самое мрачное воспоминание из детства.

Восторг от содержательного общения с великим просветителем не мог не повлиять на восприятие школьником окружающего мира, и гуманитарные врачебные ценности медицинской династии уступили место искреннему интересу к механике состояний, физическому материаловедению, энергетическим процессам материального мира, движению в упругих средах, взаимовлияниям и взаимопревращениям в Природе. Сложилось устойчивое стремление к естественнонаучным наблюдениям физических состояний через декомпозицию процессов природного синтеза в экспериментах, исследованиях и испытаниях.

### ИНЖЕНЕРНАЯ СЛУЖБА И ИЗДАТЕЛЬСКАЯ МИССИЯ

12 апреля 1961 года, в день всеобщего ликования по поводу первого исторического полета человека в Космос, произошло осознанное вступление Анатолия Сперанского в Коммунистический союз молодежи и выбор профессионального авиационно-космического приоритета по жизни. Отличные знания в семилетней школе, Московском авиационном техникуме, Московском авиационном институте им. С. Орджоникидзе (факультет Систем управления летательных аппаратов по специальности "Инженер-электро-механик") четверть века с успехом применялись в кузнице интеллектуальных кадров Авиапрома - Институте теоретической кибернетики / ГосНИИ авиационных систем под руководством мудрого наставника, руководителя научной школы физического стендового (полунатурного) моделирования авиационных наступательных-оборонительных боевых систем, академика РАН Евгения Александровича Федосова. Пройден содержательный путь постижения научно-практических знаний и житейской мудрости от ученика слесаря-монтажника до заместителя руководителя отраслевого НИИ.

Молодого ученого всегда занимал парадокс социализма: честная работа на войну, и искренняя борьба за мир, неразрывные как две стороны одной медали. Для войны - исследования и испытания образцов новой перспективной авиационной техники, за зарплату и в рабочее время. Ради мира - идеалы в гуманитарной сфере, по велению души, занимающие все остальное жизненное пространство



Академик РИАН  
М.М. Сперанский



Академик РАМН  
Г.Н. Сперанский



Академик РАМН  
А.Д. Сперанский



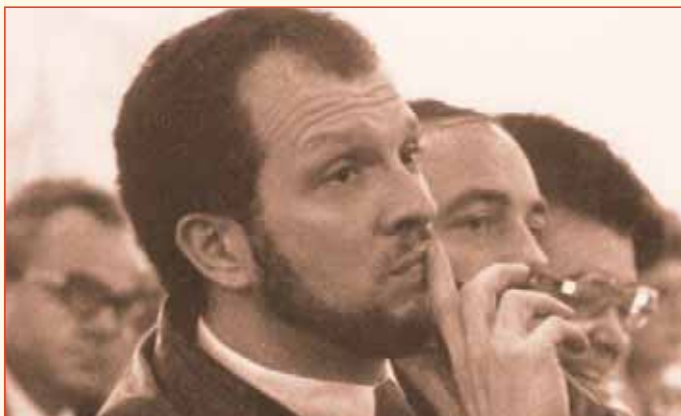
Академик РАН  
А.Л. Чижевский



Академик РАН  
Е.А. Федосов



Академик РАН  
Д.С. Лихачев



В президиуме Всесоюзного общества книголюбов (1976 г.)

ство. Мирное библиофильское увлечение школьных лет поднимается до профессионального уровня. Отличные знания, полученные на издательском факультете в Московском полиграфическом институте, расширяют профессиональные горизонты. Морально-этические амбиции реализуются в выпуске недоступных доселе читателям гуманитарно-просветительских раритетов: первое в России издание собрания подцензурных сочинений мятежного публициста-оппозиционера А.И. Солженицина тиражом 2,4 млн экз., выпуск единственного в новой истории России традиционного памятника царской культуры "Некрополь Новодевичьего кладбища" с путеводителем, юбилейное собрание сочинений А. Ахматовой, дополненное томом опубликованных впервые воспоминаний, первое издание в России философского труда выдающегося гуманиста, иерарха католической церкви Папы Римского Иоанна Павла VI "Единство в многообразии" и другие смелые по тем временам издательские проекты, все при решающей поддержке основателя Российского Фонда культуры, академика РАН Дмитрия Сергеевича Лихачева и руководителя российской научной исторической школы, академика РАН Отто Сигурдовича Шмидта.

Как общественное признание издательского успеха следует рассматривать присуждение Премии Ленинского комсомола и избрание Анатолия Алексеевича Сперанского заместителем председателя Правления Всесоюзного общества книголюбов, объединявшее 18 миллионов читателей и возглавляемое авторитетным ученым, руководителем научной школы природопользования, академиком РАН Игорем Васильевичем Петряновым-Соколовым. Также как избрание членом Российского республиканского и Московского городского Президиумов общества любителей книги, вице-президентом Международного союза книголюбов стран СНГ. Издательские заслуги отмечены Большой Золотой медалью ВДНХ, Знаком почета и грамотой Министра культуры, Почетным знаком "Отличник печати" и присвоением почетного звания "Заслуженный работник культуры" Указом президента Российской Федерации с вручением государственной награды за выдающиеся заслуги в книгоиздании, культуре и просвещении.

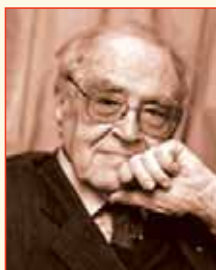
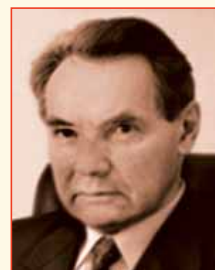
### КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ЗНАНИЯ БУДУЩЕГО

Долгожданная перестройка обернулась криминальным развалом экономики, утерей общественной морали и главенством потребительской доктрины в обществе. Успешному издателю и талантливому инженеру-исследователю было очевидно, что только новационный научно-технологический путь развития поможет спасти страну от технологического рабства и колонизации, позволит вернуть России былое научно-техническое лидерство.

На рубеже столетий для успешного книгоиздателя все возвращается "на круги своя". Инженерно-исследовательское начало побеждает издательско-просветительское, и в третье тысячелетие авиационный инженер входит в качестве заметной фигуры в новационной сфере. Успешный издательский бизнес позволяет продвинуть целый спектр наукоемких идей, проектов и технологий. Имея богатый опыт научных исследований и испытаний образцов новой техники, А.А. Сперанский создает инновационное Научно-производственное предприятие "Рэм-вибро", взявшее на себя миссию формирования современного взгляда на фундаментальные основы и прикладные аспекты волновой механики упругих систем и сплошных сред. С 1995 по 2002 годы значительные интеллектуальные, материальные и финансовые ресурсы друзей и единомышленников были консолидированы для решения глобальной мультидисциплинарной проблемной задачи общества XX века - техногенной и экотехнологической безопасности природно-технических систем. Опираясь на пространственно-временные принципы научной школы выдающегося русского математика и гидромеханика академика РАН Алексея Николаевича Крылова и гомеостатический подход научной школы системного анализа выдающегося русского математика и механика академика РАН Александра Михайловича Ляпунова, авиационный инженер-испытатель Анатолий Алексеевич Сперанский научно обосновал, разработал и подтвердил в исследовательских приложениях общую универсальную Теорию траекторного анализа волновых состояний механических систем, объединяющую фундаментальные междисциплинарные знания в области физики сплошных упругих сред:

- Теория и методы измерения связанных компонентов виброакустических колебаний.
- Теория и методы траекторной векторно-фазовой реконструкции динамических измерений.
- Теория Тензорного энергетического преобразования физических состояний.
- Теория энергетической оценки нормально-сдвиговых деформаций упругих систем.
- Теория и методы реконструкции упругих напряженно-деформированных состояний.
- Теория и методы дисплейно-виртуального представления текущих состояний.
- Теория и методы декомпозиционного анализа текущих гомеостатических состояний.
- Теория и методы модельного многопараметрического анализа соответствия.
- Теория и методы системно-трендовой экспертизы ресурса конструкционной прочности.
- Теория и методы техногенеза (прогноза гомеостаза) механических систем.

Предложенный А.А. Сперанским в рамках Модельной гомеостатической стратегии системный взгляд на научно обоснованную интеграцию новационных подходов в виде Волновой информационной технологии (ВИТ) на основе 4D-методологии Волнового мониторинга состояний (ВМС), синтез-модели Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС), многопараметрического Гомеостатического анализа текущих эксплуатационных состояний (ГАС) с использованием новых вычислительных возможностей эксафлопных сетевых решений представляет собой принципиально новый информационно-аналитический сегмент VI техно-

Академик РАН  
О.С. ШмидтАкадемик РАН  
И.В. Петрянов-СоколовАкадемик РАН  
А.Н. КрыловАкадемик РАН  
А.М. ЛяпуновАкадемик РАН  
К.В. ФроловПрезидент МИА и РИА  
Б.В. Гусев



С женой Татьяной

логического уклада, реализует опережающее стратегическое лидерство на глобальном рынке интеллектуальных кибернетических систем. Фундаментальный системный подход и опережающий научно-технический задел разработчика обеспечивают конкурентоспособность перспективных решений общепризнанной проблемы безопасного и надежного управления опасными объектами сложных антропогенных систем жизнедеятельности человека.

Эффективность Волновой ИТ многократно подтверждена в исследовательских приложениях в авиационном машиностроении (ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", МАИ, АО "ОКБ им. Березняка", АО "Лялька-Сатурн", АО "ДУКС", АО "Мотор", АО "НПО "Сатурн", МАТИ и др.), в теплоэнергетике (РАО ЕЭС России, АО "Мосэнерго", АО "ВТИ", МЭИ), на трубопроводном транспорте (АО "Газпром", ООО "Оргэнергогаз", РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина), в строительстве (ЦНИИ транспортного строительства) и отзывах научно-координационных советов РАН, ведущих ученых Российской академии наук (академики РАН В.Е. Фортов, О.Н. Фаворский, А.С. Сигов, Г.Г. Ольховский, О.Н. Голицын, К.С. Демирчян, Д.С. Стребков, М.Ч. Залиханов, Б.В. Гусев, Н.А. Махутов, С.Ю. Желтов, А.В. Кулаков и др.).

В 2002 году А.А. Сперанский регистрируется индивидуальным предпринимателем в области Фундаментальных и прикладных исследований в кластере естественных наук и приборостроения. Исследовательское хобби потребовало углубления теории метрологических знаний и в третий раз привело уже сложившегося ученого на учебную скамью. На этот раз по специальности "Менеджмент единства измерений" в Академии Росстандарта.

Волновая информационная технология становится победителем национального Конкурса русских инноваций (2004 г.) в номинации ИТ и получает научный Грант Российского Фонда фундаментальных исследований по теме "Волновые инструменты исследования анизотропии упругих систем", поддержанный комиссией под руководством авторитетного ученого, директора Института машиноведения РАН, руководителя научной школы конструкционного материаловедения, академика РАН Константина Васильевича Фролова (2005 г.). По предложению Департамента стратегического развития АО "Газпром" А.А. Сперанский в качестве научного руководителя выполняет исследовательский проект по теме "Сравнительные испытания эффективности перевода ГПА компрессорных станций с регламента на эксплуатацию по текущему состоянию" (2006-2008гг.). Первое место в федеральном конкурсе "Лучший отечественный измерительный прибор 2006 года", присвоен "Знак качества средства измерения" Ростеста (2007 г.). А.А. Сперанский - Лауреат инженерных премий имени Черепановых, имени легендар-

ного М.Т. Калашникова и Андрея Чохова, Кавалер Почетного знака "Святой Георгий" правительства Москвы трех степеней с присвоением Почетного звания "Лидер в области Высоких технологий" (2007 г.). За разработку и внедрение новационных методов Волновой ИТ награжден Золотой медалью первого Международного салона инноваций и инвестиций, Золотой медалью Международного салона изобретателей "Архимед", Золотыми медалями Международной выставки "Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК" (2006 и 2009 г.) и международных Форумов "Высокие технологии XXI века" 2002-2013 годов.

В 2012 г. совместно с Британским инвестиционным фондом "Imprimatur Capital" создается инжиниринговая компания Advanced Vector Analytics SIA (EU), призванная развивать коммерческие приложения Волновой ИТ в энергетике, строительстве, машиностроении, на транспорте, в материаловедении и научных исследованиях.

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КЛУБ ТЕХНОЛОГИЙ БУДУЩЕГО

В 2010 году судьба свела А.А. Сперанского с выдающимся ученым в области инженерных наук, авторитетным руководителем научной школы строительного материаловедения РАН, организатором и бессменным Президентом Российской (РИА) и Международной (МИА) инженерных академий Борисом Владимировичем Гусевым. Беседа о возможностях и перспективах развития теории, методов и приложений Волновой ИТ продолжалась шесть часов, после чего автор технологии в течение пяти минут был принят в академию с предложением возглавить научно-технологическую деятельность в качестве Главного научного сотрудника РИА. Инициативно под его руководством в структуре академии организуется Институт наукоемких инженерных технологий (ИНИТ РИА). В составе института работают центры актуальных компетенций. Все разрабатываемые в научных инженерных центрах ИНИТ РИА опережающие технологические решения, так или иначе, основаны на новых материалах или процессах и связаны с новациями в области конструкционного материаловедения и биотехнологий. Синтезирование конструкционных материалов будущего требует создания тонкого, адекватного наблюдаемому природному синтезу, инструментария наблюдений динамики состояний на микроструктурных атомно-молекулярных уровнях, обладающего беспрецедентной гиперчувствительностью в широком диапазоне частот от нуля до сотен МГц. Новые физические методы контактных и бесконтактных измерений параметров волновых полей (прежде всего, оптические и локационные) существенно превосходят возможности серийно выпускаемых контактных сенсоров диагностических параметров механических состояний.

В 2011 году А.А. Сперанский избран действительным членом РИА, МИА, вице-президентом РИА по науке и технологиям, членом Президиума РИА. Начался новый этап его творческой деятельности в составе инженерного сообщества. Обоснованы и приняты к исполнению Стратегия и приоритеты научно-технологического развития РИА. Стратегическим приоритетом РИА является реализация общественно значимых технологий для прогресса и устойчивого развития: экотехнологическая безопасность и здоровье нации, продовольственная и технологическая независимость, энергоэффективность, ресурсосбережение, ИТ и ускоренная коммерциализация социально значимых новаций. Главным научным приоритетом РИА становятся опережающие технологии VI технологического уклада, прежде всего, клеточные и наноконструкционные технологии с эффектом резкого повышения энергоэффективности и снижения материалоемкости, конструирование наноструктурированных материалов, покрытий, тканей и органов с заданными, управляемыми и адаптивными свойствами для интеллектуальных информационных технологий. Конвергенция технологий становится главным инструментом ресурсосбережения для социально-экономического развития территорий, стран и народов.

Профессиональный авторитет А.А. Сперанского подтвержден дипломом Доктора экспертизы по международной классификации знаний ISCED Института промышленного развития ООН, званием профессора Университета природы, общества и человека "Дубна",



статусом председателя Совета Генеральных конструкторов в области инженерно-технологической деятельности, директора Института наукоемких инженерных технологий РИА. Является автором и научным руководителем ряда опережающих технологических решений на основе фундаментальных знаний в области механики сплошных сред, разработчиком уникальных образцов новой измерительной техники, автором семи действующих патентов РФ на изобретения и патентов РСТ, более 80 научных исследований опубликовано в сборниках трудов и отраслевых научно-технических журналах.

Под руководством А.А. Сперанского в качестве директора ИНИТ РИА разработана Теория технологических укладов с новым подходом - в перечень характеристик матрицы развития укладов включены информационные показатели: методы наблюдений, измерений и анализа, соответствие укладу моделей и оценки научного уровня знаний. Предполагается, что технологические уклады будущего будут направлены на сдерживание энтропии - паразитного тепла, хаоса и загрязнения окружающей среды, представляющие угрозу цивилизации, вплоть до её уничтожения. Для этого необходимо осуществить фундаментальный научно-технологический прорыв в полном цикле триады знаний о материи: от мира элементарных частиц через периодическую матрицу Законов строения физико-химических элементов, их молекулярных и композитных соединений в веществе, конструкционных материалах и биотканях. Общество стоит перед необходимостью освоения негэнтропийного материала поведения во всех сферах жизнедеятельности Человека в согласии с Природой и интересами будущих поколений. Такова суть доктрины развития проф. А.А. Сперанского.

Стратегической линией ИНИТ РИА в развитии фундаментальных научных знаний становится изучение и формирование Законов и закономерностей природного синтеза материального мира, что позволит синтезировать материалы и ткани, превосходящие по свойствам известные природные. Фундаментом в изучении строения вещества являются Законы квантовой механики, позволяющие выяснять строение атомов, устанавливать природу химической связи, объяснять периодичность элементов, понять строение атомных ядер и оболочек, изучать свойства элементарных частиц. Если исходить из энергетического определения и рассматривать квант как минимальное "количество энергии, которое может быть поглощено или отдано молекулярной, атомной или ядерной системой в отдельном акте изменения ее стационарного состояния", то процессы изменения гомеостатических состояний суть квантованные события волновых колебательных процессов. Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, их образующих, законы квантовой механики должны лежать в основе понимания большинства макроскопических явлений, к которым, в первую очередь, относятся текущие ресурсные, прогнозные и критические эксплуатационные состояния конструкционных материалов. Поэтому она становится в значительной мере "инженерной" наукой, знание которой необходимо не только физикам, но и инженерам.

Разрабатываются и внедряются эффективные механизмы по созданию в структуре РИА научно-технологических Центров креа-

тивных исследований и прорывных технологических решений по приоритетным направлениям, обеспечивающим устойчивое развитие общества и территорий. Руководителям таких центров придается статус Генеральных конструкторов в области инженерно-технологической деятельности. Генеральные конструкторы образуют специализированные советы и Совет Генеральных конструкторов РИА, являющийся саморегулируемой некоммерческой ассоциативно-коллегиальной структурой с достаточной полнотой прав и обязанностей субъекта Гражданского общества в сфере компетенций академии. Миссия Совета состоит в возрождении исторически высокого интеллектуального инженерного потенциала России во имя сохранения, приумножения и доступности для общества прорывных научных и технологических знаний, противостоит утрате моральных ценностей, доктрине потребительства, стяжательства, коррупции и агрессии силы, преобладающих в деловых и международных отношениях в современном мире.

Анатолий Алексеевич Сперанский являет собой яркий пример патриотического служения знаниям. Награжден медалью имени К.Э. Циолковского Международной федерации космонавтики и медалью имени А.Н. Косыгина Российского союза товаропроизводителей. Кавалер знака "Инженерная доблесть" и медали "Инженерная слава", Заслуженный инженер России. Представляет Российскую инженерную академию в Экспертном совете Председателя Коллегии ВПК при Президенте РФ, где руководит рабочей группой "Технологическая безопасность", член Президиума Международного академического аккредитационного аттестационного Комитета (ЮНЕСКО, Институт промышленного развития ООН), ведущий эксперт Федерального Экспертного совета Госдумы РФ, эксперт рабочей группы "Риск и безопасность" при Президенте РАН, член Экспертного совета Госдумы РФ по актуальным проблемам социально-экономического и научно-технологического развития, председатель Совета Генеральных конструкторов РИА в области инженерно-технологической деятельности, руководитель Комитета РИА по аттестации экспертов в сфере научно-технической деятельности, научный руководитель компании Advance Vector Analytics (EU), учредитель и председатель НТС Международного Фонда поддержки научно-технологических и образовательных инициатив "Инженерный центр креативных технологий", первый вице-президент и председатель НТС Транснациональной корпорации "Глобальные технологии устойчивого развития", эксперт Фонда "Сколково" и Российского фонда технологического развития (РФТР), научный консультант главных редакторов журнала "Инновации" и старейшего русского технического журнала "Двигатель".

И как династическая традиция от великого предка - первого научного реформатора государственного управления Россией, государственного секретаря Российской империи и генерал-губернатора сибирских губерний М.М. Сперанского, в его потомке А.А. Сперанском вместе с профессионализмом, целеустремленностью, ярким талантом инженера-исследователя и системной деловитостью, прекрасно уживаются скромность, деликатность и душевная щедрость, удивительное чувство меры и такта. И самое ценное в современном обществе - мудрость и здравый смысл.

По традиции, редакция журнала "Двигатель" присоединяется к поздравлениям коллег из ГосНИИАС, ЦИАМ им. П.И. Баранова, ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, МВЗ им. М.Л. Миля, ИНИТ РИА, МАААК, Научных центров и организаций Российской инженерной академии, друзей и близких с пожеланиями здоровья, творческих успехов и благополучия Анатолию Алексеевичу Сперанскому в связи с его семидесятилетием.



В Звездном городке с профессором А.А. Хориковым (2008 г.)



С любимой внучкой

# ПАЗЛЫ ЗНАНИЙ. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПОЛНОГО СИСТЕМНО СВЯЗАННОГО СООТВЕТВИЯ

**Анатолий Алексеевич Сперанский**,  
вице-президент Российской инженерной академии,  
директор Института наукоемких инженерных технологий,  
DExpert, профессор

**Кирилл Сперанский**, ученик 10<sup>а</sup> класса школы № 345 г. Москвы  
**Михаил Симонов**, ученик 1<sup>а</sup> класса школы № 1270 г. Москвы  
**Виктория Малышева**, ученица 2<sup>г</sup> класса школы № 2 г. Нахабино

*"Технология  
делает умения и знания  
единственным источником устойчивого стратегического преимущества",  
Лестер Туроу*

*Публикация выполняет интерактивную образовательную функцию в формате непринужденного приобщения детей к наукоемкому инновационному процессу на основе известных успешно коммерциализированных пазл-решений и пазл-платформеров. Основная её задача – научить детей правильно понимать и предлагать адекватные инженерные решения в IT-кластере многопараметрического наблюдения, предупреждения и предотвращения возникновения опасных техногенных состояний. С участием школьников-будущих инженеров рассматриваются возможности интеграции фундаментальных междисциплинарных знаний на примере интеллектуальной пазл-методологии полного системно связанного соответствия декомпозиции и реконструкции знаний, позволяющей научно обосновать и методически обеспечить системный подход и технологическое превосходство в перспективных межвидовых исследованиях при создании креативного универсального инструментария достоверного наблюдения, адекватного анализа и эффективного управления созданием и эксплуатацией новой техники.*

*Подход обеспечивает импортонезависимость, конкурентоспособность и устойчивое лидерство на рынке IT техногенно-технологической безопасности во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает высокой социальной, экономической и экологической значимостью для устойчивого развития Общества.*

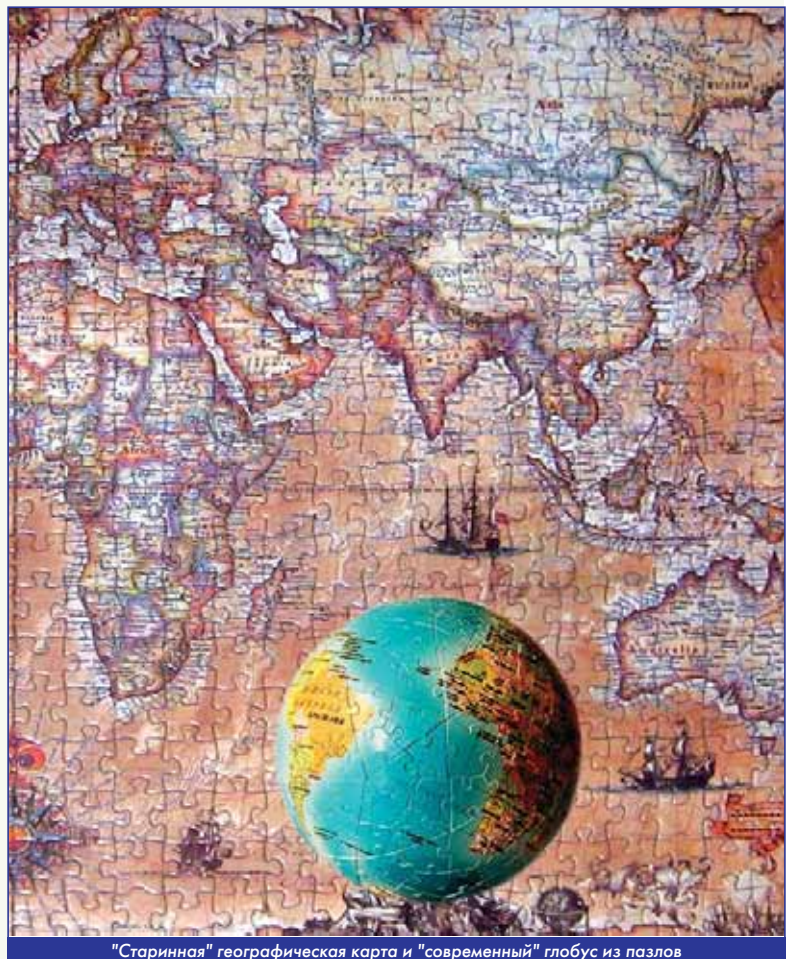
*Ключевые слова: пазл-методология, системно связанное соответствие, инструменты наблюдения состояний, междисциплинарные знания, технологическое лидерство, импортонезависимость, конкурентоспособность, устойчивое развитие.*

## ИСТОРИЯ ИДЕИ СИСТЕМНОГО СООТВЕТВИЯ

В стремлении расширить известность, привлечь интерес, обеспечить распространяемость и доступность географических карт, гениально простая, но удивительно благодатная идея осенила в 1761 году британца Джона Спилсбери. Если произвести **декомпозицию** любой карты в виде фигурно разрезанного множества неповторяющихся причудливой формы фрагментов - **пазлов**, то каждый из них, являясь фрагментом исходной карты, содержит некоторый оригинальный объем локальной географической информации о ландшафте, границах, расположении, связях природных и антропогенных объектов и т.п.

По задумке автора идеи, **реконструкция** исходной карты потребует определенной интеллектуально-аналитическое напряжение для воскрешения из памяти достаточно полной **многопараметрической информации**, что, само по себе, позволяет человеку закреплять свои знания. Дж. Спилсбери поставлена и элегантно решена **технологическая задача** однозначного воспроизведения из множества фрагментов (неповторяющихся пазлов) исходных полотен географических карт, исходно наклеиваемых на тонкие панели из древесины ценных пород. Позже новацию стали использовать и для системного изучения других предметов, в частности, сохранились пазлы из хронологической таблицы с датами правления английских королей, изображения исторических сражений и даже библейских событий.

В наши дни выпускают трехмерные пазлы, голографические и фотопазлы, проводятся чемпионаты по собиранию пазлов, устраиваются онлайн-соревнования. Даже существует специальный приз - международная премия имени Спилсбери, которую вручают людям, внесшим значимый вклад в развитие популярности головоломок. Эту премию в 2007 году получила американка Энн Уильямс за написанные ею две книги по истории пазлов и некоторые статьи об интеллектуальном тренинге и его влиянии на умственные способности и массовую культуру.



"Старинная" географическая карта и "современный" глобус из пазлов

**СЕМАНТИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПОНЯТИЯ "PUZZLE"**

Слово "пазл" происходит от английского **puzzle** и означает "загадка, вопрос, проблема, задача", а в англоязычном понимании - "головоломка, затруднение". Кстати, британские ученые утверждают - во время сбора пазлов идет активная мозговая деятельность, и сжигаются калории - полторы за каждую минуту. Они развивают мышление, внимание, помогают установить связь между частью и целым.

Пазлы - не просто красивая мозаика, это целое направление в области развивающих игр и занятий, но иногда - это настоящее искусство. Научно доказано, что они развивают яркий интеллект, логическое мышление, тренируют воображение, пространственное восприятие, память, усидчивость, терпение, концентрацию внимания, моторику, скорость координации движения, гибкость в решении проблем.

Сенсорика игры в пазлы способствует развитию образного и логического мышления, произвольного внимания, восприятия, в частности, различению отдельных элементов по цвету, форме, размеру, рисунку, содержанию и т.д.; учит правильно воспринимать связь между частями и целым; учит видеть большое в малом, развивает мелкую моторику рук и тренирует наблюдательность.

Приведенный аналитический подход подтверждается семантикой словосочетаний с использованием термина "пазл": *mathematical puzzle* - математическая головоломка; *puzzle problem* - трудная задача; *to beat puzzle / rack one's brains* - ломать голову (над чем-либо); *he was puzzled how to act* - он не знал, как поступить; *what puzzles me is* - меня озадачивает; *this question puzzles me* - этот вопрос ставит меня в тупик; *has puzzled investigators* - озадачить исследователей; *puzzle out* - разгадывать, разбираться; *to puzzle* - усложнять, запутывать.

Пазл как онлайн процесс в сфере жизнедеятельности человека реально развивает интеллект, тренирует мозг, улучшает память, внимание, воображение, гибкость. Позволяет улучшить аспекты тренировки памяти: вспоминать местонахождение объектов, познать новое быстро и безошибочно, держать в уме несколько идей одновременно, запоминать имена с первого знакомства; **внимания**: удерживать в фокусе необходимые задачи весь день, концентрироваться во время изучения нового, улучшить продуктивность и точность в работе и дома, предотвращать отвлечение внимания; **скорости мышления**: адаптация к изменениям окружающей среды, быстрое принятие решений в ситуациях, критичных ко времени, улучшение реакции, ускорение когнитивных процессов; **гибкости**: выйти за пределы привычных способов мышления, эффективная многозадачность - МультиТаскинг, способности ясно выражаться и избегать ошибок; искусства **решения проблем**: проводить анализ сложных проблем, определять лучшее направление для действий, решать (вычислять) в уме, быстро и точно оценивать и прогнозировать ситуацию.

В порядке обобщения можно утверждать, что пазл-идея является первым практическим коммерческим применением метода многопараметрического соответствия внутри многомерной структуры. Таким образом, **пазловая философия сама по себе может быть интеллектуальным системным инструментом при решении научно-технологических проблем в сфере жизнедеятельности Человека** и устойчивого развития Общества.

**СИСТЕМНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ НОВЫХ ЗНАНИЙ**

Ретроспектива кажущегося прикладным аспекта обозначения (семантики) понятия "puzzle" через терминологию демонстрирует признаки (семиотику) знаний о частном в качестве возможностей фундаментального обобщения правильно соотносящихся с реальным миром утверждений **теории систем**.

Согласно Альфреду Коржибски, "основной задачей общей семантики следует считать развитие в людях качества, названного им "осознание абстрагирования", то есть, для нашего случая с пазлами, сознание соотношения карты и территории и того, в какой значительной мере реальность отбрасывается используемыми репрезентациями". С философской точки зрения, "общая семантика

может рассматриваться как прикладной концептуализм, акцентирующий внимание на том, насколько человеческий опыт фильтруется посредством сенсорных систем, нервной системы и лингвистических конструкций человека".

Ведущий принцип семантики применительно к географическим картам можно выразить так: "карта не есть территория, модель мира не есть сам мир, но карта информационно и структурно-функционально подобна территории, и в этом её польза; мир не есть описанное явление". Общую семантику можно описать как учение о том, как человек воспринимает, создаёт, оценивает и передаёт через речь свой жизненный новационный опыт. Одним из лучших по содержательной глубине определением значения новаций представляется следующее: "Технологическое лидерство обеспечивается симбиозом мозаики (фрагментов знаний - множества пазлов) имеющих в нашем распоряжении необъятных **знаний прошлого** и **головолomных междисциплинарных проблем недостижимого горизонта рациональных решений будущего**".

Частное приложение идеи Дж.Спилсбери, опирающееся на процедуру технологически мотивированной декомпозиции объекта (или системы) для последующей **синтетической реконструкции** (интеграции) на основе многопараметрического системного соответствия элементов (пазлов) интегрированной системы с целью получения новых потребительских качеств, может рассматриваться как **универсальный методический прием и один из фундаментальных принципов всеобщей теории систем**.

Креативный процесс воспроизведения неограниченной мерности ранжированных свойств имеющихся в распоряжении элементов (пазлов) интегрируемого образа создаваемого объекта, независимо от его виртуально-физического статуса, функционального предназначения и научно-технического уровня сложности, несет в себе некую **интеллектуально завершенную синергию многопредметности (междисциплинарности)** фундаментальных и прикладных знаний.

**ФИЛОСОФИЯ ИДЕИ СИСТЕМНОГО СООТВЕТСТВИЯ**

Исходная "пазловая" новация Дж. Спилсбери 1761 года может быть сформулирована в интеллектуальной информационной системе "действие - характеристика - задача - мотивация - способ - цель - новация" следующим образом: **Разрезание географических карт на множество разных по форме, размеру и содержанию фрагментов (пазлов) для последующего их однозначного воссоединения в единую картину и достижения технологической цели на основе попарного соответствия смежных фрагментов с целью восстановления функционального назначения, реализации коммерческого интереса и расширения географии применения**:

puzzle	Технологическая идея Джона Спилсбери, 1761 год					
Разрезание географических карт	на множество разных по форме и размеру фрагментов	для последующего их воссоединения в единую картину	и достижения технологической цели	на основе попарного соответствия формы и содержания	для восстановления функционального назначения	с расширением географии применения
действие	характеристика	задача	мотивация	способ	цель	новация
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

На основе инновации Дж. Спилсбери развлекательная "пазловая" функция коммерциализируется уже третье столетие и может быть сформулирована в системе "задача - характеристика - объект - способ - цель - инновация - стратегия" следующим образом: **Скрупулезно собранное воедино множество связанных фрагментов (пазлов) созданного целого (от географических карт до художественных исторических полотен) путем контурного сопряжения для создания художественного образа, впечатляющего своей новизной и возможностью многогранного креативного развития**:

puzzle	Развлекательная идея от Джона Спилсбери					
Скрупулезно собранное воедино	связанное множество	фрагментов созданного целого	путем контурного сопряжения	для создания художественных образов	пробуждающих интерес к новым знаниям	и возможностью креативного развития
задача	характеристика	объект	способ	цель	инновация	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

Аналогично сопряженным точкам зрения выдающихся механиков Лагранжа и Коши на причинно-следственные связи в механике упругих систем, пазловая задача Дж. Спилсбери обосновала мотив декомпозиции объекта (географической карты) на информационно самодостаточные неповторяющиеся фрагменты (пазлы). Решение прямой задачи происходит от исходного действия в виде мотивированной декомпозиции карты в качестве причины последующего результирующего действия в виде реконструкции исходной (заданной) композиции из ранее полученных пазлов, являющегося следствием. Причинно-следственная связь реализована, цель достигнута: новация успешно коммерциализируется уже третий век.

Более актуальным и универсальным в смысле множественности приложений представляется решение обратной задачи, когда неопределенное множество имеющихся в распоряжении человека знаний в виде фрагментарных междисциплинарных новаций можно использовать с целью решения глобальной технологической проблемы общества, не решенной более трех веков. Речь идет о проблеме техногенно-технологической безопасности при эксплуатации механических объектов и природно-технических систем, которая ежегодно усугубляется огромными материально-финансовыми, людскими и экологическими потерями от технологических аварий, природных (ПК) и техногенных катастроф (ТК).

**АКТУАЛЬНОСТЬ ИДЕИ СИСТЕМНОГО СООТВЕТСТВИЯ**

В XXI веке глобальная технологическая проблема общества прогрессирует. Общий ущерб от чрезвычайных ситуаций (ЧС) в 2001 г. составил \$144,4 млн, мировые экономические потери от ПК и ТК в 2009 г. составили \$63 млрд, а в 2010 г. - \$222 млрд при количестве погибших более 260 тыс. человек. Доля ТК составляет примерно 35 % от числа ПК или 25 % от общего числа ЧС. Потери только японской экономики от ПК и ТК в текущем столетии оцениваются в \$1 трлн.

По аналитическим прогнозам МЧС, рост негативного влияния ТК на природу и население приведет к затратам от 1,5 до 4,5 % ВВП, что превышает расходы на здравоохранение и охрану окружающей среды. К примеру, аварии на трубопроводах, загрязняя значительные территории, несут потери от 7 до 20 % транспортируемой нефти в объеме от 10 до 68 млн тонн.

ТК занимают одно из ведущих мест по количеству человеческих жертв и представляют наибольшую экологическую опасность. По статистике международного Center for Research on the Epidemiology of Dusters (CRED), основную часть ТК составляют "индустриальные" и "транспортные". С 1901 по 2007 годы произошло 1125 индустриально-технологических ТК, от которых пострадали 4,5 млн человек, 49 тыс. погибли, а общий ущерб составил \$225 млрд. От 4102 транспортных ТК пострадали 304 тыс. человек, погибли 194,4 тыс. человек, а прямой ущерб составил \$58 млрд. От 1085 прочих ЧС пострадали 3,1 млн человек, погибли 59 тыс. человек, а ущерб составил \$4,2 млрд.

Из приведенного анализа следует, что невозможно добиться экономического роста и устойчивого развития без эффективных мер по сокращению ЧС, обусловленных антропогенной деятельностью человека. **Задача решения проблемы техногенно-технологической безопасности системно-многопараметрическая, в которой "пазлы новаций" должны быть филигранно интегрированы в креативные прорывные решения, образующие стройную линейку эффективных инструментальных средств наблюдения текущих гомеостатических состояний** (квантово-волновой мониторинг текущих эксплуатационных состояний - траекторная векторно-фазовая реконструкция измерений - многопараметрический модельный анализ гомеостаза - экспертиза ресурсного тренда - киберуправление безопасной эксплуатацией). Это позволит реализовать непрерывный прогноз аварийных состояний механических объектов и систем, своевременное предупреждение и предотвращение критических состояний и ЧС.

**ПАЗЛ-ИДЕЯ ПОЛНОГО СИСТЕМНО СВЯЗАННОГО СООТВЕТСТВИЯ**

Идея полного информационного соответствия формы и содержания комплекта пазлов их синтезируемому источнику представляется универсальной и системно-перспективной в научном и прикладном планах. Современное научное осмысление "пазловой" новации в области экотехнологической безопасности может быть сформулировано следующим образом: **Системно связанное множество**<sup>1)</sup>-объекты **фрагментов познанного Человеком**<sup>2)</sup>-содержание, **скрупулезно собираемое воедино**<sup>3)</sup>-задача **для решения прикладных задач**<sup>4)</sup>-цель и мотивация **в виде опережающих технологических решений**<sup>5)</sup>-форма и уровень, **образующих новые креативные знания**<sup>6)</sup>-новация **с новым уровнем возможностей решения глобальных проблем общества**<sup>7)</sup>инновация-техуклад.

$\rho$ - puzzle	Философская трансформация пазл-идеи полного системного соответствия					
Системно связанное множество	фрагментов познанного Человеком	скрупулезно собираемое воедино	для решения прикладных задач	в виде опережающих технологий	образующих новые креативные знания	с новым уровнем возможностей
объекты развития	интеллектуальный ресурс	технологическая задача	цель и мотивация	форма и уровень	качество новации	инновация и техуклад
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

Ниже представлены прикладные интерпретации **Пазл - философии системного соответствия** в системе "объект - содержание - задача - цель - научный уровень - тактика - стратегия" для задач экотехнологического мониторинга с целью предупреждения и предотвращения ЧС, ТК и ПК:

1. Информационная интерпретация может быть сформулирована следующим образом: **Связанное множество решений ("пазлов") на основе фундаментальных знаний креативно и системно интегрируемых для IT-систем безопасной эксплуатации в прорывные интеллектуальные решения VI технологического уклада, импорто-независимости и устойчивого развития**

$\rho$ - puzzle	Информационная интерпретация пазл-философии системного соответствия					
Связанное множество решений	на основе фундаментальных знаний	креативно и системно интегрируемых	для IT-систем безопасной эксплуатации	в прорывные интеллектуальные решения	VI технологического уклада	импорто-независимости и устойчивого развития
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

2. Метрологическая интерпретация может быть сформулирована следующим образом: **3D-приемники IT-связанных компонентов ("пазлы") измеряемых волновых параметров векторно-фазовой 4D-реконструкции траекторных эллиптических годографов волнового мониторинга состояний (ВМС) квантово-волновыми методами и средствами для систем динамической интроскопии реального времени.**

$\rho$ - puzzle	Метрологическая интерпретация пазл-философии системного соответствия					
3D-приемники IT-связанных компонентов	изменяемых волновых параметров	и векторно-фазовой 4D-реконструкции	траекторных эллиптических годографов	волнового мониторинга состояний (ВМС)	квантово-волновыми методами	для систем динамической интроскопии
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

3. Гомеостатическая интерпретация может быть сформулирована следующим образом: **IT- множество физических измерений волновых диагностических параметров напряженно-деформированных состояний и реконструкции гомеостатических H-портретов для диагностики текущих эксплуатационных состояний методами акустической 3D-локации и раннего обнаружения дефектов:**

$\rho$ - puzzle	Гомеостатическая интерпретация пазл-философии системного соответствия					
IT- множество физических измерений	волновых диагностических параметров	напряженно-деформированных состояний	реконструкции гомеостатических портретов	для диагностики эксплуатационных состояний	методами акустической 3D-локации	и ранней диагностики дефектообразования
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

4. Ресурсная интерпретация может быть сформулирована следующим образом: **Ресурсная модель гомеостаза текущих эксплу-**

тационных состояний и оценки остаточного ресурса для принятия эффективных управленческих решений надежной и безопасной эксплуатации, предотвращения аварийных ситуаций и техногенно-технологических катастроф:

$\rho$ - puzzle	Ресурсная интерпретация пазл-философии системного соответствия					
Ресурсная модель гомеостаза	текущих эксплуатационных состояний	и оценки остаточного ресурса	для принятия управленческих решений	надежной и безопасной эксплуатации	предотвращения аварийных ситуаций	и техногенно-технологических катастроф
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

5. Прогнозная интерпретация может быть сформулирована следующим образом: **Трендовая система наблюдения непрерывной экспертизы техногенеза и оценки рисков принятия решений в обеспечение безопасной эксплуатации методами встроенного моделирования в системах диагностики и прогностики интеллектуального киберуправления эксплуатацией.**

$\rho$ - puzzle	Прогнозная интерпретация пазл-философии системного соответствия					
Трендовая система наблюдения	непрерывной экспертизы техногенеза	и оценки рисков принятия решений	в обеспечение безопасной эксплуатации	методами встроенного моделирования	в системах диагностики и прогностики	интеллектуального киберуправления эксплуатацией
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

6. Оборонная интерпретации может быть сформулирована следующим образом: **Непрерывная модельная экспертиза разработки, создания и эксплуатации объектов новой техники (ОНТ) обеспечивает соответствие заданным тактико-техническим характеристикам (ТТХ) надежности, боеготовности и боеспособности методами адаптивного киберинтеллекта на всех этапах жизненного цикла для устойчивого превосходства, импортонезависимости и технологического лидерства.**

$\rho$ - puzzle	Оборонная интерпретация пазл-философии системного соответствия					
Непрерывная модельная экспертиза	разработки, создания и эксплуатации ОНТ	обеспечивает соответствие заданным ТТХ	надежности, боеготовности и боеспособности	методами адаптивного киберинтеллекта	на всех этапах жизненного цикла	для устойчивого технологического лидерства
объект	содержание	задача	цель	научный уровень	тактика	стратегия
1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)

Шесть системно интегрированных приложений Пазл-философии соответствия образуют новый информационно-метрологический уклад VI технологического уровня.

### МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ РОЛЬ ПАЗЛ-МЕТОДОЛОГИИ

Рассмотренная выше пазл-методология, опирающаяся на процедуру технологически мотивированной декомпозиции с последующим синтезом фрагментов, может быть положена в основу системной интеграции междисциплинарных знаний для создания опережающих решений новых технологических укладов, прорывных и креативных.

В отличие от прикладной реализации Дж. Спилсбери, роль географической карты выполняют прорывные междисциплинарные знания разработчиков заданного научно-технического уровня в технологической сфере тактических и стратегических интересов Общества, являющегося заказчиком (потребителем) этих знаний. Роль пазлов должны выполнить опережающие фундаментальные и прикладные научно-технологические решения исследователей, реализация которых по форме и содержанию соответствует требованиям разработчиков или превосходит их. Это превосходство, соотношенное с мировым научно-технологическим уровнем, как минимум, определяет импортонезависимость, а, как максимум, обеспечивает отрыв или технологическое лидерство.

Важнейшими условиями успешной реализации пазл-идеи полного системно связанного соответствия являются: а) - достоверные измерения достаточной LT-мерности наблюдаемых диагностических параметров, б) - адекватность анализа измерений физическим законам наблюдаемого природного синтеза, в) - адекватность проектных, текущих и критических динамических моделей объекта гоме-

остазу наблюдаемых процессов, режимов и состояний.

Новые виды и типы сверхчувствительных LT-сенсоров со встроенными процессорами, основанные на пока мало известных научной общественности квантово-волновых явлениях и принципах, станут незаметными, т.е. возрастут в ткань повседневной жизни всего нашего мира, научатся обнаруживать и различать потенциальные патологии техно- и биосферы, пока ситуация не вышла из-под контроля, на ранних стадиях их зарождения предотвратив человека о возможных опасностях. В целом, пазл-идея полного системно связанного соответствия в информационной, метрологической, гомеостатической, ресурсной, прогнозной и оборонной интерпретациях подробно раскрыты в системе "объект - содержание - задача - цель - научный уровень - тактика - стратегия" в представленных выше таблицах.

Междисциплинарность и универсальность пазл-методологии обеспечивает межвидовость приложений с самым высоким уровнем LT-адекватности динамике наблюдаемых объектов.

### ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПАЗЛ-МЕТОДОЛОГИИ

Задача внедрения пазл-методологии в существенном повышении надежности и безопасности (и, следовательно, конкурентоспособности) антропогенных объектов во всех инженерно-технических областях жизнедеятельности человека: общее и тяжелое машиностроение, авиационно-космическая техника и вооружения; морской, железнодорожный, автомобильный транспорт и бронетехника; тепловая, атомная и гидроэнергетика, добыча и транспортировка топлива; промышленное, гражданское и военное строительство; геосейсмогидродинамика, акустика аэроупругих и иных физических сред, информационные технологии безопасности и оптимального управления; техническое регулирование, метрология и сертификация; конструкционное материаловедение заданных и управляемых свойств, обработка материалов, техническая диагностика и дефектоскопия, механическая локация, квантово-волновой мониторинг, инструменты фундаментальных и прикладных междисциплинарных научных исследований и межвидовых испытаний, гомеостатическая реконструкция состояний, интеллектуальная экспертиза техногенеза, модельное проектирование, оценка и адаптивное кибернетическое управление научно-техническим уровнем объектов новой техники и соответствием тактико-техническим характеристикам.

Применительно к гражданским объектам новой техники инструментом обеспечения надежности и безопасности эксплуатации являются мониторинг и диагностика состояний в реальном времени, а применительно к вооружениям инструментом обеспечения боеготовности и боеспособности является непрерывная экспертиза соответствия ТТХ. Надежная исправная эксплуатация вооружения является ключевым фактором решения проблемы боеготовности, обеспечивая непрерывное соответствие ТТХ и подавляющее превосходство в боеспособности. На рис. 1 представлено тождественное соответствие инструментов наблюдения состояний в инженерной тактике и оборонной стратегии. Важно отметить функциональное соответствие на верхнем уровне и полное тождественное



Рис. 1 Инженерная тактика и оборонная стратегия наблюдений

целевое соответствие нижнего уровня. Из структурного соответствия следует, что боеготовность и боеспособность вооружений в своей первооснове инструментально обеспечиваются методами мониторинга и диагностики состояний.

Экспертиза соответствия (ЭС) ТТХ как научно обоснованный модельный метод и информационная технология высокого уровня может быть эффективно реализована только в полном жизненном цикле, начиная с постановки научно-технической задачи путем формирования обоснования Технических требований и согласованного Технического задания на разработку образца новой техники. Выполнению ТТХ посвящены этапы создания проектной модели, конструирования и технологической подготовки производства экспериментального образца. Соответствие ТТХ обеспечивается на этапах изготовления, испытаний, доводки и сертификации образца в соответствии с действующими регламентами. Центральную роль метод ЭС ТТХ играет на этапе научного сопровождения эксплуатации серийных изделий созданного и сданного на вооружения вида (рис. 2).



Рис. 2 Замкнутый цикл экспертизы соответствия ТТХ

Экспертиза соответствия ТТХ реализуется в виде универсального комплекса междисциплинарных задач достоверного наблюдения и контроля текущих эксплуатационных состояний силовых агрегатов и конструкций полного спектра видов вооружений, адекватной природному синтезу виртуальной реконструкции гомеостаза процессов, режимов и состояний, системной диагностической экспертизы трендов их отклонений от заданных ТТХ и кибернетической оптимизации управления рисками принятия решений в процессе выполнения боевых задач. Первый кластер комплекса ЭС ТТХ успешно реализуется в приложениях путем интеграции опережающих технологических решений Волновой информационной технологий (ВИТ). Второй кластер комплекса ЭС ТТХ разработан структурно с опорой на методы проектного моделирования, динамического прогноза гомеостаза, интеллектуальных регламентов принятия решений и предназначен для управления соответствием ТТХ путем интеграции опережающих технологических решений Гомеостатического анализа состояний (ГАС). Реализация второго кластера комп-

лекса ЭС ТТХ является началом перехода от экспертизы к поддержанию соответствия путем адаптивного управления ТТХ (рис. 3).



Рис. 3 Переход от экспертизы к поддержанию соответствия ТТХ

Предложен принципиально новый системный взгляд на обеспечение технологического лидерства через формирование при создании и поддержание в процессе эксплуатации тактико-технических характеристик механических объектов и систем. Задача амбициозная, но в случае её реализации может стать существенным технологическим прорывом.

**ОЖИДАЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ**

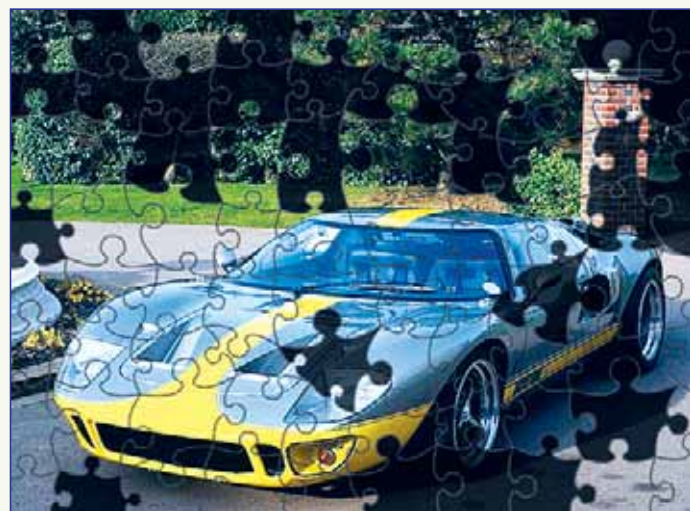
Тактическим уровнем научно-технического результата (НТР) ожидается создание интеллектуальных (модельных) экспертных систем реального времени встроенного наблюдения режимов, процессов и состояний для объективной оценки текущего соответствия ТТХ и непрерывного техногенеза (прогноза гомеостаза) объектов высокой техногенной опасности.

Целевым стратегическим уровнем НТР кластера планируется разработка технологии распределенного сетецентрического интеллекта системного наблюдения и управления с помощью встроенных микромоделирующих комплексов (ВММК) поддержки заданного научно-технического уровня (НТУ) механических систем на основе квантово-волновых методов и моделей адаптивного кибернетического управления НТУ ОНТ.

Понимаемым горизонтом НТР кластера являются наукоемкие возможности создания сложных адаптивных систем по технологии модельного проектирования этапов жизненного цикла (ЭЖЦ) на основе системных подходов, методов и кибернетических моделей наблюдения, а также интеллектуального управления соответствием ТТХ.

Дальней технологической перспективой видится распространение волновых технологии сетецентрического интеллекта за пределы механических систем, в смежные области электромагнитных и энергоинформационных полей.

Связь с автором: [vibro-vector@yandex.ru](mailto:vibro-vector@yandex.ru)





При поддержке  
Департамента науки,  
промышленной политики  
и предпринимательства  
города Москвы

# XIX 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
- Презентация высокотехнологичных проектов
- Конкурсная программа



29 марта - 1 апреля 2016г. Москва, Россия, КВЦ «Сокольники», павильон №4

Организаторы Салона:  
Международный инновационный  
клуб «Архимед»,  
ООО «ИнновЭкспо»

Заявки на участие в XIX Московском международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед - 2016» принимаются до 20 февраля 2016 года по адресу:

105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В, ООО «ИнновЭкспо».  
[www.archimedes.ru](http://www.archimedes.ru), [www.innovexpo.ru](http://www.innovexpo.ru),  
e-mail: [mail@archimedes.ru](mailto:mail@archimedes.ru), [mail@innovexpo.ru](mailto:mail@innovexpo.ru)  
Телефон / факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44



# ТРИДЦАТЬ ТРИ ГОДА В РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ: УСПЕХИ, РАЗНОГЛАСИЯ, КОНФЛИКТЫ

Вячеслав Фёдорович Рахманин,  
Лауреат Государственной премии СССР, к.т.н.

(Продолжение. Начало в 4-6 - 2015, 1-2016)

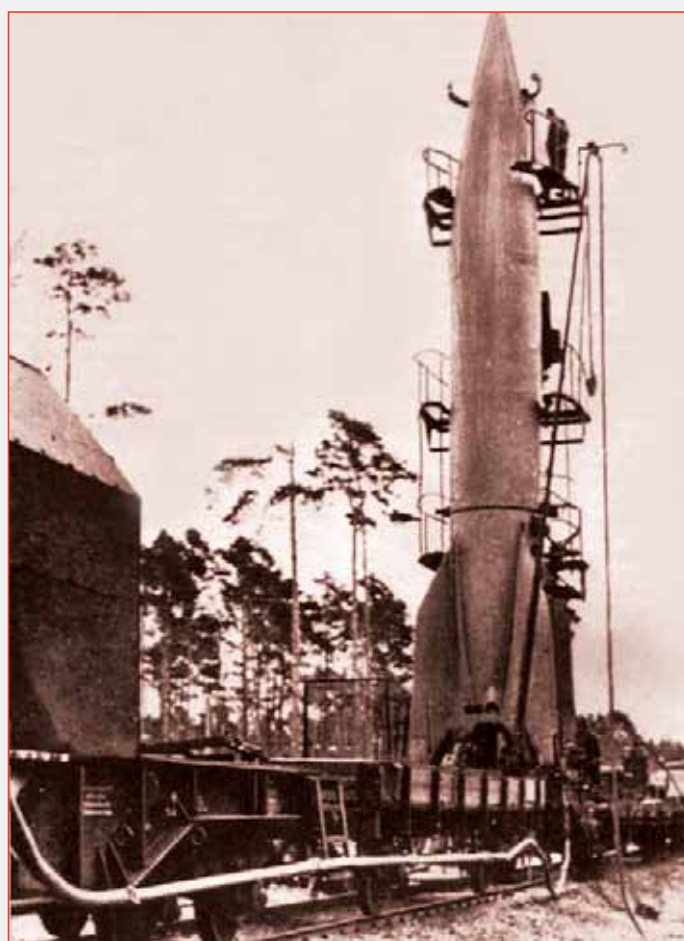
## ИЗУЧЕНИЕ НЕМЕЦКОЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕЁ ВОСПРОИЗВОДСТВА В СССР

Начало изучению конструкции немецких боевых ракет дальнего действия А-4, получивших пропагандистское название Фау-2 (от немецкого слова Vergeltungswaffe - оружие возмездия), положило обращение 13.07.44 г. британского премьер-министра У. Черчилля к И.В. Сталину с просьбой собрать упавшие части немецкой ракеты в Польше, где находился испытательный ракетный полигон и передать их представителям британской армии для изучения. В британских сводках военных действий сообщалось о нанесении ударов немецкими ракетами дальнего действия (в начальный период войны это были реактивные самолёты-снаряды Фау-1, с марта 1944 г. начался обстрел ракетами Фау-2) по Лондону, но в СССР эти сообщения какого-либо интереса не вызывали. Однако после обращения Черчилля Сталин дал указание организовать поиски остатков упавших при неудачных стартах ракет и после обследования передать их союзникам. Одновременно был дан приказ нашим наступающим войскам обращать внимание на трофейное ракетное вооружение и передавать его спецгруппам.

Первая такая спецгруппа Наркомата авиапрома в составе директора НИИ-1 П.И. Фёдорова и сотрудников института Ю.А. Победоносцева, М.К. Тихонравова, Н.Г. Чернышёва и др. 5.08.44 г. была направлена на территорию Польши, где были обнаружены фрагменты упавших в болота ракет А-4. Их вывезли в НИИ-1 и под большим секретом ограниченный коллектив научных сотрудников авиапромышленности под руководством В.Ф. Болховитинова изучал разрозненные фрагменты ранее неизвестной у нас конструкции. Собранные фрагменты ракеты А-4 даже в разрушенном в результате падения состоянии произвели на наших специалистов шокирующее впечатление. По свидетельству Б.Е. Чертока ("Ракеты и люди", М. Машиностроение, 1994 г.)



Место падения Фау-2



Подготовка Фау-2 к пуску с железнодорожной платформы

склонный к афоризмам Болховитинов так охарактеризовал творение немецких конструкторов: "Это то, чего не может быть!". Не проводя подробного сравнения с разработками ракетной техники наших конструкторов в те годы, отметим отличие только по одной характеристике: тяга немецкого двигателя составляла 25 тс, а тяга самого крупного из отечественных ракетных двигателей того времени не превышала 1,5 тс.

Следующую попытку заполучить новые сведения о немецком секретном оружии предприняли в феврале 1945 г. Она окончилась трагически: самолёт с группой инженеров, во главе с П.И. Фёдоровым, попал в полосу тумана, лётчик потерял ориентировку и самолёт разбился в районе Киева.

К сбору информации о немецком военном вооружении подк-





Панорама подземного завода "Миттельверке" в районе г. Нордхаузен

лючили военные. Для сбора и изучения трофейного вооружения были организованы три группы: генерала Л.М. Гайдукова для работы в районе Берлина, генерала А.Ф. Тверецкого - в Тюрингии и генерала А.И. Соколова - в районе Пенемюнде. Одновременно начались формирования поисковых групп из работников промышленных Наркоматов. Первая группа советских специалистов была сформирована Наркоматом авиапрома на базе сотрудников НИИ-1. В неё вошли Ю.А. Победоносцев, М.К. Тихонравов, А.М. Исаев, Б.Е. Черток, А.В. Палло и др. Эта группа в двадцатых числах апреля была направлена в Германию и уже в первой половине мая посетила Пенемюнде. Немецких специалистов там практически не было, стенды и другое оборудование были основательно разрушены, но и руины поражали своими размерами. Осмотр этого ракетного центра показал фактический размах работ по ракетной технике, которые намного превосходили даже самые смелые представления наших ведущих специалистов.

Но не только советские специалисты проявляли интерес к трофейной ракетной технике. Активно и, надо признать, с большей эффективностью, этой же деятельностью занимались представители американской армии. В результате стремительного наступления, практически не испытывая сопротивления со стороны немецких войск, американцы оккупировали южную часть Тюрингии, где в окрестностях городов Нордхаузен, Леестен и ряда других располагались основные заводы по производству ракет А-4. Туда же, избегая пленения советскими войсками, бежала из Пенемюнде основная часть инженеров КБ во главе с генералом В. Дорнбергером и техническим руководителем работ по созданию ракеты А-4 Вернером фон Брауном. 2 мая 1945 года они сдались "на милость победителей" наступающим американским войскам. "Милость" тут же была оказана. Учитывая, что по решению Ялтинской конференции территория Тюрингии после капитуляции Германии входила в советскую оккупационную зону, американцы собрали все имеющиеся на заводах готовые ракеты А-4, около 100 экземпляров, а также не окончательно изготовленные узлы и агрегаты и вывезли в свою зону оккупации. Что невозможно было вывезти, привели в негодность. В течение последующих двух месяцев всю собранную материальную часть перевезли в США, туда же депортировали и инженерный состав КБ, всего более 450 человек. Вместе с ними были вывезены и перспективные проекты богатейшего задела немецкой ракетной техники. Приведу только перечень наименований некоторых проектов: раке-



Подготовка немецкой ракеты Фау-2 к испытательному пуску в районе Альтенвальде

та А-5 - уменьшенный вариант А-4; ракеты А-6 и А-8 - варианты А-4 с использованием высококипящего топлива на основе азотной кислоты; А-7 - крылатый вариант ракеты А-5; ракета А-9 - крылатый вариант А-4. Ряд этих разработок завершала двухступенчатая ракета А-9/А-10 с расчётной дальностью полёта более 5000 км.

Проявляла интерес к немецким разработкам ракетной техники и французская сторона. Её спецподразделения тоже собирали образцы ракетной техники, оборудование, техническую документацию, выявляли специалистов-ракетчиков. Из заметных немецких специалистов к французам перешёл Рольф Энгель, отказавшийся сотрудничать с американцами, позднее к нему присоединились Ойген Зенгер и Хельмут фон Зборовски.

А вот у Великобритании, единственной стране, пострадавшей от немецких боевых ракет дальнего действия, интерес к этому вооружению ограничился проведением осенью 1945 г. силами немецкой пусковой команды демонстрационных пусков ракет А-4 в акваторию Северного моря.

С советской стороны начавшиеся в какой-то мере стихийно процессы изучения немецкой военной техники после окончания войны получили чётко очерченные рамки: 31 мая 1945 г. вышло Постановление ГКО "О проведении работ по выявлению и вывозу заводского и лабораторного оборудования, чертежей и опытных образцов немецких реактивных снарядов". С этого момента изучением и сбором немецкого вооружения занимались члены Правительственной комиссии, возглавляемой Наркомом вооружения Д.Ф. Устиновым и начальником ГАУ Красной Армии маршалом артиллерии Н.Д. Яковлевым. В составе этой комиссии в советской оккупационной зоне в 1945-1946 гг. работало несколько сот специалистов из практически всех отраслей промышленности СССР. По заданиям своих Наркоматов они готовили для отправки в СССР экземпляры трофейного вооружения или его агрегатов, имеющие техническую новизну, а также заводское оборудование взамен утраченного в результате военных действий на территории нашей страны.



Д.Ф. Устинов



Н.Д. Яковлев

В особом положении оказались специалисты, изучающие немецкую ракетную технику. Поскольку жидкостные ракеты в СССР не производились, то эта техника не имела закрепления ни за одним из Наркоматов и изучающие её оказались в некотором роде без конкретных заданий. В этой ситуации наши специалисты, изучающие ракетную технику, проявили инициативу и в отличие от американцев и представителей других Наркоматов, решили изучать и осваивать изготовление ракет в местах их производства, т.е. в Германии, используя сохранившееся заводское оборудование, специальную технологическую оснастку и, по возможности, опыт оставшихся немецких инженеров и рабочих.

В середине июля 1945 г. были установлены согласованные границы оккупационных зон и наши специалисты немедленно прибыли в Тюрингию, в город Нордхаузен с целью организации работ по изучению конструкции и восстановлению технологии изготовления ракет А-4. Б.Е. Черток и А.М. Исаев в инициативном порядке организовали институт "Рабе" - "Ракетенбау" ("Строительство ракет"). Поначалу в его составе были Исаев, Черток и 12 немецких инженеров. Но зарплата и продуктовые пайки сделали своё дело в голодной Германии 1945 года. "Рабе" быстро разросся благодаря наличию тех немецких специалистов, кого не увезли в свою зону американцы. Правда, квалификация этих специали-



Институт "Рабе" - "Ракетенбау" (фото В.П. Глушко)

тов оставляла желать лучшего. Из кадров Пенамюнде не было никого, за исключением ведущего специалиста в области системы управления Гельмута Греттруппа, который сбежал из американской зоны, т.к. его жена не пожелала выехать в США.

Обособленность работ по изучению ракетной техники привела к тому, что в дополнение к имеющейся Правительственной комиссии 8 июля 1945 г. была организована Особая правительственная комиссия во главе с генералом Л.М. Гайдуковым, во время войны совмещавшим работу Заведующего одного из отделов в ЦК ВКП(б) с должностью Члена Военного совета Гвардейских миномётных частей. В состав этой комиссии был включён командированный в Германию по списку Наркомата авиапрома Глушко.

О работе Глушко во время командировки свидетельствует подводящая итоги его пребывания в Германии "Анкета аттестационной комиссии Управления Уполномоченного специального комитета при Совете Министров СССР", в которой приводятся сведения о занимаемых им должностях и служебная характеристика для направления его на работу в Министерство авиационной промышленности (изложено с сокращениями).

*"В.П. Глушко, главный конструктор завода № 16 Министерства авиационной промышленности, командирован в Германию, Австрию, Чехословакию Начальником тыла Красной Армии генералом армии Хрулёвым в звании инженер-полковника (на время работы в Германии).*

*С 27 июля 1945 г. по май 1946 г. - начальник отдела двигателей Комиссии генерала Гайдукова;*

*с 6 июня 1946 г. по 22 ноября 1946 г. - начальник отдела реактивных жидкостных двигателей Управления Уполномоченного специального комитета при СМ СССР в Германии.*

*Аттестуется за период с июля 1945 г. по 22 ноября 1946 г. В этот период работал по ракетной технике в Германии с большими перерывами. За время пребывания в Германии хорошо освоил работу и конструкцию двигателя ракеты А-4. Организовал и руководил работами по исследованию форсированного режима работы двигателя ракеты А-4.*

*Вывод: грамотный и квалифицированный конструктор и организатор. Рекомендуются Главным конструктором по жидкостным реактивным двигателям дальнобойных ракет.*

*Председатель аттестационной комиссии  
Генерал-майор Носовский.*

*Члены комиссии  
Полковник Победоносцев.  
Майор Карчевский".*

К изложенному в "Анкете" следует добавить, что Глушко во время пребывания в Германии руководил работой группы сотрудников казанского ОКБ-РД, командированных Наркоматом авиапрома для изучения немецкой ракетной техники. Председатель Правительственной комиссии в Германии Д.Ф. Устинов, оценивая в письме от 10 декабря 1946 г. к Л.П. Берии объём выполненных работ в институте "Нордхаузен", так охарактеризовал работу группы конструкторов ОКБ-РД: "В гор. Нордхаузен на заводе

"Монтания" восстановлены технологический процесс, приспособления и инструменты по производству двигателей для ракеты Фау-2, организованы сборка и испытания двигателей из немецких деталей, на основе чего проведена предварительная проверка созданной технологической документации". Следует добавить, что все работы проводились с участием привлечённых немецких специалистов. И хотя в их составе было 20 дипломированных инженеров и более 10 техников, по оценке Глушко "...среди них не было ни одного, кто бы играл заметную роль в разработке двигателя, привлечённые кадры к самостоятельной работе не пригодны".

Итоги работы группы двигателистов Глушко изложил в докладных записках председателю Особой правительственной комиссии в Германии Л.М. Гайдукову (23 ноября 1945 г.) и председателю Правительственной комиссии Д.Ф. Устинову (31 мая 1946 г.). В этих докладных записках Глушко изложил концепцию организации ракетного двигателестроения в СССР. В его представлении для промышленного производства мощных ЖРД в СССР должен быть создан специализированный завод с высококвалифицированным КБ, хорошо технологически оснащённое опытное производство, научно-исследовательские лаборатории и лётно-эксплуатационный отдел. Особо подчёркивается, что организационная форма научно-исследовательского института будет менее продуктивной. Для обеспечения слаженной работы всех служб предприятия во главе его должен быть один руководитель, совмещающий должности директора (начальника предприятия) и главного конструктора. В заключительной части Глушко, опираясь на свой 16-летний опыт конструирования ЖРД и глубокое изучение опыта создания двигателей в Германии, высказал мнение, что у него есть все основания предложить свою кандидатуру для организации и дальнейшего ведения работ по ЖРД в СССР и он готов представить материалы к проекту Постановления правительства по организации опытного завода для производства ЖРД.

Королёв в Германию выехал с некоторой задержкой. В июле 1945 г. он отказался от включения его в список командированных от казанского ОКБ-РД, т.к. нацелился на участие в празднике "День авиации" на аэродроме в Тушино в августе 1945 г. в качестве инженера-экспериментатора при демонстрационном полёте самолёта Пе-2Р с ракетным ускорителем. Но в том году праздник не состоялся и Королёву пришлось затратить немало усилий, чтобы ему присвоили звание "профсоюзного" подполковника и включили в число командированных по списку Отдела оборонной промышленности ЦК партии. Благодаря нахождению в этом списке, Королёв попал в ближайшее окружение председателя Особой правительственной комиссии в Германии генерала Л.М. Гайдукова и быстро адаптировался в среде руководящего состава комиссии. По поручениям председателя комиссии Королёв инспектировал работу групп советских инженеров, изучающих трофейную ракетную технику, проявлял интерес к проведению аналогичных работ у союзников. Такая форма работы способствовала расширению известности Королёва среди будущих разработчиков ракетной техники, но до признания его авторитетным специалистом время ещё не пришло.

В октябре 1945 г. британские оккупационные войска проводили близ Гамбурга показательные пуски ракет Фау-2 и пригласили в качестве зрителей советских представителей. В состав этой делегации были включены генерал А.И. Соколов, полковник Г.А. Тюлин и два "профсоюзных" полковника Ю.А. Победоносцев и В.П. Глушко. Королёв приложил много энергии и изворотливости, чтобы попасть в эту группу. Это ему удалось, но не в качестве члена делегации, а перевоплотившись на это время в водителя выделенного для делегации автомобиля (при этом пришлось на это время стать капитаном). При пусках Фау-2 присутствовала и американская делегация во главе с Теодором фон Карманом, разработчиком наряду с Р. Годдардом в 30-х годах ракетной техники в США.

Заметив повышенный интерес Королёва к технологии подготовки и осуществлению пуска ракет, Гайдуков назначил его руководителем группы "Выстрел", занимающейся сбором эксплуатационной документации. Но такая локализация деятельности, нару-

шившая широкие контакты с руководящим составом комиссии Гайдукова, не устроила Королёва, и он предложил Гайдукову объединить все работающие группы в единый комплекс, охватывающий изучение всех научно-технических вопросов по разработке и изготовлению ракет А-4.

Однако принятые в инициативном порядке методы изучения ракетной техники и подход к порученному делу вначале вызвал отрицательную реакцию в Москве. В руководящих кругах Наркоматов сложилось мнение, что члены Особой правительственной комиссии вместо отправки в СССР заводского оборудования восстанавливают немецкую промышленность и не желают возвращаться из благополучной Тюрингии в разорённый войной СССР. Для выяснения причин и контроля методов работы по изучению ракетного вооружения в Германию выезжали заместитель Наркома авиапрома М.М. Лукин и заместитель Наркома внутренних дел генерал-полковник И.А. Серов. Ознакомившись с положением дел, оба согласились с целесообразностью выбранного метода работы, но при этом рекомендовали получить одобрение такой работы от правительства СССР.

В феврале 1946 г. Л.М. Гайдуков был вызван в Москву для доклада секретарю ЦК партии Г.М. Маленкову о состоянии с изучением трофейной ракетной техники. Гайдуков взял с собой Королёва, который в развёрнутом докладе обосновал необходимость создания на территории Германии, лучше всего в районе города Нордхаузен, единого научно-производственного центра для комплексного изучения конструкции и технологии изготовления ракет дальнего действия А-4. Предложение нашло поддержку, и в соответствии с принятым правительственным решением в Германии был организован комплексный "Институт Нордхаузен", начальником института назначен генерал Гайдуков, его заместителем и главным инженером - Королёв, получивший воинское звание полковника и одновременно освобождённый от должности зам. Главного конструктора казанского ОКБ-РД. В новой должности Королёв успешно проявил свои организаторские способности в координации работ советских представителей промышленности и воинских подразделений, со многими из них у него сложились доброжелательные отношения.

Создание института "Нордхаузен" и входящих в него ряда заводов позволило скоординировать ранее разрозненную деятельность представителей разных Наркоматов, повысить уровень и качество проводимых работ, расширить сбор и комплектацию конструкторской и технологической документации, а также специальной оснастки и заводского оборудования. В этих работах активно участвовали советские специалисты, ставшие в последующие годы известными руководителями и ведущими специалистами предприятий и организаций в области создания ракетной техники: С.П. Королёв, В.П. Глушко, Н.А. Пилюгин, В.П. Бармин, М.С. Рязанский, В.И. Кузнецов, Ю.А. Победоносцев, А.М. Исаев, В.П. Мишин, Г.А. Тюлин, В.П. Радовский, Л.А. Воскресенский, В.А. Витка, Б.Е. Черток, Г.Н. Лист, В.С. Будник и ряд других.

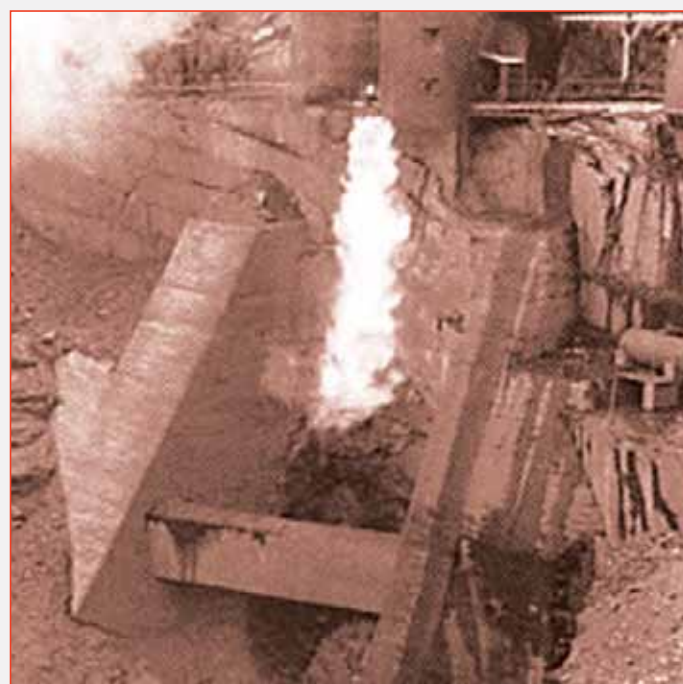
После первого шокового восприятия размеров и технических характеристик ракеты А-4 пришло время спокойного анализа и

оценок достижений немецких конструкторов. Оказалось, что для наших инженеров конструкция ракеты А-4 при всей своей новизне не имела принципиально новых, не известных ранее научно-технических решений. Изучая технические достижения немецких учёных и инженеров, наши специалисты высоко оценивали достоинства конструкции ракеты А-4, но вместе с тем для них были очевидны и её недостатки, а также и технические резервы и они вели собственные разработки по модернизации базовой конструкции. Так, Королёв предложил изменить конструкцию ракеты: сделать боеголовку, отделяемую от корпуса после окончания активного участка полёта, снять внешнюю оболочку ракеты, выполнив стенки баков несущими, и ещё ряд усовершенствований, позволяющих увеличить дальность действия ракеты.

Этому же способствовали работы двигателистов под руководством Глушко. Практически все элементы конструкции двигателя были не только известны, но и использовались в практической деятельности коллективами конструкторов под руководством В.П. Глушко, Л.С. Душкина, А.М. Исаева: газовая турбина с центробежными насосами, охлаждаемая камера и сопло, форкамеры, центробежные и струйные форсунки, пусковые и отсечные клапаны, пирозажигание несамовоспламеняющихся компонентов топлива и т.д. Некоторые технические решения: оребрённая внутренняя стенка камеры и сопла, химическое зажигание, запуск двигателя через предварительную ступень - у наших конструкторов были более прогрессивны. Всё это так, но двигателей, подобных А-4, у нас не было. Поражали его геометрические размеры и полученные технические параметры, а также характеристики, в первую очередь тяга в 25 тс, которая более чем в 15 раз превышала достигнутую нашими ЖРД. И так во всём, по всем ракетным системам. Изучение научно-технических достижений немецких учёных и инженеров позволило нашим специалистам ракетной техники преодолеть некий психологический барьер в масштабах конструирования ракетных систем и уровне технических характеристик. Немецкий опыт в создании первой в мире ракеты дальнего действия и государственный размах этих работ в Германии стали отправной точкой и мощным катализатором развития промышленного жидкостного ракетостроения в СССР и США. Изучение организации производства ракет в Германии показало, что для успешной разработки и производства реактивного вооружения необходима широкая кооперация промышленных предприятий и научных организаций, создание специализированных КБ и заводов, а также ракетного полигона для проведения лётной отработки ракет.



Л.М. Гайдуков и С.П. Королёв (фото В.П. Глушко)



Испытания ЖРД ракеты Фау-2 в Левестене

Организация института "Нордхаузен" существенным образом способствовала ускорению и повышению качества изучения конструкции и технологии изготовления ракеты А-4, а также нацеливала участников работ на предстоящее освоение производства боевой ракетной техники на заводах в СССР. Решение такой задачи вытекало из обострения международной обстановки и отношений между СССР и его бывшими союзниками.

В мае 1945 г. окончились военные действия Второй мировой войны, происходившие на Европейском континенте, а в сентябре того же года завершились сражения этой войны в Азии. Самая кровопролитная война в истории человечества завершилась капитуляцией фашистской Германии и самурайской Японии. Это была победа коалиции стран, военную мощь которых, в основном, составляли вооружённые силы СССР, США и Великобритании. Перед лицом общей опасности, исходившей от Германии с её европейскими союзниками и Японией, произошло объединение военных усилий стран с различным социально-политическим строем. Угроза военного поражения от стран оси "Рим-Берлин-Токио" заставила на время забыть о расхождении идеологических взглядов на государственное устройство и объединиться против общего врага.

Радость победы на полях Европы, искренность дружеских контактов встретившихся войск СССР, США и Великобритании на территории Германии в мае 1945 г., верность СССР союзническим обязательствам при вступлении в войну в августе 1945 г. с Японией внушали надежду на продолжение союзнических отношений между государствами антигитлеровской коалиции и после окончания Второй мировой войны. Для этого были достаточно веские основания. Во время Второй мировой войны, включая и военные действия против Японии, состоялись три международных конференции - в Тегеране (ноябрь 1943 г.), в Ялте (февраль 1945 г.) и Потсдаме (июль 1945 г.) - с участием глав держав, составляющих антигитлеровскую коалицию. Непосредственное общение политических лидеров на этих встречах, их личная переписка с июля 1941 г. по декабрь 1945 г. по дипломатическим каналам прямой связи создали обстановку доверия к текущему политическому курсу каждого из союзников. Первая же встреча в Тегеране показала, что политические руководители стран-союзников могут находить приемлемые для них решения. У. Черчилль и Ф. Рузвельт, вопреки сложившемуся на Западе стереотипу о несговорчивости И.В. Сталина, с удовлетворением обнаружили, что с ним можно договариваться с учётом его интересов по самым деликатным политическим проблемам.

Ход переговоров в Ялте свидетельствовал, что между тремя великими державами вполне возможны компромиссные решения о разделении сфер влияния в мире. СССР не возвращается к политике экспортирования социалистической революции в другие страны, а США и Великобритания не считают распространение советского влияния на ряд восточно-европейских стран препятствием к достижению договорённости по вопросам послевоенного устройства мира.

По свидетельству А.А. Громыко ("Памятное", Политиздат, 1988 г.) правительство СССР имело твёрдое намерение продолжить сотрудничество с западными державами. Уход летом 1945 г. в отставку правительства консерваторов во главе с Уинстоном Черчиллем в связи с победой на выборах лейбористской (рабочей) партии, возглавляемой Клементом Эттли, вселяя дополнительные надежды на укрепление отношений с новым правительством Великобритании. С советской стороны предпринимались меры, чтобы сохранить и преумножить те положительные политические связи, которые установились между странами во время войны, сотрудничать в урегулировании сложных политических проблем в послевоенное время.

Мощный сигнал о готовности к международному сотрудничеству дал И.В. Сталин в своей предвыборной речи 9 февраля 1946 г. в Москве. Обращаясь к своим избирателям, политический лидер СССР понимал, что его речь будет тщательно проанализирована западными политиками. Это, видимо, стало основанием при изло-

жении нового курса внешней политики СССР, в отличие от 20-30-х годов, не упоминать ни о мировой революции, ни о всемирном единении пролетариата. (Руководящий орган международного коммунистического движения Коминтерн был упразднён в мае 1943 г.). Сталин сделал упор на мирном сосуществовании государств с различным социально-политическим строем.

Однако политическое руководство США и Великобритании имело иные взгляды на отношения с СССР. Окончание Второй мировой войны явилось сигналом для распада антигитлеровской коалиции. После капитуляции фашистской Германии США при поддержке Великобритании поставили своей целью продолжить изоляцию СССР на международной арене в послевоенный период. Большие надежды они возлагали на то, что СССР, понесший огромные людские и материальные потери в войне, окажется в экономической зависимости от капиталистического мира и не будет играть заметной роли в мировой политике. Эта позиция западных держав проявилась в ходе последней международной конференции в июле 1945 г. в Потсдаме с участием политических лидеров стран-победительниц. Обсуждение послевоенного политического устройства Европы проходило в обстановке острой политической борьбы, принимавшей порою характер конфронтации. По воспоминаниям маршала Г.К. Жукова, входившего в состав советской делегации в Потсдаме, "...советской делегации пришлось столкнуться с единым фронтом и заранее согласованной позицией США и Англии". Потсдамская конференция не только подвела итоги победоносной войны с фашистской Германией, но и стала концом продуктивного политического сотрудничества государств антигитлеровской коалиции.



Маршал Г.К. Жуков в составе советской делегации в Потсдаме

Вынужденный союз Великобритании и США с СССР во время Второй мировой войны был не сменой политического курса западных держав в отношении с СССР, он появился в результате опасения быстрого поражения СССР в войне с фашистской Германией, которая претендовала на мировое господство. Победоносное завершение Второй мировой войны послужило сигналом для возобновления враждебной политики по отношению к СССР, набравшего в ходе войны международный политический авторитет и занявший своё историческое место в ряду Великих мировых держав.

Яростный противник коммунистической идеологии Уинстон Черчилль, вынужденный в момент опасности вторжения фашистской армии на Британские острова объединиться в военный союз с СССР, после разгрома фашистской Германии вновь вернулся к своей довоенной политике "отбрасывания коммунизма". 5 марта 1946 г., спустя месяц и как бы в ответ на выступление Сталина, своё отношение к СССР Черчилль изложил в своей печально известной речи в американском городе Фултоне. Черчилль в



Выступление Черчилля в 1946 г.

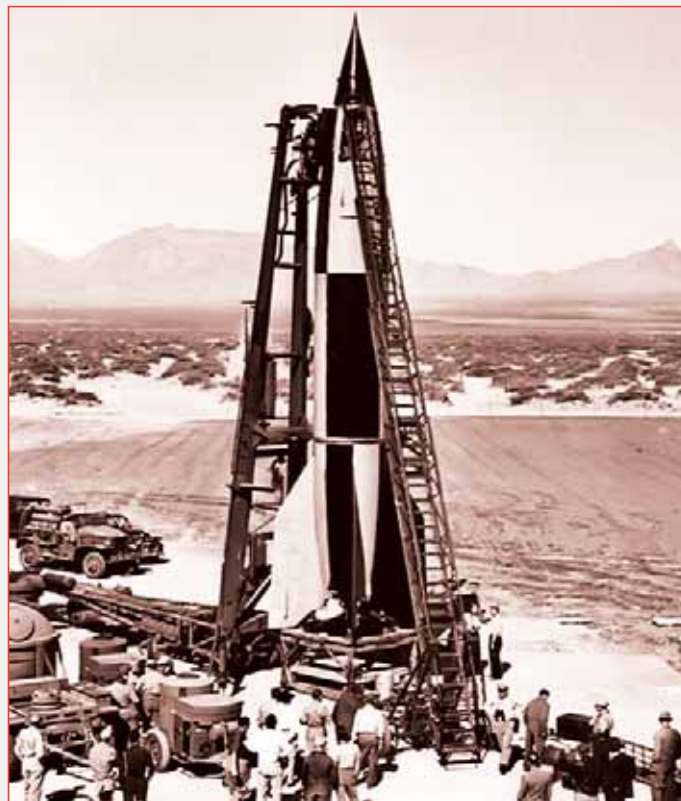
это время возглавлял оппозиционную партию в Англии и не был связан условностями государственной политики и дипломатии, что позволило ему говорить откровенно, как политическому лидеру, выражающему истинную позицию Запада. Совершенно прозрачно он намекал, что в случае необходимости США должны без колебаний применить против СССР ядерное оружие.

Враждебная политика западных стран по отношению к СССР, названная "холодной войной", проводилась и до выступления У. Черчилля в марте 1946 г. Она началась сразу же после окончания "горячей" гражданской войны и полного изгнания интервентов с территории советского государства. "Холодная война" в 20-х - 30-х годах прошлого века велась по всем "фронтам", возможным в мирное время: политическому, дипломатическому, информационному, культурному, проявлялась в политической и финансовой поддержке внешней и внутренней антисоветской оппозиции, шпионаже и т.д. Политическое руководство Великобритании организовало "санитарный барьер" из стран, расположенных вдоль западной границы СССР. В те годы не существовало такого хлесткого международного термина как "холодная война". На политическом языке в СССР использовалось выражение "жизнь в капиталистическом окружении".

Мартовская речь Черчилля вошла в мировую историю как "манифест холодной войны", ставший призывом к "крестовому походу против коммунизма", а выражение "железный занавес" долгие годы использовалось западными политиками и журналистами в качестве характеристики международной политики СССР.

У. Черчилль был не одинок в таком развитии послевоенных международных отношений между бывшими союзниками, его антикоммунистические идеи разделяли президент США Гарри Трумэн и госсекретарь Дин Ачесон. Эти политические деятели, опираясь на монопольное владение ядерным оружием, провозгласили ведение международных отношений и дипломатии путём "балансирования на грани войны". В последующие годы госсекретарь Д. Даллес продолжил эту же политику с "позиции силы". А в международных отношениях сила всегда порождает и право, тому только в новейшей истории имеется множество примеров. Это был новый курс в истории американского государства. До Второй мировой войны США в международной политике не играли первых ролей, свою внешнюю политику они распространяли, в основном, на страны Латинской Америки. Но приняв участие в разгроме фашистской Германии, став основной военной силой, победившей Японию, имея самый сильный военно-морской флот, самую многочисленную авиацию дальнего действия и, главное, став монопольным обладателем ядерного оружия, США после окончания Второй мировой войны заявили о своих претензиях на главенство в решении всех международных проблем. Это привело к политическому противостоянию с СССР, политическое руководство которого также претендовало на расширение своего политического влияния на международной арене.

Географическая удалённость территории США от СССР создавала им реальную безопасность от внешней агрессии и нанесения ощутимого военного удара. Однако развитие науки и военной техники, в первую очередь в области жидкостных баллистических ракет дальнего действия, сделали сомнительным это обстоятельство. О возможности достижения дальности полёта жидкостных ракет в тысячи километров утверждали некоторые советские разработчики ракетной техники ещё в середине 30-х годов. В перспективных планах В. фон Брауна имелся проект двухступенчатой ракеты А-9/А-10, по расчётам дальности полёта позволяющей нанести удар из Европы по США. Имевшаяся на вооружении немецкой армии баллистическая ракета А-4 произвела сильное впечатление на некоторых представителей высшего командования Вооружённых Сил СССР и руководителей ряда промышленных Министерств. Группа лиц, ответственных за обороноспособность страны, поверила в возможность создания ракетного вооружения дальнего действия, способного нарушить американскую континентальную недосягаемость, и 17 апреля 1946 г. направила И.В. Сталину докладную записку по организации работ в об-



Фау-2 перед пуском на полигоне Уайт Сэндс США (1946 г.)

ласти создания ракетного вооружения. В этой докладной, подписанной Л.П. Берия, Н.А. Булганиным, Б.Л. Ванниковым, Г.М. Маленковым, Д.Ф. Устиновым и Н.Д. Яковлевым, вносилось предложение: "В части организации научно-исследовательских работ, проектирования, производства и испытания ракетного вооружения в СССР считает целесообразным организовать работу следующим образом:

1. Сосредоточить все научно-исследовательские, проектные и опытные работы (в том числе и серийное производство):

а) по ракетному вооружению с управляемыми и неуправляемыми жидкостными снарядами - в Министерстве вооружения.

2. Ввиду исключительной сложности конструирования и изготовления образцов ракет дальнего действия типа Фау-2 необходимо привлечь к проектированию и изготовлению жидкостных двигателей Министерство авиационной промышленности.

Для обсуждения всех этих вопросов целесообразно было бы собрать у Вас специальное совещание".

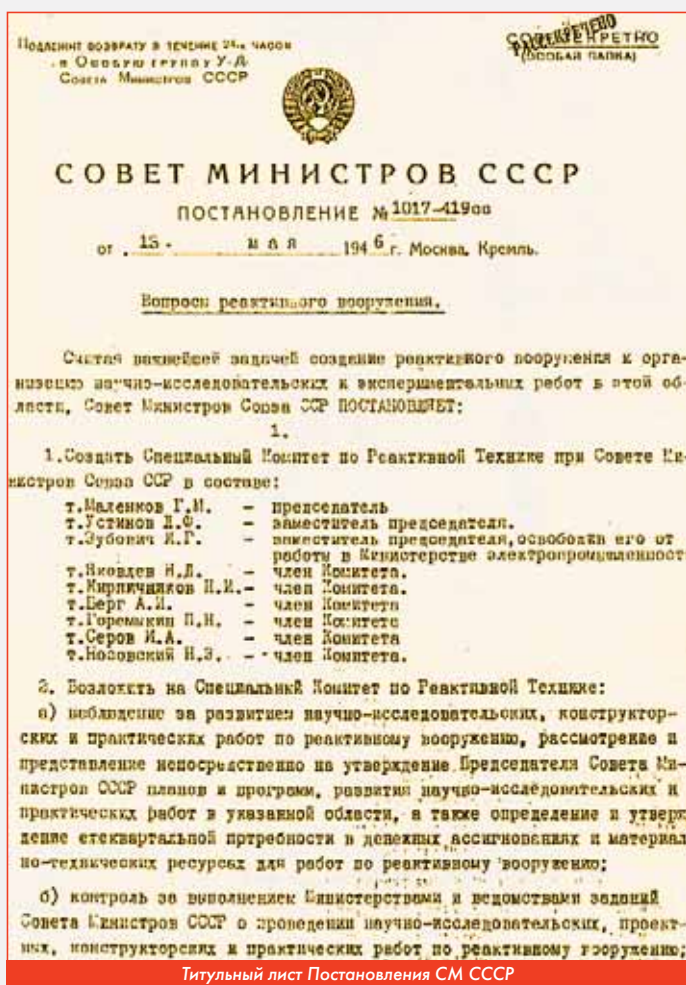
И.В. Сталин положительно отнёсся к поступившему к нему предложению и 29 апреля 1946 г. у него состоялось совещание, на котором было принято решение подготовить проект правительственного Постановления о развёртывании в СССР работ по соз-



Хрущев, Сталин, Маленков, Берия, Молотов

данию ракетного вооружения. Это Постановление стало ответом на речь Черчилля и политику западных держав в отношении СССР.

Начало новой отрасли промышленности положило Постановление Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г. "Вопросы реактивного вооружения". В подготовке текста Постановления приняли личное участие Л.М. Гайдуков, Г.Н. Пашков, В.М. Рябинов, а также Д.Ф. Устинов и маршал артиллерии Н.Д. Яковлев. Судя по пребыванию в Москве Королёва и Глушко в первой декаде мая 1946 г. - 8 мая им были вручены медали "За доблестный труд в Великой Отечественной войне" - они также привлекались к этой работе. Все указанные лица непосредственно руководили работами на территории Германии, в том числе изучением опыта организации разработки и производства ракет А-4. И они же после выхода Постановления приняли активное участие в его реализации.



Титульный лист Постановления СМ СССР

В этом Постановлении создание реактивного вооружения и организация научно-исследовательских и экспериментальных работ определено важнейшей государственной задачей. Руководство и контроль проводимых в этом направлении работ поручалось Специальному Комитету по Реактивной технике при Совете Министров СССР, председателем Комитета назначался секретарь ЦК ВКП(б) Г.М. Маленков. В качестве первоочередной задачи требовалось воспроизвести на заводах в СССР из отечественных материалов ракету А-4. Далее в Постановлении в развёрнутой форме излагались поручения различным министерствам и ведомствам, которые в совокупности обеспечивали создание промышленной отрасли по производству реактивного вооружения. Министерство вооружения (министр - Д.Ф. Устинов) определялось в качестве головного по производству ракет, с этой целью в его составе на базе артиллерийского ОКБ и завода № 88, расположенного в г. Калининграде (ныне г. Королёв), организовывался Государственный союзный головной НИИ-88 по научно-техническому основанию разработки реактивного вооружения и Специальное конструкторское бюро (СКБ). Местоположение НИИ-88 и

позднее выделившегося из его состава ОКБ-1 в разговорах специалистов и мемуарной литературе чаще определяют по названию железнодорожной платформы "Подлипки" Ярославского направления.

Появление в СССР нового самостоятельного научно-технического направления: разработка и производства реактивного вооружения - жидкостных ракет дальнего действия, зенитных управляемых ракет и неуправляемых зенитных снарядов - потребовало принятия ряда новых кадровых назначений. Начало было положено назначением на должность директора НИИ-88 хорошо известного министру Устинову работой в годы войны директором артиллерийского завода "Баррикады" Героя Социалистического труда Л.Р. Гонора, а начальником СКБ НИИ-88 - бывшего главного инженера того же завода К.И. Тритко. Оба умели в жестких условиях военного времени и воодушевить, и заставить людей ударно работать, говоря одним словом - мобилизовать коллектив на выполнение плановых заданий. Но для успешного освоения новой ракетной техники такого умения и опыта командного руководства было недостаточно. Необходимо было разбираться и понимать технические особенности производимой продукции. Для обеспечения этой стороны управления работами в институте на должность главного инженера и заместителя директора назначили Ю.А. Победоносцева. Работы в НИИ-88 по ракетной технике имели широкий тематический диапазон и для успешного выполнения первоочередной и главной задачи - воспроизводства по немецкой конструкторской документации на советских заводах и из советских материалов ракеты дальнего действия А-4 - нужен был человек, способный выполнять обязанности Главного конструктора изделия № 1 (так из соображений секретности именовалась ракета А-4). Учитывая научно-технические трудности при решении предстоящих задач, для этой должности требовался специалист, имеющий профессиональную подготовку и опыт работы по созданию баллистических жидкостных ракет дальнего действия.

Однако признанного лидера в этой области в СССР в 1946 г. не было, т.к. работы по жидкостным ракетам были прекращены в 1939 г. С того времени реактивный принцип движения использовался только в пороховых ракетных снарядах в установках залпового огня и в ЖРД для установки на самолеты в качестве ускорителей полёта. Так что Устинову предстоял выбор из четырех кандидатур, ранее занимавшихся разработкой ракет с ЖРД: Ю.А. Победоносцева, М.К. Тихонравова, Л.К. Корнеева и С.П. Королева.

Ю.А. Победоносцев по уровню знаний, способностям и опыту руководящей работы был достойным кандидатом на должность Главного конструктора, но он уже был назначен главным инженером НИИ-88.

М.К. Тихонравов был более склонен к научной работе, в 1945-1946 годах увлечённо занимался проектом пилотируемого высотного ракетного аппарата ВР-190, в этот период в работах по изучению ракетной техники в Германии участия не принимал и поэтому автоматически выпадал из числа возможных претендентов.

Л.К. Корнеев - бывший работник ГИРД, РНИИ и с 1935 по 1939 год Главный конструктор КБ-7 - в 1945 г. обратился к Г.М. Маленкову с предложением организовать под его руковод-



Л.Р. Гонор и С.П. Королев

ством КБ для разработки боевых жидкостных ракет дальностью полёта до 50 км. Это предложение было рассмотрено руководством Наркомата авиапрома и отклонено с резолюцией: "*Корнев практически прекратил работы в области жидкостных ракет в 1940 г.*".

Осталась только одна кандидатура - С.П. Королёв.

Почему же Королёв стал Главным конструктором зарождающейся ракетной промышленности? За годы существования в нашей стране ракетостроения все привыкли к тому, что первым по значимости и времени назначения техническим руководителем в ракетно-космической отрасли был Королёв. Все первые ракетно-космические успехи в памяти людей настолько связаны с именем Королёва, что на этом месте в те годы нельзя себе представить кого-то другого. А как это произошло, как Королёв стал Главным конструктором советской ракетной отрасли? Что это: воля providения, удачный случай или закономерность развития?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим предысторию этого назначения.

Движение Королёва к должности Главного конструктора ракетного ОКБ началось в августе 1944 г., с момента его освобождения из заключения. Но реальные основы для реализации этого устремления появились только во время его командировки в Германию в 1945 г. До этого жизнь не давала Королёву возможности реализовать в полной мере его способности лидера, полностью раскрыть его природный потенциал выдающегося организатора, способного увлечь и повести за собой единомышленников к выполнению поставленной цели. Но наступил момент, когда словно в компенсацию за выпавшие на его долю суровые испытания, жизнь дала ему такой шанс и он его полностью использовал. Бытует такое выражение: "*Человек оказался в нужное время в нужном месте*". Время изучения ракетного вооружения в Германии в 1945-1946 гг. накануне организации ракетной промышленности в СССР явилось стартовой площадкой для становления Королёва в качестве Главного конструктора советской ракетно-космической техники. Вот так и случилось, что Королёв, по образованию авиационный инженер, в молодости страстный спортсмен-планерист и лётчик-любитель, последователь идей Циолковского и Цандера в применении ЖРД в авиации, конструктор ракетоплана, крылатой ракеты и авиационного ракетного ускорителя, ознакомившись с достижениями немецких ракетостроителей, чутко уловил огромную перспективу применения в военных целях баллистических ракет дальнего действия, увидел поддержку развития этого направления командным составом Вооружённых Сил и руководством промышленных министерств и решил связать свою дальнейшую жизнь с этим направлением ракетной техники.

Но одного желания Королёва было недостаточно. Для назначения на руководящую должность, а иного применения своего творческого потенциала Королёв не представлял, необходимо было иметь известность и авторитет среди руководящего состава промышленных министерств и командования Вооружёнными Силами. Королёв же до командировки в Германию не занимал каких-либо заметных руководящих должностей, к тому же шесть лет провёл в заключении по политической статье...

Д.Ф. Устинов впервые увидел Королёва при его докладе у Г.М. Маленкова в феврале 1946 г. Такого знакомства для назначения Главным конструктором по воспроизводству ракеты А-4 было явно недостаточно, потребовалось дополнительное время для получения Королевым известности в зоне деятельности Устинова. В последующие месяцы фамилия Королева часто упоминалась в качестве ответственного исполнителя в планах и графиках выполнения работ институтом "Нордхаузен", которые утверждал Устинов как заместитель Председателя Спецкомитета. Это указывает на активность Королева и признание его специалистом в области ракетной техники. Однако этого было недостаточно для того, чтобы Устинов обратил на него внимание как на кандидата для назначения Главным конструктором. Всё-таки набираемая Королёвым известность в среде изучающих ракетную технику в Германии замыкалась по вертикали на председателя Особой комиссии и

начальника института "Нордхаузен" генерала Гайдукова. Но именно это и оказало существенное влияние на дальнейшую карьеру Королева: Гайдуков дал "зеленый свет" для его продвижения к должности Главного конструктора, по достоинству оценив его технические знания, опыт работы в ракетной технике, деловую хватку и организаторские способности. По рекомендациям Гайдукова, поддержанным Победоносцевым, и в какой-то мере под их ответственность, Устинов 9 августа 1946 г. подписал приказ по Министерству вооружения о назначении Королева Главным конструктором изделия № 1.

Итак, Главный конструктор основного изделия формируемой ракетостроительной отрасли был назначен. По определению он должен быть лидером в возглавляемом им проекте. Но лидера не назначают, он должен сам проявить лидерские способности повести за собою коллектив и утвердиться в этом звании. По счастливому стечению обстоятельств назначенный Главным конструктором Королёв по складу характера и интеллектуальным способностям с рождения был лидером и полностью соответствовал предъявляемым требованиям.

Назначение Королёва невольно ассоциируется с методом обучения плавать, когда обучаемого бросают в воду и наблюдают - выплывет или нет? Как показали последующие события, Королёв выплыл, но на "берегу" он встретился с пустотой: в штатном расписании НИИ-88 не было ни должности Главного конструктора, ни конструкторского бюро, которое он должен возглавлять. Это было следствием периода организации самого НИИ-88. 26 августа 1946 г. министр вооружения Д.Ф. Устинов утвердил структуру института, в которой в составе Специального конструкторского бюро (СКБ) предусматривался отдел № 3 по проектированию баллистических ракет дальнего действия, а 30 августа директор НИИ-88 Л.Р. Гонор подписал приказ о назначении Королёва начальником этого отдела. Формированием отдела занимался заместитель начальника отдела В.П. Мишин, Королёв приступил к работе в НИИ-88 после возвращения из Германии в январе 1947 г.

Наконец-то он стал Главным конструктором! Но полного удовлетворения не наступило. По названию новая должность была его долгожданной мечтой, а по существу это была должность Главного конструктора проекта. Вместо конструкторского бюро он возглавил конструкторский отдел и в этой должности в соответствии со структурой института подчинялся начальнику СКБ К.И. Тритко, главному инженеру Ю.А. Победоносцеву и директору Л.Р. Гонору. До получения полной самостоятельности предстояло жить и работать ещё несколько лет.

Для завершения истории с назначением Главного конструктора ракеты дальнего действия нельзя оставить без внимания вероятности назначения на эту должность видного специалиста в области ракетной техники В.П. Глушко.

Действительно, почему среди предлагаемых кандидатов на роль Главного конструктора не упомянут Глушко? Ответ на этот вопрос можно найти в предыдущих главах, но в них этот материал



С.П. Королев и Ю.А. Победоносцев (1946 г.)

изложен отдельными фрагментами, ниже он приводится в одном "блоке".

Напомним, что в период работы в ГДЛ Глушко занимался научно-исследовательской работой для создания ЖРД, рассматривая эти работы в качестве необходимой прелюдии к созданию жидкостной ракеты. И добившись некоторых успехов в разработке ЖРД, он в 1932-1933 гг. создаёт проект ракеты РЛА-100 с жидкостным ракетным двигателем тягой 3000 кгс для доставки полезного груза в 20 кг на высоту 100 км.

Со свойственным Глушко педантизмом разработка ракеты РЛА-100 велась обстоятельно. Подобно художнику, который до начала рисования большого жанрового полотна делает рабочие эскизы фрагментов будущей картины, Глушко для выяснения аэродинамических и других технических характеристик будущей "большой" ракеты решил провести предварительные исследования при запуске "малых" экспериментальных ракет. С этой целью им были спроектированы ракеты РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3. Первые две из указанных ракет были изготовлены и прошли некоторый объём наземной стендовой отработки, ракета РЛА-3, имеющая бортовую систему управления полётом, не была изготовлена. Работы Глушко по созданию ракет только разворачивались, но в период проведения этих работ состоялось объединение ГДЛ и ГИРД в РНИИ и это событие заставило Глушко критически осмыслить дальнейшую перспективу приложения своих творческих сил: "В 1933 г. ... стала очевидной необходимость специализации по разработке либо ракет, либо двигателей к ним. Нужно было выбирать и я выбрал то, с чего начинается ракетная техника, то что лежит в её основе, определяет её возможность и лицо - ракетное двигателестроение". В РНИИ, а затем в НИИ-3 Глушко успешно разрабатывает двигатели, в 1936 г. он создаёт ОРМ-65, который по своим техническим характеристикам в то время был лучшим двигателем в мире. Уверенность в правильности своего выбора позволяет Глушко не без гордости отметить: "Нет двигателя и любая самая совершенная конструкция ракеты со всей её начинкой мертва".

В период работы в спецюрме 4-го Спецотдела НКВД СССР Глушко продолжает разрабатывать ракетные двигатели для установки их на боевые самолёты в качестве ускорителей полёта.

Во время командировки в Германии Глушко подробно изучил конструкцию, технологию изготовления и проведения стендовых огневых испытаний двигателей ракеты А-4. В мае 1946 г. он в докладной записке председателю Правительственной комиссии Д.Ф. Устинову изложил своё видение организации в СССР промышленного производства ЖРД для ракет дальнего действия и предложил свою кандидатуру для назначения Главным конструктором ОКБ по разработке мощных ЖРД. Такую же рекомендацию сделала и аттестационная комиссия, подводившая итоги работы Глушко в Германии.

Предложения Глушко по организации ракетной промышленности в СССР частично вошли в правительственное Постановление от 13 мая 1946 г., а сам Глушко был назначен Главным конструктором ОКБ по разработке ракетных двигателей.

Вот и весь ответ на вопрос - почему С.П. Королёв, а не В.П. Глушко. Каждый из них стал Главным конструктором в своём любимом деле, которое составляло смысл их жизни, а сочетание должностных обязанностей с удовольствием их выполнения стало залогом успешной работы.

Воспроизводство двигателей ракеты А-4 в Постановлении от 13 мая 1946 г. было закреплено за министерством авиационной промышленности. В связи с этим Министр авиационной промышленности М.В. Хруничев издал приказ № 424 от 3 июля 1946 г., которым казанское ОКБ-РД во главе с Глушко передислоцировалось в подмосковный г. Химки



М.В. Хруничев

на авиазавод № 456, который перепрофилировался под производство ракетных двигателей.

Приведём несколько положений из этого приказа:

*"В целях освоения двигателей ракеты А-4, создания и дальнейшего развития жидкостных реактивных двигателей для ракет дальнего действия*

*Приказываю:*

1. Завод № 456 переоборудовать под производство жидкостных реактивных двигателей для ракет типа А-4. Установить задачей завода № 456 освоение двигателя А-4, его дальнейшее развитие и выпуск этих двигателей, а также создание жидкостных реактивных двигателей для самолётов.

2. Перебазировать ОКБ-РД с завода № 16 на завод № 456 с личным составом по списку главного конструктора тов. Глушко с оборудованием и инвентарём.

3. Назначить главным конструктором ОКБ завода № 456 тов. Глушко В.П.\*, заместителями главного конструктора тов. Севрук Д.Д., Жирицкого Г.С.

5. Выделить заводу № 456 станочное и лабораторное оборудование, обеспечить контрольно-измерительными приборами, передать всё трофейное лабораторное и испытательное оборудование по ЖРД".

\* при оформлении этого назначения была снижена степень квалификации Главного конструктора со второй на третью, т.к. у ОКБ-456 не было двигателей в серийном производстве.

Далее в приказе подробно излагались поручения предприятиям и структурам Минавиапрома по материально-техническому и финансовому обеспечению нового направления деятельности завода и ОКБ-456.

Так Постановлением правительства и приказом министра была заложена основа научно-производственного предприятия замкнутого технологического цикла по проектированию, изготовлению и стендовым испытаниям мощных ЖРД. Это предприятие ныне имеет мировую известность как АО "НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко".

Новому предприятию предстояло решать триединую задачу:

- на базе трофейных чертежей выпустить комплект конструкторской документации для производства двигателей типа А-4;
- освоить технологию изготовления и испытаний ракетных двигателей для дальнейшего совершенствования ракетной техники;
- создать научно-производственную базу и творческие коллективы для проектирования, изготовления и испытаниям мощных ЖРД ракет дальнего действия.

В конце ноября 1946 г. в Химки на завод № 456 из Казани переехал коллектив ОКБ-РД. Сюда же в январе 1947 г. прибыла группа инженеров, находящихся в командировке в Германии. Вместе с коллективом завода им предстояло общими усилиями преодолеть объективные трудности одновременного создания нового производства и освоения технологии изготовления нового изделия. Конструкторы продолжили адаптацию немецкой конструкторской документации к условиям изготовления двигателя ракеты А-4 из отечественных материалов, работники завода устанавливали прибывшие станки, разбирались с принадлежностью спецоснастки, разрабатывали технологию изготовления деталей, сборки агрегатов и двигателя в целом. Параллельно с этим велись ремонтно-восстановительные работы в рабочих корпусах завода, в которых не было электричества, воды, крыша во многих местах была разрушена, в окнах отсутствовали стёкла.

При выполнении любого дела с участием людей приходится преодолевать и субъективные трудности, которые чаще всего являются следствием характера людей. Не обошлось без этого и при организации работ по изготовлению двигателя А-4 на заводе и в ОКБ-456.

Неудовлетворённость своим подчинённым положением в структуре института Королёв решил компенсировать "во внешнем мире", т.е. в отношениях со смежниками. После назначения Главным конструктором воспроизводимой в СССР немецкой ракеты А-4 он посчитал себя "Самым" Главным конструктором, кото-

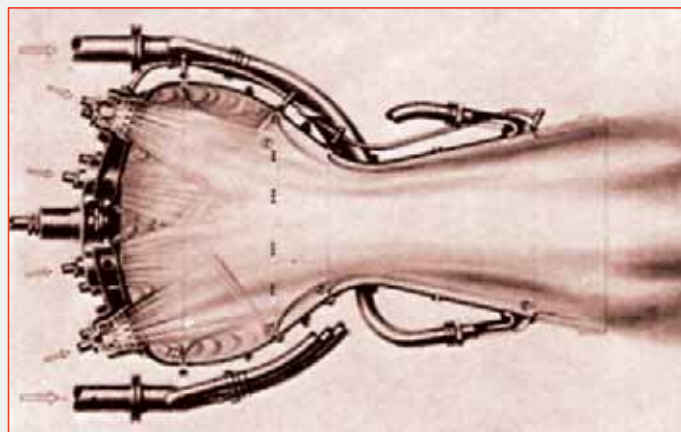


рый не только возглавляет изготовление ракеты в целом, но и контролирует и даже подменяет работу Главных конструкторов ракетных систем. Эту черту характера Королёва подметил писатель, лётчик-испытатель М.Л. Галлай и так сформулировал в своей книге "С человеком на борту" (Москва, Воениздат, 1990 г.): "Характерной чертой стиля работы Королёва было великолепное пренебрежение к тому, что именуется установленными пределами прав и обязанностей. Особенно широко он понимал категорию прав, прежде всего, своих собственных: без видимых сомнений распоряжался едва ли не всем вокруг".

Претензии Королёва на руководство всеми работами по воспроизводству ракеты А-4 проявились уже на стадии получения трофейного оборудования и материальной части из Германии. По его инициативе станки, спецоснастка и другое технологическое оборудование с завода "Монтания", а также 14 собранных в Германии двигателей ракеты А-4 и комплекты деталей, узлов и агрегатов для сборки ещё 10 двигателей вместо ОКБ-456 были отправлены в НИИ-88. Глушко вынужден был обращаться к министрам Д.Ф. Устинову и М.В. Хруничеву, чтобы указанное имущество было переадресовано в ОКБ-456.

Следующая конфликтная ситуация сложилась с получением комплекта конструкторской документации на изготовление двигателя А-4. Во время пребывания в Германии группой конструкторов казанского ОКБ-РД были собраны по частям и фрагментам на различных заводах чертежи и технические условия, проведена их систематизация, перевыпущены физически изношенные кальки, всё было собрано в единый комплект, часть текстовых документов переведена на русский язык. Дальнейшую работу по адаптации немецких чертежей к советскому оборудованию и стандартам планировалось провести после возвращения в СССР. Однако Королёв планировал проведение этой работы иначе. Он затребовал передать весь комплект конструкторской документации в НИИ-88 и после его обработки в виде дубликатов (синекопий) передать на завод № 456 для изготовления двигателей. Какая же роль отводилась в таком случае конструкторам ОКБ-456, если работники НИИ-88 были бы калькодержателями, т.е. фактически авторами этих документов? Глушко опротестовал это абсурдное решение и все конструкторские документы из Германии были доставлены в ОКБ-456.

Но и на этом попытки посягательства на владение техдокументацией двигателя А-4 не завершились. Королёв выдвигает очередное требование утверждать подписью конструкторов возглавляемого им отдела в НИИ-88 каждый чертёж, а также совместно с военным представительством при НИИ-88 принимать окончательное решение по допущенным при изготовлении двигателя отступлениям от документации (утверждение так называемых



Принцип работы двигателя "Овен" ракеты А-4

"Карточек разрешения"). После длительного и бурного обсуждения пришли к конструктивному решению: признать прерогативу Главного конструктора ОКБ-456 на разработку чертежей двигателя и принятие технических решений по отступлениям от технической документации. Согласованию с Главным конструктором ракеты подлежали чертежи принципиальной схемы, общего вида двигателя и места стыковки с ракетой, а также отступления по ряду основных параметров и характеристик двигателя, изложенных в Техническом задании Головного разработчика. Одно из требований Королёва было удовлетворено: при изготовлении двигателя руководствоваться общим ведомственным стандартом Министерства вооружения ТУ-4000 ГАУ, т.е. требованиями, используемыми при изготовлении артиллерии. ОКБ-456 находилось в системе Минавиапрома, где требования отраслевых стандартов были более жёсткими, так что производственники завода № 456 остались довольны принятием этого решения.

Приведенные выше ситуации является примером того, как в начальный период создания ракетной промышленности формировались отношения и производственные связи между предприятием - головным разработчиком ракеты и поставщиком комплектующей ракетной системы, в данном случае двигателя. Мне не известно, возникали ли аналогичные вопросы взаимоотношения у Королёва с другими Главными конструкторами или это касалось только Глушко. Вряд ли требование возглавлять изготовление и контролировать продукцию на других предприятиях являлось у Королёва следствием сомнения в достаточной квалификации участников создания ракеты. А в таком случае позиция Королёва по отношению к Глушко может быть определена как самоутверждение его в роли Главного конструктора ракеты и напоминанием своему бывшему начальнику в казанском ОКБ "кто сейчас в доме хозяин".

(Продолжение следует.)



Фау-2 на улицах Лондона

# XIII ОЛИМПИАДА ПО ИСТОРИИ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ



21-22 апреля 2016 года в Москве состоялся Молодежный симпозиум XIII Международной олимпиады по истории авиации и воздухоплавания им. А.Ф. Можайского, посвященной 110-летию первого в Европе публичного полета самолета.

Олимпиада проводится Клубом авиастроителей и Академией наук авиации и воздухоплавания при поддержке Союза машиностроителей России.

Главная цель проведения Олимпиады - популяризация авиастроительной отрасли, формирование будущего сообщества авиастроителей и успешная социализация подростков в этом профессиональном сообществе.

Олимпиада, ставшая уже традиционной, ежегодно привлекает подростков, увлекающихся авиацией, из различных регионов России и ближнего зарубежья. В течение всего учебного года увлеченные авиацией подростки проходили тестирование, публиковали свои работы на сайте Олимпиады, получали отзывы на них как от своих сверстников, так и от профессионалов, общались с интересными людьми.

В первый день симпозиума финалисты Олимпиады, представители регионов и их сопровождающие посетили Авиационный комплекс имени С.В. Ильюшина, где встретились с Генрихом Васильевичем Новожиловым - действительным членом Клуба авиастроителей, генеральным конструктором, президентом Академии наук авиации и воздухоплавания, дважды Героем Социалистического труда, ака-

демиком РАН. Затем состоялось посещение музея и лабораторного комплекса прочностных испытаний самолета Ил-76МТ.

После экскурсии участников симпозиума ждала серия психологических тренингов и консультаций, направленных на сплочение команды и снятию излишнего эмоционального напряжения. По окончании тренингов ребята встретились со своими консультантами и потренировались в работе с презентационным оборудованием.

22 апреля финалисты представили свои работы на Молодежном симпозиуме. Симпозиум открыл Первый вице-президент Клуба авиастроителей, член Жюри Олимпиады, Лауреат Государственной премии, Действительный член Академии транспорта, Действительный член Академии наук авиации и воздухоплавания, доктор технических наук, профессор В.И. Зазулов.

В адрес участников и организаторов Олимпиады поступили приветственные обращения от Ассоциации технических университетов и Российского Императорского Дома.

В работе Жюри Олимпиады приняли участие люди, посвятившие всю свою жизнь авиации, известные инженеры, ученые, писатели, журналисты: д.ф.н., проф., Почетный работник высшего образования РФ, академик РАЕН Н.Г. Багдасарьян; главный редактор журнала "Двигатель", член-корр. Российской и Международной инженерных академий А.И. Бажанов; Заслуженный летчик-испытатель СССР, Герой Советского Союза В.Н. Кондауров; директор Международного института новых образовательных технологий РГГУ, проректор МГТУ "СТАНКИН", к.т.н. С.В. Кувшинов; д.т.н., проф., заведующий кафедрой "Летательные аппараты" Южного федерального университета, генеральный конструктор ТАНТК им. Г.М. Бериева Г.С. Панатов; к.т.н., историк, писатель, руководитель Проблемной группы истории авиации Института истории естествознания и техники им. А.С. Вавилова РАН Д.А. Соболев; Заслуженный летчик-испытатель Российской Федерации, космонавт-испытатель ЛИИ им. И.М. Громова У.Н. Султанов; военный летчик, авиажурналист, Почетный член Авиационного содружества "Свети Илия", Кавалер Почетного Золотого знака пилота ВВС и ПВО Армии Сербии, профессор Р.Д. Тонкович (Республика Сербия).

В работе симпозиума принял участие Председатель Оргкомитета Олимпиады, Действительный член Клуба авиастроителей, Президент МГТУ им. Н.Э. Баумана, академик РАН И.Б. Федоров.

Молодых людей - будущих авиаторов - приехали послушать по-



Жюри внимательно слушает и строго, но справедливо оценивает доклады



От имени Российского Императорского Дома выступил В.П. Потерухин



Арсений Тарасов



Максим Колос



Илья Щур



Анастасия Кузьмина



Участники, гости, жюри с интересом слушают выступающих

четные гости симпозиума: депутат Государственного Собрания - Курултая Республики Башкортостан (Председатель оргкомитета регионального тура Олимпиады в Республике Башкортостан) В.В. Аброценок; к.э.н., проф. Г.А. Аминова; директор музея МАТИ П.С. Герцев; эксперт по особо важным историческим расследованиям А.В. Глушко; Заслуженный учитель РФ В.М. Жияяков; д.ф.-м.н., проф., проректор УГАТУ Н.Г. Зарипов; генеральный директор Фонда имени А.А. Серебров В.П. Лосицкий; к.ф.н., заместитель заведующего Лабораторией общих проблем дидактики Института стратегии развития образования РАО А.А. Мамченко; Президент Фонда М.Л. Миля Н.М. Миль; д.т.н., академик РАН, Герой РФ, заслуженный ученый и конструктор в области вертолетостроения, генеральный конструктор АО "Камов" С.В. Михеев; к.т.н., доцент УГАТУ С.И. Каменев; проф. МАИ Ю.И. Попов; член Попечительского совета Некоммерческого фонда поддержки ветеранов и патриотического воспитания молодежи "Связь поколений", кавалер ордена Св. Анны 2-ой степени В.П. Потерухин; летчик, парашютист-испытатель, Герой России И.Е. Тарелкин.

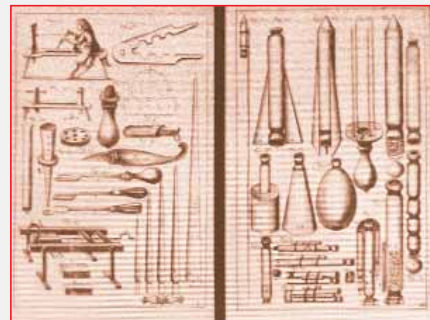
В зале присутствовали победители прошлых олимпиад, ныне студенты, Венедикт Дорожко, Данил Соколов, Денис Сухарев.



Роман Загвоздкин изучает проблемы машущего полета



Никита Рогов...



...и одна из иллюстраций к его докладу



Напутственные слова С.В. Михеева...



...и И.Б. Фёдорова



Рафаэль Кильметов и его модель самолета пятого поколения



**Эльфат Вахитов**



**Виктор Завесин**



**Победитель Олимпиады Михаил Колесников "собирает" награды**



**Карина Аверина**



**Екатерина Стеклова**



**Радмила Тонкович вручает награды за второе место Карине Авериной**



**Анастасия Кабанова**



**Михаил Колесников**

3 место - Роман Игоревич Загвоздкин, 18 лет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия.

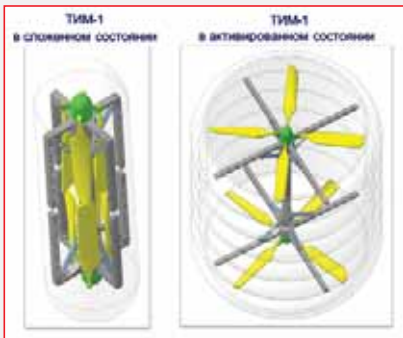
Призы победителям Олимпиады - российские часы с авиационной символикой - предоставили: НО "Авиакосмофонд" и ЗАО "МСЗ-САЛЮТ". Победители получили приглашение стать членами Клуба авиастроителей.

Приз зрительских симпатий - статуэтка "Колибри" - по решению пользователей интернета, как и в прошлом году, вручен Илье Андреевичу Щуру - участнику из Москвы.

Призы по номинациям получили: Анастасия Васильевна Бадакова, 17 лет, г. Гаврилов-Ям, Ярославская область, Россия, в номинации "Оригинальный подход к классификации экспериментальных летательных аппаратов"; Максим Алексеевич Колос, 12 лет, г. Тобольск, Тюменская область, Россия, в номинации "Надежда олимпиады"; Никита Михайлович Рогов, 14 лет, г. Крупки, Минская область, Республика Беларусь, в номинации "Поиск и изучение белых пятен в истории аэрокосмической техники"; Илья Андреевич Щур, 13 лет, г. Москва, Россия, в номинации "Аналитический подход к историко-техническому исследованию".

В подготовке и проведении симпозиума приняли участие: Академия наук авиации и воздухоплавания; ОАО "НПП "Аэросила"; Департамент образования города Москвы; Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН; Краевое государственное автономное профессиональное образовательное учреждение "Пермский авиационный техникум им. А.Д. Швецова"; МАИ (национальный исследовательский университет); МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ "Станкин", ЗАО "МСЗ-САЛЮТ"; Научно-технический журнал "Двигатель"; Авиакосмофонд; ОАО ГМЗ "АГАТ"; ООО "Звезда"; ООО "АКФ-Консалтинг"; Отдел образования администрации г. Нефтекамск, Республика Башкортостан; РГГУ; Рекламно-производственная компания "Гарусс"; Союз машиностроителей России; УГАТУ; ООО "Эпл Парфюм".

На симпозиуме присутствовали представители СМИ: журналы "Двигатель" и "Крылья Родины", радиостанция "Радио России".



**О разработке своего Транспортного интеллектуального модуля рассказывает...**



**...Анастасия Бадакова**

В перерыве деловой части симпозиума участникам был продемонстрирован музыкальный клип, созданный студентом МГТУ им. Н.Э. Баумана Степаном Розановым и студентом МАИ, членом Клуба авиастроителей Андреем Шепеляевым.

Финалисты Олимпиады получили сертификаты победителей первого тура, авиамодели от ООО "Звезда", книги "Экспериментальные самолеты России 1912-1941" от ООО "Русское Авиационное Общество", книги лично от С.В. Михеева, приглашения в Республику Башкортостан для участия в Летнем аэрокосмическом лагере, другие подарки и сувениры.

Победителями тринадцатой Олимпиады стали:

1 место - Михаил Александрович Колесников, 17 лет, г. Таганрог, Ростовская обл., Россия.

2 место - Карина Валерьевна Аверина, 16 лет, г. Гаврилов-Ям, Ярославская область, Россия.

Организатор: Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения»  
Устроитель: 000 «АССАД-М»  
Россия, 105118, г. Москва, проспект Буденного, 19  
тел.: (495) 366-18-94, 366-85-22, 366-79-38  
тел./факс (495) 366-45-88  
e-mail: forum@assad.ru  
www.assad.ru



Авиационные и космические двигатели

Двигатели для энергетических установок

Двигатели для энергетических установок

Электродвигатели, ветродвигатели

Топливо, масла, смазки

Микродвигатели для спортивного моделизма

Двигатели для автомобилей, тракторов, судов, подвижного состава

Двигатели для газо- и нефтеперекачивающих агрегатов

Перспективные научные и инвестиционные проекты

Двойные технологии компьютерные разработки станкостроение металлургия

Ремонт и сервисное обслуживание

Подшипники

Оборудование для неразрушающего контроля



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

# 2016

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС**

**19–21 АПРЕЛЯ | МОСКВА | ВДНХ | ПАВИЛЬОН 69**



# ТАНКИ ОТ И ДО

**Олег Никитич Брилёв,**

д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
начальник кафедры танков ВАБТВ (1975-1987 гг.)

(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1 - 2016)



Появление на поле боя новых немецких образцов "Пантера" и "Тигр" стимулировало восстановление интенсивной работы над новым образцом тяжелого танка. При этом оказалось необходимым и дальнейшее увеличение защищенности, особенно наращивание огневой мощи. Первое обуславливалось стремлением получить приемлемый уровень защиты от 75-мм пушки танка "Пантера" (и соответствующих аналогов противотанковой артиллерии), а также 88-мм пушки танка "Тигр I"; второе - резко возросшей толщиной брони данных машин, которая в носовой части достигала 120...140 мм. Важно было обеспечить возможность поражения названных танков на возросших дальностях огневого боя. Все это привело к принципиально новой конструкции тяжелого танка, который получил марку ИС (разработчик Н.Ф. Шашмурин). Благодаря более рациональной компоновке, практически при той же мас-

се, что у КВ (46 т), носовую броню удалось довести до 185 мм и установить на танк 122-мм пушку, боекомплект которой составил 28 выстрелов. На крыше башни был установлен зенитный пулемет калибра 12,7 мм. Была существенно усовершенствована трансмиссия, в которой использовались двухступенчатые планетарные механизмы поворота. В связи с задержкой в отработке 122-мм пушки первые партии нового танка оснащались пушкой калибра 85 мм (марка ИС-1). Их производство началось в конце 1943 г.



ИС-1

Тяжёлые танки ИС-1 и ИС-2 ведут свою родословную от тяжёлого танка КВ-1/КВ-1с и среднего танка тяжёлого бронирования КВ-13, созданного в 1942 году в СКБ-2 Челябинского КТЗ



ИС-1

Для создания прототипов танка ИС были взяты последние варианты КВ-13: один, вооруженный 76,2-мм пушкой ЗИС-5, получил обозначение ИС-1, а второй - со 122-мм танковой гаубицей У-11 в башне, заимствованной у опытного тяжелого танка КВ-9 — получил обозначение ИС-2.

Испытания обеих машин весной 1943 года прошли удачно. Благодаря более плотной компоновке, чем у КВ-1с, танки ИС при меньшей массе получили более сильное бронирование и более высокую скорость движения при равноценном с ним вооружении у ИС-1 и более мощном у ИС-2.

ИС-1 имел классическую компоновку. Бронекорпус от носа к корме последовательно делился на отделение управления, боевое отделение и моторно-трансмиссионное отделение.

Броневой корпус танка (кроме лобовой детали) сваривался из катаных броневых плит толщиной 90, 75, 60, 30 и 20 мм. Лобовая деталь обтекаемой формы с рациональными углами наклона брони являлась литой, в различных частях её толщина варьировалась от 30 до 120 мм, с остальными деталями она соединялась сваркой.

Обтекаемая башня представляла собой броневую отливку сложной геометрической формы, её борта толщиной 100 мм располагались под углом к вертикали для повышения снарядостойкости. Лобовая часть башни с амбразурой для орудия отливалась отдельно и соединялась болтами с самой башней. Маска орудия представляла собой цилиндрический сегмент гнутой катаной бронеплиты и имела три отверстия — для пушки, спаренного пулемёта и прицела. Башня устанавливалась на погон диаметром 1800 мм в броневой крыше боевого отделения и фиксировалась захватами во избежание сваливания при сильном крене или опрокидывании танка. Поверхность «соприкосновения» нижнего погона башни и верхнего погона бронекорпуса была несколько утоплена в крышу боевого отделения, что исключало заклинивание башни при обстреле.

Основным вооружением ИС-1 являлась пушка Д-5Т калибра 85 мм. Орудие монтировалось на цапфах в башне и было полностью уравновешено. Сама башня с орудием Д-5Т также являлась уравновешенной: её центр масс располагался на геометрической оси вращения. Пушка Д-5Т имела вертикальные углы наводки от -5° до +25°, при фиксированном положении башни она могла наводиться в небольшом секторе горизонтальной наводки. Боекомплект орудия составлял 59 выстрелов унитарного заряжания. Выстрелы укладывались в башню и вдоль обоих бортов боевого отделения. На танке ИС-1 устанавливались три 7,62-мм пулемёта ДТ: неподвижный курсовой (от которого впоследствии отказались), спаренный с орудием и кормовой в шаровой установке в приливе на задней части башни. Боекомплект ко всем ДТ составлял 2520 патронов.

ИС-1 оснащался четырёхтактным V-образным 12-цилиндровым дизельным двигателем В-2ИС мощностью 520 л.с. (382 кВт). Дизель В-2ИС комплектовался топливным насосом высокого давления НК-1 с всережимным регулятором РНК-1 и корректором подачи топлива.

Танк ИС-1 оснащался механической трансмиссией, в которой новым элементом трансмиссии являлись планетарные механизмы поворота.

Подвеска у ИС-1 индивидуальная торсионная для каждого из 6 цельнолитых двускатных опорных катков малого диаметра (550 мм) по каждому борту.

По шоссе скорость составляла 37 км/ч, а запас хода - 240 км.  
По пересечённой местности - 15 км/ч, а запас хода - 110...125 км

КВ-13 (объект 233) — опытный советский средний танк - создавался для замены в производстве как средних Т-34, так и тяжёлых КВ.

КВ-13 - универсальный танк, соответствовавший по массе среднему, а по защите — тяжёлому танку, и в котором широко применено броневое литьё. Наиболее сильным изменениям подверглась ходовая часть танка, где вместо 6 опорных катков использовали пять измененной конструкции.

Ширина КВ-13 составляла 2800 мм, а длина корпуса - 6650 мм. Башня танка сохранила схожесть с башней КВ-1с, но приобрела более обтекаемый вид.

Основные элементы конструкции были выполнены литыми, что позволило сократить внутренний неиспользуемый объём и довести лобовую броню корпуса танка до 120 мм, башни — до 85 мм, что было больше, чем у КВ-1.

Первый КВ-13 был изготовлен весной 1942 года, однако испытания показали низкую механическую надёжность, необходимость усиления бронезащиты и введения трёхместной башни. В декабре 1942 года было начато изготовление двух доработанных прототипов, но работы по КВ-13 были прекращены в пользу продолжения выпуска Т-34



КВ-13

Летом 1944 г. Челябинский Кировский завод, не сокращая объема выпуска (400 машин в месяц), полностью перешел на производство тяжелых танков ИС-2 со 122-мм пушкой.



ИС-2 обр. 1943 г.

ИС-1 был принят на вооружение в сентябре 1943 г., однако уже в конце 1943 г. стало ясно, что 85-мм пушка Д-5Т способна на дистанции 500 м пробить лоб танка "Тигр I" только при попадании, близком к нормали; а верхняя лобовая деталь "Пантеры" не пробивалась совсем. Опираясь на предложение артиллерийского конструктора Ф.Ф. Петрова, главный конструктор ЧКЗ Ж.Я. Котин выбрал для усиления вооружения танка ИС 122-мм пушку А-19. Её оснастили дульным тормозом для смягчения отдачи, более компактными противооткатными устройствами, улучшили расположение органов управления. Пушка получила название Д-25Т. Изначально Д-25 была оснащена Т-образным дульным тормозом, который разорвался при тестовых стрельбах. Впоследствии на ИС установили двухкамерный дульный тормоз.

В ноябре 1943 года началась сборка первых серийных машин. Новая модификация танка получила индекс ИС-2 (в годы войны с ним на равных использовалось обозначение ИС-122). Производство продолжалось с декабря 1943 года по июнь 1945-го. Из-за того, что машину не испытали в полном объеме и ещё "сырую" машину запустили в серию, её производство, доводка в плане увеличения надёжности и изыскания по усилению бронезащиты ИС-2 велись одновременно. Проанализировав полученные поражения, конструкторы ЧКЗ пришли к выводу, что усиление бронезащиты башни уже невозможно без кардинальной переделки всей конструкции, что было невозможно в жестких условиях серийного производства. Установка 122-мм пушки утяжелила башню и нарушила её балансировку — центр масс не лежал на оси вращения башни. Дополнительное бронирование башни, помимо общего утяжеления машины, привело бы к невозможности ручного поворота башни при сколь-нибудь значительном крене машины и требовало гораздо более мощного электромотора для привода поворота. Поэтому башня была оставлена без изменений. Защиту бронекорпуса удалось значительно улучшить, спрямив ступенчатую верхнюю лобовую деталь. При этом она не пробивалась даже в упор из мощнейшей 88-мм противотанковой пушки Pak 43.

122-мм танковая пушка Д-25Т являлась самым мощным серийным танковым орудием Второй мировой войны - её дульная энергия составляла 820 т·м, тогда как у 88-мм пушки KwK 43 немецкого тяжёлого танка "Тигр II" она равнялась 520 т·м. Пушки KwK 36 и KwK 42 тяжёлых танков "Тигр I" и "Пантера" имели соответственно энергию 368 т·м и 205 т·м. К недостаткам пушки Д-25Т можно отнести то, что до 1945 года для неё выпускался единственный бронебойный калиберный остроголовый снаряд БР-471. Тогда как у немцев были подкалиберный и кумулятивный варианты снарядов. Тяжёлый танк ИС-2 по своей подвижности расценивался представителями РККА вполне удовлетворительно, хотя при 520-сильном дизельном двигателе и массе в 46 т его удельная энерговооружённость была самой низкой среди советских средних и тяжёлых танков. Удельное давление на грунт составляло около 0,8 кг/см<sup>2</sup>, что намного превосходило показатели немецких тяжёлых и средних танков. Максимальная скорость не превышала 35 км/ч, но для тяжёлого танка прорыва эта характеристика не являлась определяющей, поскольку основным тактическим применением был бой в одном строю с пехотой, а для развития прорыва предназначались более подвижные Т-34. На базе ИС-2 с весны 1944 г. выпускался тяжёлый истребитель танков ИСУ-122, вооружённый 122-мм пушкой А-19С. С сентября 1944 г. на базе ИС-2 изготавливалась самоходка ИСУ-122С с длинноствольной 122-мм пушкой Д-25С, имевшей конструктивные отличия от танкового варианта Д-25Т. С декабря 1943 по июнь 1945 года было выпущено 3395 танков ИС-2



ИС-2 обр. 1944 г.

Одновременно с тяжёлыми танками завод выпускал и самоходные артиллерийские установки ИСУ-122 (122-мм пушка) и ИСУ-152 (152-мм пушка-гаубица). Достаточно длительный выпуск ИСУ-122, которая по огневой мощи не отличалась от танка ИС-2, объяснялся нехваткой пушек-гаубиц калибра 152 мм.

Танк ИС-2 был одним из самых мощных тяжёлых танков войны. Данный образец превосходил немецкий танк "Тигр I" и мог успешно бороться с появившимся летом 1944 г. танком "Тигр II". Следует отметить, что применение вооружения калибра 122 мм в тех условиях было, в известной мере, экстенсивным решением, но оправданным в сложившихся условиях. По могуществу действия по бронированным целям эта пушка была примерно на том же уровне, что и немецкая 88-мм (с начальной скоростью 1035 м/с). Однако раздельное заряжание обусловило меньшую скорость и снижение боекомплекта.



ИСУ-122

ИСУ-122 - тяжёлая самоходно-артиллерийская установка на базе танка ИС (не путать с СУ-122, которая была сделана на другой танковой базе). Разработана специалистами КБ опытного завода № 100 в декабре 1943 г., принята на вооружение в марте 1944 г., а в апреле началось её серийное производство на Челябинском Кировском заводе. ИСУ-122 широко применялись на завершающем этапе Великой Отечественной войны в роли мощного истребителя танков и штурмового орудия.

На ИСУ-122 устанавливалась пушка А-19С, имевшая ручной затвор поршневого типа, что отрицательно сказывалось на скорострельности (1,5-2,5 выстрела в минуту). Установка полуавтоматического клинового затвора позволила увеличить скорострельность. Этот вариант пушки получил обозначение Д-25Т и изначально устанавливался на танки ИС-2. К концу августа 1944 года были закончены все работы по созданию пушки Д-25С - самоходного варианта пушки Д-25Т, и тогда же в серию была запущена улучшенная версия САУ ИСУ-122С с этим орудием. Скорострельность возросла до 3-4 выстрелов в минуту.

С октября 1944 года на ИСУ-122 устанавливались зенитный крупнокалиберный 12,7-мм пулемёт ДШК. Полностью бронированный корпус ИСУ-122 был разделён на две части. Экипаж, орудие и боезапас размещались впереди в броневой рубке, которая совмещала боевое отделение и отделение управления. Двигатель и трансмиссия были установлены в корме машины.

Броневой корпус самоходной установки сваривался из катаных броневых плит толщиной 90, 75, 60, 30 и 20 мм. На машинах первых модификаций лобовая часть корпуса представляла собой броневую отливку; впоследствии, по мере наличия более стойкой катаной брони, конструкцию лобовой части корпуса изменили на сварную.

Три члена экипажа располагались слева от орудия: впереди механик-водитель, затем наводчик, и сзади - заряжающий. Командир машины и замковый находились справа от орудия.

Несмотря на явные преимущества ИСУ-122С над оригинальным вариантом ИСУ-122, последний остался в производстве благодаря гораздо большей доле поступающих с артиллерийских заводов стволов 122-мм самоходных пушек обр. 1937/44 гг. (дальнейшее развитие А-19С).

Серийный выпуск ИСУ-122 был прекращён в 1945 году, всего ЧКЗ построил 1735 ИСУ-122, из них 1435 до 1 июня 1945 года



ИСУ-122С

ИСУ-152



ИСУ-152 была принята на вооружение постановлением Государственного комитета обороны 6 ноября 1943 г. В этом же месяце началось серийное производство ИСУ-152 на Челябинском Кировском заводе (ЧКЗ).

В процессе производства в конструкцию ИСУ-152 вносились незначительные изменения, направленные на повышение боевых и эксплуатационных качеств и снижение себестоимости машины.

Во второй половине 1944 года был введён новый сварной нос корпуса из катаных бронеплит вместо одной цельнолитой детали, толщину бронемаски орудия увеличили с 60 до 100 мм.

Основным вооружением ИСУ-152 являлась 152-мм гаубица-пушка МЛ-20С обр. 1937/43 гг. Орудие монтировалось в рамке на лобовой бронеплите рубки и имело вертикальные углы наводки от  $-3$  до  $+20^\circ$ , сектор горизонтальной наводки составлял  $10^\circ$ . Высота линии огня составляла 1,8 м; дальность прямого выстрела - 800...900 м по цели высотой 2,5...3 м, дальность выстрела прямой наводкой - 3800 м, наибольшая дальность стрельбы - 6200 м. Боекомплект орудия составлял 21 выстрел раздельного заряжания. Снаряды укладывались вдоль обоих бортов рубки, заряды — там же, а также на днище боевого отделения и на задней стенке рубки.

Броневой корпус самоходной установки сваривался из катаных броневых плит. На машинах первых серий лобовая часть корпуса представляла собой броневую отливку; впоследствии, по мере наличия более стойкой катаной брони, конструкцию лобовой части корпуса заменили на сварную.

152,4-мм гаубица-пушка МЛ-20С монтировалось в установке рамного типа справа от осевой линии машины.

Три члена экипажа располагались слева от орудия: впереди механик-водитель, затем наводчик, и сзади — заряжающий. Командир машины и замковый находились справа от орудия.

С ноября 1943 по май 1945 года ЧКЗ и ЛКЗ построили 1885 ИСУ-152

ИСУ-152 с лобовой частью корпуса из катаных бронелистов



На базе ИСУ-152 летом 1944 г. был создан опытный экземпляр ИСУ-152-1 с пушкой-гаубицей БЛ-8. Начальная скорость бронепробивающего снаряда у неё составляла 850 м/с, что позволяло с километровой дальности пробивать броню лобовых немецких танков. Однако, ствол оказался менее живучим, чем требовалось, а его длина мешала нормально передвигаться по пересеченной местности. Ухудшилась маневренность и проходимость танка



Для устранения недостатков ИСУ-152-1 было решено доработать пушку БЛ-8 путём уменьшения длины её ствола, доработать казенную часть и конструкцию креплений к лобовой бронеплите. Орудие назвали БЛ-10, а танк - ИСУ-152-2. Испытания в декабре 1944 года не показали улучшения маневренности и проходимости, а показатели пушки упали. Проект закрыли



Тяжелые танки ИС использовались централизованно в отдельных тяжелых танковых полках прорыва, а с декабря 1944 г. - и в отдельных тяжелых танковых бригадах. Важнейшей задачей тяжелых танков была борьба с танками противника.

В самом конце войны Челябинский Кировский завод, используя накопленный опыт и имея больше возможностей для совершенствования танков, создал новый образец ИС-3 для замены ИС-2 (главный конструктор Н.Л. Духов, разработчик М.Ф. Балоки). ИС-3 отличался от предшественника более совершенной конструкцией корпуса (который получил носовую часть "корабельного" типа, и башни (которая приобрела "полусферическую" форму). При этом использовались большие углы наклона, что позволило довести эквивалентную толщину лобовой брони до 220 мм. Кроме того, удалось разместить люк водителя без ослабления защиты (на ИС-2 люк водителя отсутствовал). Но серийное производство этих машин развернулось уже после окончания войны.

ИС-3



Анализ боевых повреждений, полученных танками в ходе Курской битвы, особенно лобовых элементов корпуса и башни, привел к выводу о необходимости создания на базе танка ИС-2 новой конструкции башни и корпуса для придания им обтекаемой формы и резкого дифференцирования броневой защиты. В результате конструкторских работ было принято решение броневой корпус танка собирать при помощи сварки из катаных листов гомогенной броневой стали толщиной 20, 30, 60, 90 и 110 мм. Лобовое бронирование выполнялось из бронеплит толщиной 110 мм по схеме, известной как «щучий нос»: левая и правая верхние плиты располагались под наклоном  $56^\circ$  к вертикали и с подворотом  $43^\circ$ , а нижняя плита располагалась под углом  $63^\circ$ . Крыша отделения управления располагалась под наклоном  $73^\circ$ . Каждый из бортов корпуса состоял из двух бронеплит толщиной 90 мм: верхней, расположенной под углом  $60^\circ$  и образующей бортовую нишу, и вертикальной нижней. Помимо этого, верхняя часть бортов прикрывалась 30-мм экранами, расположенными под углом  $30^\circ$ . Кормовая часть собиралась из 60-мм бронеплит: нижней, расположенной под углом  $41^\circ$ , и нескольких верхних, имевших угол  $48^\circ$ . Крыша корпуса выполнялась из нескольких 20-мм бронелистов. Днище корпуса, плоское в районе трансмиссионного отделения и «корытообразное» в остальной части корпуса, было штампованным и также изготавливалось из 20-мм бронелиста.

Башня ИС-3 представляла собой цельную фасонную отливку из гомогенной броневой стали и имела приплюснутую полусферическую форму, каплевидную в плане. Толщина стенок башни в бортах и корме колебалась от 220 мм в нижней части до 110 мм в верхней, в лобовой же части она доходила до 255 мм. В целом углы наклона, составлявшие от  $-8$  до  $35^\circ$ , были подобраны таким образом, чтобы в любой точке стенок башни их горизонтальная толщина составляла не менее 160 мм. В лобовой части башни имелись амбразуры для орудия и спаренного пулемёта, прикрывавшиеся закреплённой на стволе пушки литой бронемаской, толщина которой достигала 250 мм.

Основным вооружением ИС-3 являлась 122-мм нарезная танковая пушка Д-25Т образца 1943 года, имевшая длину ствола 48 калибров (5852 мм) и начальную скорость бронепробивающего снаряда 800 м/с. Пушка Д-25Т имела горизонтальный клиновой затвор с полуавтоматикой механического типа, электромагнитный и механический спуски. Противооткатные устройства пушки состояли из гидравлического тормоза отката и гидропневматического накатника, располагавшихся над столом орудия слева и справа, соответственно. Орудие устанавливалось в лобовой части башни на цапфах в спаренной с пулемётом установке, позволявшей её наведение в вертикальной плоскости при помощи механизма секторного типа в пределах от  $-3$  до  $+20^\circ$ . Боекомплект пушки состоял из 28 выстрелов раздельно-гильзового заряжания.

В спаренной с пушкой установке размещался 7,62-мм пулемёт ДТМ. Боекомплект пулемёта составлял 2000 патронов. На крыше башни, на кольцевой турельной установке, размещался 12,7-мм зенитный крупнокалиберный пулемёт ДШК или ДШКМ, имевший круговой обстрел. На ИС-3 устанавливался V-образный 12-цилиндровый 4-тактный дизельный двигатель жидкостного охлаждения модели В-11 мощностью 520 л.с. Первая опытная партия тяжелых танков ИС-3 покинула заводские цеха в мае 1945 года. Всего было изготовлено 1777 танков ИС-3





ИС-3 создан по классической компоновочной схеме: корпус делился на четыре отделения. Место механика-водителя находилось в отделении управления. Вместе с изменением формы лобовой детали появился люк для водителя на крыше корпуса и перископический прибор наблюдения МК-4. Далее расположено боевое отделение, вмещавшее в себя большую часть боекомплекта, командира, заряжающего и наводчика, для которых имелся люк на крыше башни и смотровые перископические приборы МК-4. За перегородкой, в которой были съёмные листы с круглыми люками, предназначёнными для удаления пороховых газов из танка, следовало моторное отделение. Внутри находился двигатель со всеми дополнительными агрегатами и внутренние топливные баки. Трансмиссионное отделение находилось сзади. В него устанавливались фрикцион, коробка передач, редукторы и планетарные механизмы поворота. Из-за плотной компоновки пришлось дополнительно разместить снаружи отстёгивающиеся топливные баки



Парад Победы союзных войск во Второй Мировой войне состоялся 7.09.1945 года в Берлине у Бранденбургских ворот. От Советского Союза в параде приняли участие 52 танка ИС-3

Накануне войны велись работы и над созданием новых легких танков по двум типам: сопровождения пехоты и плавающих. На Ленинградском заводе им. Ворошилова (№ 174) в 1940 г. под руководством главного конструктора С.А. Гинзбурга был создан легкий танк Т-50, предназначавшийся для замены Т-26. Это была весьма удачная конструкция - при массе в 14,5 т машина была оснащена 45-мм пушкой и спаренным пулеметом, эквивалентная толщина носовой брони достигала 70 мм, при этом были использованы большие углы наклона (как у Т-34). Дизель мощностью 300 л.с. ("половина" от В-2) обеспечивал танку максимальную скорость в 60 км/ч и запас хода по шоссе 340 км. Машина обладала высокой проходимостью благодаря удельному давлению 0,57 кг/см<sup>2</sup>. Экипаж состоял из трёх человек.



T-50

Следует отметить, что освоение серийного производства танка Т-50 было сопряжено со значительными трудностями. В частности, не был готов двигатель танка. Данные обстоятельства и огромные проблемы, возникшие в танкостроении с началом войны, привели к тому, что производство Т-50 после выпуска менее 100 машин было прекращено.

На Московском машиностроительном заводе № 37 под руководством главного конструктора Н.А. Астрова был создан легкий плавающий танк Т-40 (для замены Т-38). Он имел массу 5,8 т, был вооружен крупнокалиберным пулеметом (12,7-мм) и спаренным пулеметом. Толщина брони составляла 13 мм. Скорость на суше достигала 45 км/ч, на плаву - 6 км/ч. В моторной установке и трансмиссии использовались автомобильные агрегаты, подвеска была торсионной. Экипаж танка состоял из двух человек.



T-40

С началом войны в связи с трудностями освоения Т-50 и резко возросшей потребностью в танках было решено увеличить производство легких танков, взяв за основу Т-40 (поскольку в нем применялись автомобильные агрегаты). Но при этом потребовалась его модернизация с целью повысить огневую мощь (была установлена 20-мм автоматическая пушка) и усилить защиту (в носовой части до 35 мм), что привело к потере плавучести. Уже в сентябре 1941 г. началось серийное производство образца Т-60 на Горьковском автомобильном заводе, куда был



T-60

эвакуирован Московский завод № 37, а затем и в Кирове, где было организовано танковое производство на базе эвакуированного Коломенского паровозостроительного завода. Поскольку боевые возможности Т-60 оказались недостаточными, в начале 1942 г. на Горьковском автомобильном заводе под руководством Н.А. Астрова был создан более совершенный образец Т-70, также оснащенный автомобильными агрегатами. При массе в 9,2 т этот танк был оснащен достаточно эффективной для своего класса 45-мм пушкой с боекомплектом в 90 выстрелов. Носовая броня достигала 45 мм. Спаренная установка автомобильных двигателей (размещены тандемом у правого борта) мощностью 140 л.с. обеспечила скорость в 45 км/ч. Экипаж танка состоял из двух человек. Скорострельность орудия оказалась невысокой, так как один человек в башне совмещал функции командира, наводчика и заряжающего. Чтобы устранить этот недостаток, в начале 1943 г. был создан танк Т-80 с увеличенной башней, в которой размещались два человека. Поскольку масса танка возросла до 11,6 т, мощность моторной установки была форсирована до 170 л.с.

(Продолжение следует.)

# Sodick



## **39000** линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше **700** в России, Украине и др. государствах  
бывшего СССР; на 12.2015 г.)

Единственный в мире изготовитель электроискровых (электроэрозионных) станков с проверенным 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:

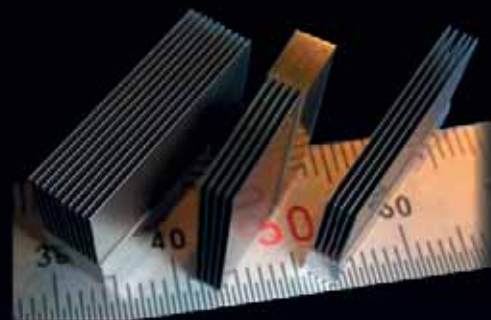
гарантия **10** лет

Впервые в отрасли!

## **60 лет опыта производства ЭИ станков!**

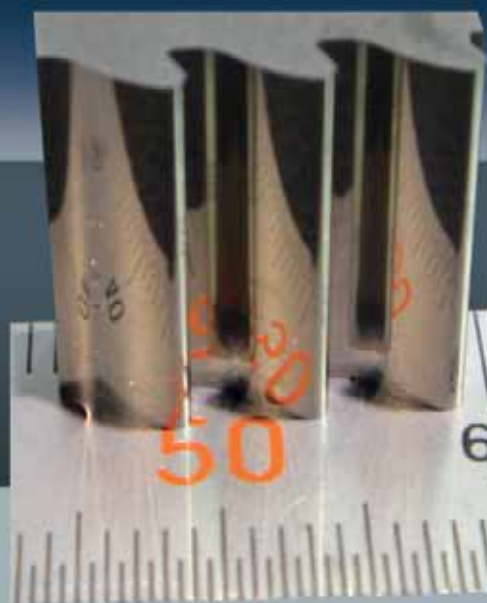
# НАНОШЕРОХОВАТОСТЬ

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



## Sodick

[www.sodicom.biz](http://www.sodicom.biz)



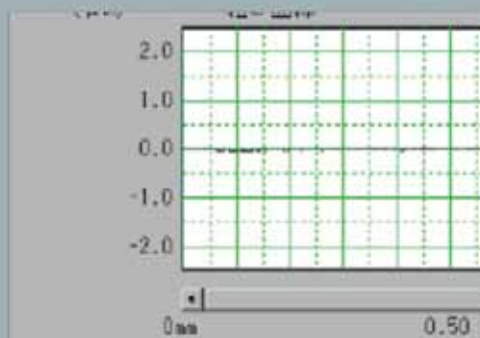
### AP250L

**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**



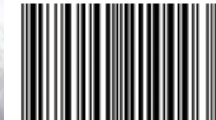
パラメータ名	値	単位
Ra	0.0061	μm
Ra(1)	0.0072	μm
Ra(2)	0.0086	μm
Ra(3)	0.0062	μm
Ra(4)	0.0060	μm
Ra(5)	0.0048	μm
Rz	0.0576	μm
Rz(1)	0.0600	μm
Rz(2)	0.0440	μm

## Рекорд отрасли!

# Долговременная точность в работе.

При изготовлении высококачественной медицинской техники важна стабильность производственного процесса. Этому требованию превосходно удовлетворяют станки Hermle.

ISSN 999-02109



Обработка центры Hermle - это чемпионы в микронной точности с длительным сроком службы. Выполняют пятиосевую обработку заготовок весом до 2500 килограмм - причем с точностью в несколько микрон. Для получения идеальных результатов.

Open House в Госхаиме 20 - 23 апреля 2016 года

[www.hermle.de](http://www.hermle.de)

Машиненфабрик Бертольд Хермле АГ, Госхайм телефон: +49 7426/95-0 info@hermle.de

