

Двигатель

Научно-технический журнал

№ 6 (102+244) 2015



Новые двигатели



новых летательных аппаратов стр. 2

Перспективное топливо для ГТД стр. 8



Юбилей АССАД стр. 12

И МНОГОЕ,

МНОГОЕ ДРУГОЕ ...



**Новейшие знания в области строения вещества
будут способствовать созданию передовых
конструкционных материалов стр. 15**



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности

2010



Медаль АМКос
"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

Богуслаев В.А., д.т.н.,
Президент АО "МОТОР СИЧ"

Воронков Ю.С., к.т.н.,
зав. кафедрой История науки РГГУ

Григорян Г.Г., д.т.н.,
вице-президент Общества "Знание" России

Губертов А.М., д.т.н.,
зам. директора ФГУП "Исследовательский центр
им. М.В. Келдыша"

Дическул М.Д.,
зам. управляющего директора ОАО "ОДК"

Дмитриев В.Г., д.т.н.,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"

Зрелов В.А., д.т.н.,
профессор кафедры конструкции и проектиро-
вания 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.

Кутнев 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"

Новиков А.С., д.т.н.
зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И.
Баранова"

Пустовгаров Ю.Л.,
президент Торгово-промышленной палаты
Республики Башкортостан

Рачук В.С., д.т.н.,
ген. конструктор, ген. директор
ФГУП "КБ Химавтоматики"

Ружьев В.Ю.,
первый зам. ген. директора Российского
Речного Регистра

Рыжов В.А., д.т.н.,
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"

Ситнов А.П.,
президент, председатель совета директоров
ЗАО "Двигатели "ВК-МС"

Скибин В.А., д.т.н.,
советник генерального директора ГНЦ "ЦИАМ
им. П.И. Баранова" по науке

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-инновацион-
ного комплекса авиакосмической 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.

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели" ©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

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

Мнение редакции не всегда

совпадает с мнением авторов.

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

Журнал "Двигатель", рекомендован эксперт-
ными советами ВАК по техническим наукам,
механике, машиностроению и машиноведению,
энергетическому, металлургическому,
транспортному, химическому, транспортно-
му, горному и строительному машиностроению,
авиационной и ракетно-космической
технике в числе журналов, в которых должны
быть опубликованы основные научные ре-
зультаты 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.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

16-й (108-й) год издания.

Отпечатано

ЗАО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

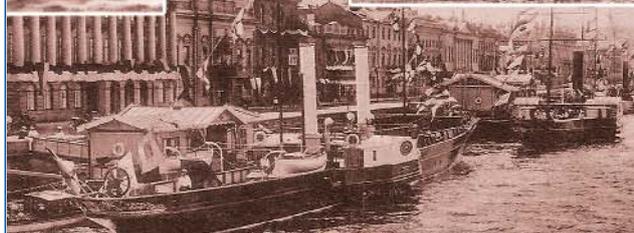
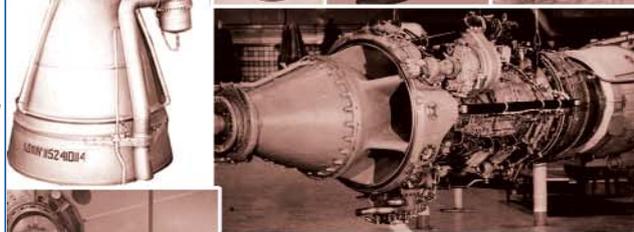
Тираж 5 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Исследование возможности и целесообразности создания двигателей различных классов на основе существующих отечественных газогенераторов в рамках программы импортозамещения**
А.С. Новиков, О.Д. Селиванов, Ю.А. Эрохи, В.С. Захарченко, Т.А. Морзеева, Т.А. Нуруллаев, Г.Г. Иджиян, Т.С. Ерченкова
- 8 Перспективы развития топлив для авиатехники с газотурбинными двигателями**
Е.П. Федоров, Н.И. Варламова, Л.С. Яновский, И.М. Попов
- 11 С любовью к родному краю**
Н. Янина
- 12 Совместная работа - гарантия успеха**
Д.А. Боев
- 13 2016 год: двадцатипятилетие АССАД!**
Д.А. Боев
- 15 Естественная Матрица фундаментальных законов строения физико-химических элементов, их оболочек, ядер и атомов в целом**
Ю.А. Галушкин
- 20 Новые подходы к решению проблемы повышения долговечности межроторных подшипников с помощью гидродинамических сил масляного клина**
Е.Ю. Марчуков, Ю.Б. Назаренко, М.В. Кузьмин, М.А. Богданов
- 25 Учёный при информации (к 80-летию В.М. Хайлова)**
- 26 Hi-tech изделия из Jihostroje (Чешская республика) успешно продвигаются на мировой рынок**
- 27 Семинар в чешском посольстве**
А.А. Гомберг
- 28 50 лет служения двигателестроению России (к 110-летию со дня рождения В.Р. Левина)**
В.И. Гуров
- 30 Фундаментальная триада знаний и энергетические методы наблюдения состояний**
Ю.А. Галушкин, А.А. Сперанский, А.И. Бажанов
- 34 Взгляд на историю с точки зрения Третьего ГУ Минавиапрома СССР**
В.М. Толоконников
- 38 Роль и место научных школ ЦИАМ в производстве авиадвигателей в нашей стране**
Д.А. Боев, Л.И. Соркин
- 42 Турбулентность. Уравнение энергии и условия совместности с термодинамикой**
Ю.М. Кочетков
- 46 Тридцать три года в ракетной технике: успехи, разногласия, конфликты**
В.Ф. Рахманин
- 54 Публикации 2015 г. по истории авиации**
Библиографическая группа Политехнической библиотеки
- 56 Энергетика на монетах**
А.В. Барановский
- 60 Танки от и до**
О.Н. Брилёв
- 64 Колесные пароходы. На заре века пара и электричества**
В.С. Шитарёв



ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ НА ОСНОВЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ



ФГУП ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

Александр Сергеевич Новиков, заместитель генерального директора института, д.т.н.
Олег Дмитриевич Селиванов, главный научный сотрудник, к.т.н.
Юрий Александрович Эзрохи, начальник сектора, к.т.н.
Виктор Савельевич Захарченко, начальник сектора, к.т.н.
Татьяна Андреевна Морзеева, ведущий специалист
Тимур Абдулович Нуруллаев, старший научный сотрудник
Геворк Георгиевич Иджиян, старший научный сотрудник
Тамара Сергеевна Ерченкова, ведущий инженер

В статье представлен анализ возможности и технологий создания двигателей-демонстраторов на основе газогенераторов серийных и опытных отечественных двигателей для последующей ремоторизации самолетов и вертолетов российского производства

The study of creation capability and technologies of engines-demonstrators based on produced and developed domestic engine cores for Russian manufacture aircrafts and helicopters is presented.

Ключевые слова: силовая установка, двигатель, агрегаты, самолёт, вертолёт, базовый газогенератор, импортозамещение, ремоторизация.

Keywords: powerplant, engine, units, aircraft, helicopter, base core, replacement of import products, re-engine.

Состояние проблемы

В настоящее время проблема импортозамещения авиационных двигателей является одной из наиболее острых и трудноразрешимых проблем для российской авиадвигателестроительной отрасли и российской авиации в целом.

Острота проблемы импортозамещения связана не только с трудностями обеспечения производства воздушных судов в рамках Гособоронзаказа и поддержки эксплуатирующихся парков двигателей государственной авиации, но и с риском необеспечения мобилизационной готовности гражданской авиации в угрожаемый период и в военное время, обусловленным резким ростом применения в гражданской авиации воздушных судов западного производства (см. табл. 1). Так, в 2014 году на долю самолетов зарубежного производства приходилось более 95 % выполненного пассажирооборота и более 88 % грузооборота [1].

Выполненный анализ номенклатуры (парков) авиационных двигателей, эксплуатируемых на летательных аппаратах государственной и гражданской авиации России, показал, что в Российской Федерации эксплуатируется 19 типов маршевых двигателей иностранного производства для самолётов, 10 типов маршевых двигателей для вертолётов и 7 типов ВСУ.

Следует также обратить внимание на опасность продолжающейся практики продвижения двигателей зарубежного производства на отечественный рынок рядом отечественных государственных предприятий и/или предприятий, осуществляющих реализацию проектов за счет бюджетного финансирования. В частности, холдинг "Технодинамика" организует производство ВГТД Saphir 15 ("Microturbo", Франция) для поставок в АО "Вертолеты России"; ФГУП "СибНИИ им. С.А. Чаплыгина" предусматривает установку ТВД ТРЕ-331-12 "Honeywell", США с винтом "Hartzell Propeller Inc.", США на Ан-2МС; АО "Камов" применяет на вертолете Ка-62 ТВГТД Ardiden 3G "Turbomeca", Франция, а также трансмиссию компании "Zoerkler Gears GmbH", Австрия; ОАО "Авиадвигатель" для ТРДД ПД-14 также использует импортную продукцию. Поэтому в рамках реализации государственной политики в области импортозамещения целесообразно предусмотреть меры, способствующие исключению действий по увеличению импортозависимости.

Таблица 1 Состав действующего парка воздушных судов в российских авиакомпаниях на июнь 2014 года. По данным ГосНИИГА [1]

Магистральные самолеты – 728 ед.		Региональные самолеты – 276 ед.		Грузовые самолеты – 137 ед.		Легкие многоцелевые самолеты – 437 ед.		Вертолеты – 1117 ед.	
Отечественного производства		Отечественного производства		Отечественного производства		Отечественного производства		Отечественного производства	
Ил-96-300	13	Ту-134	27	Ан-124	18	Ан-2	304	Ми-26Т	25
Ту-204/214	28	Ан-148	14	Ил-76	49	Ан-3	8	Ми-8МГ	210
Ил-62М	4	Ан-24/26	100	Ту-204С	5	Бе-103	1	Ми-8	579
Ту-154М	17	Ан-140	2	Ил-62М	1			Ка-32	26
Як-42	43	Як-40	32	Ан-12	6			Ми-2	77
SSJ-100	19	Ан-38	3	Ан-74	12			Ка-26	14
				Ан-32/30/26	31			Ка-226	2
Итого	124	Итого	178	Итого	122	Итого	313	Итого	933
Западного производства		Западного производства		Западного производства		Западного производства		Западного производства	
В-777	30	Dash-8	9	В-747-8Г	5	Ан-28	8	АW-139	14
В-747-400	20	ATR-42/72	20	В-747-400Г	7	Л-420	23	W-3	1
А330	24	CRJ-100/200	56	В-757-200Г	1	Л-410УВПО	8	EC-155	3
В-767	44	SAAB 2000	2	В-737-400SF	2	ДПС-6-400	2	Вк-117	6
B757-200	39	ERJ-135	4			Беско В300	4	Белл-430/429	3
В737	188	SAAB 340	4			PC-12	11	AW-119	2
А320/321	187	EMB-120	3			Cessna	30	А-109	4
А319	70					Итого	86	FC-135/130	14
ERJ-195	2					Бизнес-класс	38	Белл-407	4
								AS-355/350	35
								R-44	86
								R-66	2
Итого	604	Итого	98	Итого	15	Итого	124	Итого	184

Маршевые двигатели для самолётов

Перечень основных маршевых зарубежных авиационных двигателей, эксплуатируемых на самолётах российского производства, представлен в табл. 2 и 3.

Анализ табл. 2 и 3 показывает, что для импортозамещения зарубежных двигателей указанных самолетов необходимы прежде всего двигатели российской разработки следующих классов тяги и мощности:

- ТРДД классов тяги 7000-10000 кгс и 22000-25000 кгс;
- ТВД классов мощности 2500-3000 л.с. (1800-2200 кВт) и 4000-6000 л.с. (2900-4400 кВт).



Таблица 2. ТРДД зарубежного производства самолетов России

Самолёт	Двигатель	Взлётная тяга, кгс
SSJ-100 «СуперДжет»	ТРДД SaM146 Франция, Россия	2×7220
Ту-334	ТРДД Д-436Т1-148/ТП Украина	2×6400
Ан-148	ТРДД Д-436-148 Украина	2×6400
Бе-200	ТРДД Д-436ТП Украина	2×7500
Ан-124 «Руслан»	ТРДД Д-18Т Украина	4×23430

Таблица 3. ТВД зарубежного производства самолетов России

Самолёт	Двигатель	Взлётная мощность, л.с. (кВт)
Ан-2МС	ТРЕ-331-12 "Honeywell" США	1×1000 (736)
Ан-24	ТВД АИ-24А Украина	2×2550 (1876)
Ан-140	ТВД ТВ3-117ВМА-СБМ1 Украина	2×2500 (1839)
Ан-26	ТВД АИ-24ВТ Украина	2×2820 (2074)
Ил-114-100	ТВД PW-127Н Канада	2×2750 (2023)

Маршевые двигатели для вертолетов

Известно, что СУ практически всех вертолетов России основываются на двигателях зарубежного производства. Из них большую часть составляют двигатели ТВ3-117 разных модификаций производства Мотор Сич (Украина). На данный момент ведутся активные работы по замене указанных двигателей на двигатели ВК-2500 производства АО "Климов". Поэтому в дальнейшем анализе не рассматриваются СУ вертолетов, оснащенных двигателями класса ТВ3-117.

В табл. 4 представлена общая картина применения авиационных двигателей зарубежного производства на вертолетах разных весовых категорий: от сверхлегких (включая БЛА) до тяжелых.

Данные табл. 4 показывают, что для импортозамещения зарубеж-

Таблица 4. Силовые установки вертолетов России

Класс вертолёта	Вертолёт	Двигатель	Взлётная мощн., л.с. (кВт)
Сверхлёгкие	Ка-137	ЦД Hirth 2706 R05 Германия	1х65 (48)
	Актай	ЦД Mistral G-300 Швейцария	1х300 (220)
	Ми-34А	ТВГТД RR 250-С20R Великобритания/США	1х450 (330)
Лёгкие	Ми-2А	ТВГТД ГТД-350 Польша	2х400 (295)
	Ми-2М	ТВГТД АИ-450 Украина	2х400 (295)
	Ка-226	ТВГТД RR 250-С20R Великобритания/США	2х450 (330)
	Ка-226Г	ТВГТД Agius 2G1 Франция	2х500 (368)
	Ансат, Ансат-У	ТВГТД PW207 Канада	2х630 (464)
Средние и тяжёлые	Ка-62	ТВГТД Ardiden 3G Франция	2х1525 (1122)
	Ми-26	ТВГТД Д-136 Украина	2х10000 (7355)

ных двигателей производимых в России вертолетов необходимы двигатели российской разработки следующих классов:

- поршневые двигатели классов мощности 60-90 л.с. (45-70 кВт) и 250-350 л.с. (180-260 кВт);
- турбовальные ПД классов мощности 400-700 л.с. (290-500 кВт), 1300-1800 л.с. (1000-1300 кВт) и 8000-11000 л.с. (6000-8000 кВт).

Первоочередные задачи импортозамещения авиадвигателей

Из анализа приведённых выше примеров, а также более широкого рассмотрения проблем в российском авиадвигателестроении следует, что в качестве первоочередных задач комплексной проблемы импорто-

замещения в части создания силовых установок, предназначенных как для вновь создаваемых российских ЛА, так и для замены их зарубежных аналогов, предварительно целесообразно считать следующие:

- организацию производства в России агрегатов системы автоматического управления, топливпитания и других комплектующих изделий, обеспечивающих работу двигателей самолётов стратегической авиации, военно-транспортной и авиации специального назначения;
- завершение переноса в Россию полного цикла производства ряда двигателей (АИ-222-25, SaM146) и рассмотрение возможности незамедлительного создания (завершения разработки) гаммы других самолётных двигателей:
 - ТРДД в классе тяги 30 тс, обеспечивающего возможность ремоторизации самолёта Ан-124, а также создание широкофюзеляжного магистрального самолёта, перспективного авиационного комплекса транспортной авиации и др. перспективных проектов;
 - ТРДД в классе тяги 7...10 тс для ремоторизации самолётов SSJ-100, Ан-148, Бе-200 и др.;
 - ТВД в классе мощности 2800...5000 л.с. (2000-3700 кВт) для самолётов Ил-112, Ил-114, возможно, Ан-140;
 - ТВД в классе мощности 800...1000 л.с. (600-750 кВт) для ремоторизации самолётов Ан-2 (Ан-3), "Рысачок" и др.;
 - завершение переноса в Россию полного цикла производства двигателей ТВ3-117/ВК-2500 и рассмотрение возможности незамедлительного создания (завершения разработки) гаммы других вертолётных двигателей:
 - в классе мощности 10000 л.с. (7500 кВт) для ремоторизации вертолёта Ми-26 и оснащения российско-китайского перспективного тяжёлого вертолёта;
 - в классе мощности 1300...1800 л.с. (1000-1300 кВт) для ремоторизации вертолёта Ка-62;
 - в классе мощности 600...800 л.с. (400-600 кВт) для ремоторизации вертолётов Ка-226 и Ансат различных модификаций;
 - замену бортовых вспомогательных силовых установок зарубежного производства на самолётах и вертолётах А-50, Ан-24/26/30, Ан-140, Ан-148, Л-39, SSJ-100, Ми-8/17, Ми-28, Ка-27/28/29/31 и др. на равноценные по мощности отечественные ВСУ на базе ТВ7-117, ТА-14, ТА-18-100.

Отметим, что задача возрождения в России производства авиационных двигателей внутреннего сгорания требует специального рассмотрения и в рамках данной статьи не затрагивается.

Очевидно, что оперативная реализация такой обширной программы на высоком качественном уровне, отвечающем перспективным требованиям к авиационным двигателям, с учётом экономической ситуации в стране не представляется возможной. Тем не менее, наличие созданных ранее отечественных газогенераторов двигателей 4 поколения обеспечивает основу для разработки необходимого ряда турбореактивных, турбовинтовых и турбовальных двигателей, способных заполнить все ниши, занимаемые двигателями зарубежного производства, эксплуатируемыми на отечественных летательных аппаратах.

Созданные таким образом двигатели могли бы в значительной степени сократить возможные временные и материальные затраты на разработку новых двигателей, если создание новых газогенераторов для них экономически не оправдано. Эта проблема касается не только класса двигателя большой тяги, который в отечественном двигателестроении в настоящее время полностью отсутствует, но является крайне актуальной и для ряда двигателей других размерностей в силу их важности для обеспечения обороноспособности страны или массовости летательных аппаратов, на которых они используются.

Рассмотрим потенциальные возможности решения указанной задачи.

Постановка задачи. Исходные положения

Следует иметь в виду, что находящиеся в настоящее время в эксплуатации двигатели 4 поколения уступают по уровню параметров рабочего процесса и показателей эффективности основных узлов разрабатываемым двигателям 5 поколения; в связи с этим их массово-габаритные характеристики также несколько отстают от современного уровня. Поэтому с учётом временного фактора в постановке задачи допускалась возможность определенного улучшения в направлении

конструкционных материалов и технологий, в частности, позволяющего некоторое повышение уровня температуры газа перед турбиной без существенного увеличения отборов воздуха на ее охлаждение при условии выполнения характерных для двигателей гражданской авиации требований по ресурсу.

Одним из основных параметров, характеризующих потенциальные возможности газогенератора в направлении создания на его основе новых двигателей, является его размерность, за которую принимается значение приведенного расхода воздуха на выходе из КВД $G_{пр\ вых}$ [2].

В настоящее время номенклатура отечественных двигателей 4 поколения охватывает практически весь диапазон значений размерности газогенератора, начиная от малоразмерных с $G_{пр\ вых} < 2$ кг/с (например, ТРДД АЛ-55И и РД-1700), средней размерности с $G_{пр\ вых} \approx 4...7$ кг/с (например, ТРДДФ РД-33, АЛ-31Ф, ТРДД ПС-90) и большой размерности с $G_{пр\ вых} \geq 7$ кг/с. Кроме того, в качестве варианта рассмотрена возможность создания двигателей в широком диапазоне значений тяги на базе газогенератора разработанного в настоящее время ТРДД 5 поколения ПД-14, имеющего размерность газогенератора $G_{пр\ вых} \approx 2,8$ кг/с.

В связи с этим представляет интерес рассмотреть возможности создания ГД различных типов и назначения на базе газогенераторов указанных четырех характерных размерностей.

- В качестве газогенератора малой размерности ($G_{пр\ вых} = 1,75$ кг/с) выбран одновальный газогенератор ТРДД (далее - ГГ1) с достаточно умеренным уровнем степени повышения давления $\approx 6,3$ и температуры газа перед турбиной, уровнем эффективности узлов и небольшим числом ступеней лопаточных машин, по параметрам близкий к ГГ АЛ-55И ($Z_k + Z_t = 5+1$).

- В качестве газогенератора промежуточной размерности ($G_{пр\ вых} \approx 2,8$ кг/с) рассмотрен одновальный газогенератор современного опытного ТРДД (далее - ГГ2) с высокой степенью повышения давления в компрессоре $\approx 16,7$ и достаточно высоким, но уже освоенным уровнем температуры газа перед турбиной ($T_{г^*} \approx 1650$ К) и современным уровнем эффективности узлов турбокомпрессора, по параметрам близкий к ГГ двигателя 5 поколения ПД-14 ($Z_k + Z_t = 8+2$).

- В качестве газогенератора средней размерности ($G_{пр\ вых} \approx 4$ кг/с) выбран одновальный газогенератор многорежимного ТРДДФ (далее - ГГ3) со степенью повышения давления в компрессоре ≈ 7 и с числом ступеней, вполне характерном для двигателей 4 поколения ($Z_k + Z_t = 9+1$), по параметрам близкий к ГГ РД-33. Умеренное значение температуры газа перед турбиной на расчетном (взлетном) режиме исходного двигателя $T_{г^*}$ при заметно более высоком значении $T_{г^* макс} = T_{г^*} + 150$ К дает возможности форсирования этого газогенератора при одновременном увеличении расхода воздуха через двигатель (и соответственно, степени двухконтурности) в создаваемых на его основе ТРДД.

- В качестве газогенератора большой размерности ($G_{пр\ вых} \approx 7$ кг/с) выбран двухвальный газогенератор ТРДДФ, по параметрам близкий к модифицированному ГГ НК-32 (далее - ГГ4) со значением суммарной степени повышения давления в обоих каскадах компрессора $\pi_k \approx 4$ и достаточно высоким для двигателей 4 поколения уровнем КПД лопаточных машин; что должно способствовать получению более высоких показателей экономичности получаемых на его основе ТРДД ($Z_k + Z_t = (3+7)+(1+1)$).

Использование базовых газогенераторов при создании ТРДД

Создание модификации двигателя на основе базового газогенератора предполагает использование вентилятора с измененным по сравнению с исходным двигателем расходом воздуха через двигатель и, соответственно, величины степени двухконтурности. Область применения создаваемых таким образом ТРДД чаще всего требует достаточно высокого уровня степени двухконтурности и неизбежно связанного с ним низкого уровня степени повышения давления в вентиляторе. Для компенсации получаемого при этом снижения суммарной степени повышения давления в компрессорах в данном исследовании предлагается применение каскада подпорных ступеней на валу вентилятора. Такой подход является достаточно типичным и был применен, в частности, фирмой General Electric при создании на базе газогенератора ТРДДФ

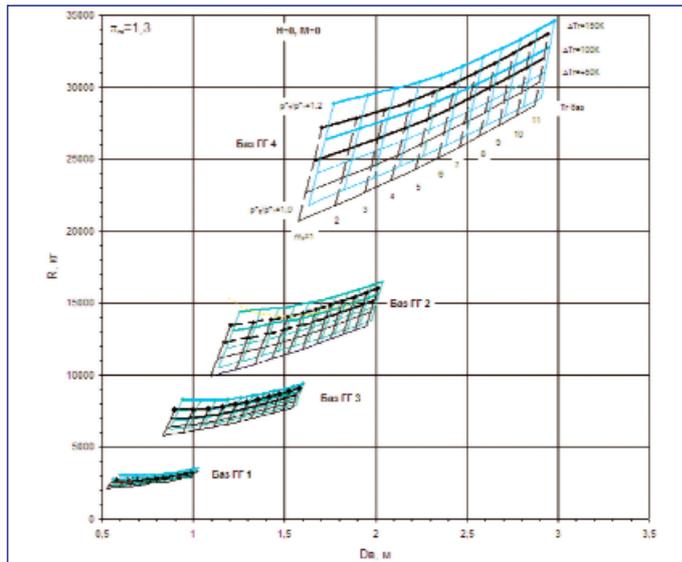


Рис. 1. Диапазоны возможных значений тяги ТРДД на базе рассмотренных газогенераторов: черные линии - $P^*2/P^*1=1,0$, голубые линии - $P^*2/P^*1=1,2$

F101 ($G_{пр\ вых} \approx 3,3$ кг/с) двигателя CFM.56 для дозвукового пассажирского самолета, имеющего степень двухконтурности $m_0 \approx 5,5$ и взлетную тягу $\sim 10...15$ т, в котором за низконапорным вентилятором были установлены три подпорные ступени, что обеспечило практически одинаковую суммарную степень сжатия в обоих двигателях.

Кроме того, увеличение расхода воздуха через вентилятор (по сравнению с исходным двигателем) неизбежно приведет к росту передаваемой через вал низкого давления мощности от турбины к вентилятору и, как следствие, возможному увеличению диаметра этого вала; в связи с этим следует иметь в виду возможные проблемы с "пропусканием" вала низкого давления внутри вала (или валов) газогенератора.

Рассмотрение возможных вариантов двигателя на базе выбранного газогенератора строилось следующим образом:

- сохраняются параметры (приведенный расход воздуха на входе в газогенератор, приведенная частота вращения, температура газа на входе в газогенератор, потери по тракту, эффективность узлов) и геометрические размеры газогенератора двигателя-прототипа;
- изменение степени двухконтурности в широком диапазоне от $m_0=1$ до $m_0=11$ (близкое значение этого параметра имеют такие современные зарубежные ТРДД большой степени двухконтурности как Leap-X объединения CFMI, Trent 1000 фирмы Rolls-Royce и др.);
- эффективность узлов каскада низкого давления (КПД вентилятора и турбины низкого давления), а также потери в канале наружного контура выбраны на современном уровне;
- степень повышения давления в вентиляторе принималась исходя из заданного отношения полных давлений на выходе из наружного и внутреннего контуров $p_{и}^*/p_{в}^*$, при этом в качестве характерного примера рассматривались два уровня этого параметра $p_{и}^*/p_{в}^*=1$ и $p_{и}^*/p_{в}^*=1,2$ (последнее примерно соответствует наиболее рациональному распределению свободной энергии между контурами);
- рассматривались четыре уровня температуры газа перед турбиной $T_{г^*}$ на взлетном режиме (от исходного уровня $T_{г^* исх}$ до $T_{г^* исх} + 150$ К, то есть практически до уровня, достигнутого к настоящему времени за рубежом в двигателях 5 поколения);
- диаметр на входе в двигатель выбирался исходя из освоенного на сегодняшний день значения лобовой производительности вентилятора на уровне $G^F=190$ кг/с m^2 .

Результаты проведенных расчетных оценок представлены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 показаны четыре возможных диапазона уровня тяг ТРДД на взлетном режиме, которые могут быть достигнуты для различных уровней температуры газа перед турбиной, степени двухконтурности и отношения полных давлений на выходе из контуров $p_{и}^*/p_{в}^*$ для газогенераторов трех выбранных размерностей.

Как показано на рис. 1, с учетом принятых условий



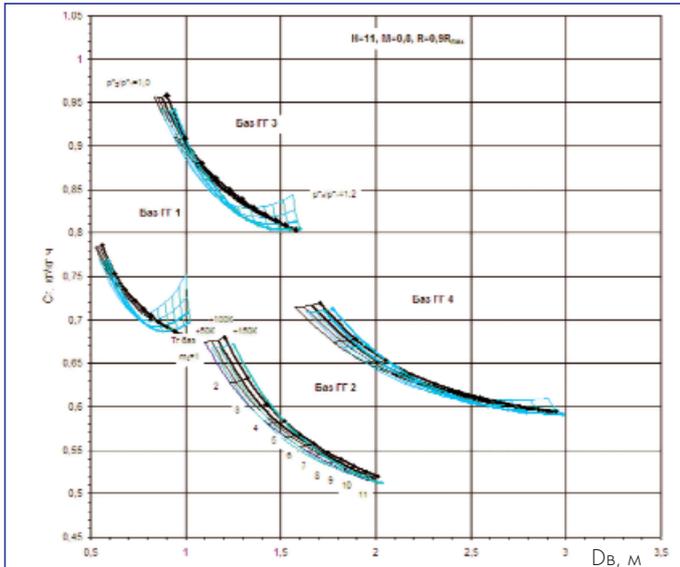


Рис. 2. Диапазоны возможных значений удельного расхода топлива ТРДД в крейсерских условиях полета при запасе тяги 10% на базе рассмотренных газогенераторов: черные линии - $P^*2/P^*1=1.0$, голубые линии - $P^*2/P^*1=1.2$

- на базе газогенератора большой размерности ГГ4 может быть создано семейство ТРДД с уровнем взлетной тяги от 20 до 35 тс,
- на базе газогенератора ГГ2 опытного ТРДД 5 поколения - с тягой от 10 до 16,5 тс,
- на базе газогенератора средней размерности ГГ3 - от 6 до 9 тс,
- на базе малоразмерного газогенератора ГГ1 - от 2 до 3,5 тс.

Такое, на первый взгляд, несоответствующее размерности ГГ2 положение семейства ТРДД на его базе занимает вследствие, прежде всего, достаточно высокого значения суммарной степени повышения давления в компрессоре и современного уровня эффективности узлов турбокомпрессора при более высоком, чем у других газогенераторов, исходном значении температуры газа перед турбиной.

На рис. 2 показана оценка возможного диапазона изменения удельного расхода топлива на крейсерском режиме $H=11$ км, $M=0,8$; уровень потребной тяги условно принят с 10%-ным запасом по сравнению с максимальным режимом в соответствующих условия полета ($R_{потр}=0,9R_{max}$).

Как следует из полученных результатов, наилучшую экономичность, естественно, имеют двигатели на базе газогенератора ГГ2 в силу более высоких значений суммарной степени повышения давления $\pi_{кст}^*$ и показателей эффективности лопаточных машин. Наихудшие по удельному расходу топлива показатели имеет семейство двигателей на базе ГГ3 в связи с достаточно умеренными значениями $\pi_{кст}^*$ и низкими (даже для двигателей 4 поколения) значениями КПД лопаточных машин. Семейство ТРДД на базе газогенератора ГГ1 и ГГ4 занимает в этом сравнении промежуточное положение.

Специально следует отметить влияние отношения полных давлений на выходе из контуров p_{II}^*/p_I^* на удельный расход топлива в крейсерских условиях полета за счет влияния соотношения скоростей истечения из сопел контуров. Из проведенной расчетной оценки видно, что увеличение величины p_{II}^*/p_I^* (то есть степени повышения давления в наружном контуре) приводит к некоторому повышению тяги на взлетном режиме (см. рис. 1), причем по мере увеличения степени двухконтурности это влияние ослабевает. Так, для рассмотренного диапазона степени двухконтурности повышение p_{II}^*/p_I^* от 1 до 1,2 при $m_0=1$ позволяет получить на $\approx 5,5\%$ большую величину тяги, а при $m_0=11$ - этот эффект снижается почти втрое (до $\approx 2\%$).

Оценка влияния величины p_{II}^*/p_I^* на удельный расход топлива в условиях крейсерского полета также показывает, что для некоторого диапазона значений степени двухконтурности увеличение этого отношения благоприятно влияет на улучшение экономичности двигателя (снижение расхода топлива до $\approx 2,5\%$); в связи с этим может потребоваться оптимизация этого параметра с целью дополнительного снижения удельного расхода топлива (см. рис. 2).

Рассчитанное семейство кривых удельной массы двигателей (не приводится), основанных на рассматриваемых газогенераторах, вполне укладывается в приемлемый для летательного аппарата диапазон значений.

Аналогичное семейство кривых может быть рассчитано для зависимостей удельной массы двигателей, основанных на определенных газогенераторах.

Использование базовых газогенераторов при создании ТВД и ТВГТД

В связи с возможностью применения рассмотренных газогенераторов ГГ1, ГГ2, ГГ3 и ГГ4 в качестве базовых при создании турбовинтовых и турбовальных ГД различного класса мощности представляет интерес оценка их показателей мощности и удельного расхода в условиях взлета ($M=0, H=0$) (см. табл. 5).

Из анализа представленных данных следует, что, как и ожидалось, наибольший показатель мощности и вполне приемлемую экономичность имеет ГД на базе газогенератора ГГ4 наибольшей размерности из рассмотренных. Наилучшую экономичность имеет ГД на базе ГГ2 в связи с достаточно высоким уровнем степени повышения давления в компрессоре и современным уровнем эффективности узлов турбокомпрессора. Экономичность двух других ГД (на базе ГГ1 и ГГ3) на 25...30 % хуже, в основном, вследствие более низкой степени повышения давления в компрессоре (см. таблицу). Худшая из рассмотренных вариантов экономичность двигателя на базе ГГ1, по-видимому, связана с более низким значением эффективного КПД из-за достаточно умеренных значений показателей эффективности узлов турбокомпрессора (что связано с его малой размерностью) и наиболее низким уровнем температуры газа перед турбиной ($T_r^* \approx 1400K$).

Представляет заметный интерес параметр, косвенно отражающий удельную располагаемую мощность газогенератора и равный отношению располагаемой мощности к его размерности, то есть к $G_{пр\ вых}$. Эта величина, естественно, существенно зависит от степени повышения давления в компрессоре π_k^* (точнее, от близости этой величины к ее оптимальному значению с точки зрения работы термодинамического цикла), уровня температуры газа перед турбиной и степени совершенства узлов турбокомпрессора; используя эту величину можно оценить необходимую размерность того или иного газогенератора для получения требуемого уровня мощности ГД. Так, например, для получения характерного уровня мощности $\approx 7...8$ МВт необходимое уменьшение ГГ2 по расходу воздуха может составить 50...60%.

Второй путь повышения мощности получаемого таким образом ГД состоит в создании дополнительного наддува базового газогенератора путем установки дополнительных ступеней на входе в КВД. Такой способ не только позволит увеличить мощность двигателя, но и повысить его экономичность. Так, установка дополнительной ступени в КВД ГГ1 со степенью повышения давления $\pi_{кст}^* \approx 1,4$ даст прирост мощности на $\approx 40\%$ (до $N_{расп} = 3,14$ МВт) с одновременным снижением удельного расхода топлива на $\approx 0,5\%$ (до $C_e = 0,273$ кг/ч кВт).

В случае применения модернизации исходных газогенераторов путем повышения температуры газа перед турбиной по аналогии с рассмотренными выше для ТРДД на 50, 100 и 150 К располагаемая мощность может быть существенно увеличена (на $\approx 10...35\%$) по сравнению с вариантом, имеющим базовую температуру газа перед турбиной (рис. 3).

При этом улучшение экономичности может составить $\approx 1,3...2,8\%$ для $\pi_{tr}^* = 50$ К и $\approx 3...6,5\%$ для $\pi_{tr}^* = 150$ К (рис. 4).

Таблица 5. Параметры базовых газогенераторов

	ГГ1	ГГ2	ГГ3	ГГ4
$G_{пр\ вых}$ – размерность газогенератора, кг/с	1,75	2,8	4	7
π_k^* – степень повышения давления в КВД	6,3	16,7	7,0	14,2
$N_{расп}$ – располагаемая мощность, МВт	2,25	12,86	6,50	26,61
C_e – удельный расход топлива, кг/час кВт	0,305	0,211	0,290	0,226
$\bar{N}_{расп} = \frac{N_{расп}}{G_{пр\т\ max}}$, МДж/кг	1,28	4,74	1,82	3,88

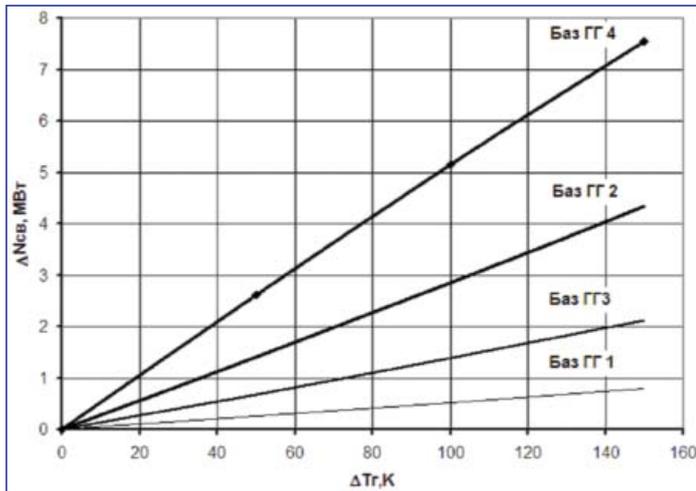


Рис. 3. Изменение располагаемой мощности при увеличении температуры газа перед турбиной базового газогенератора

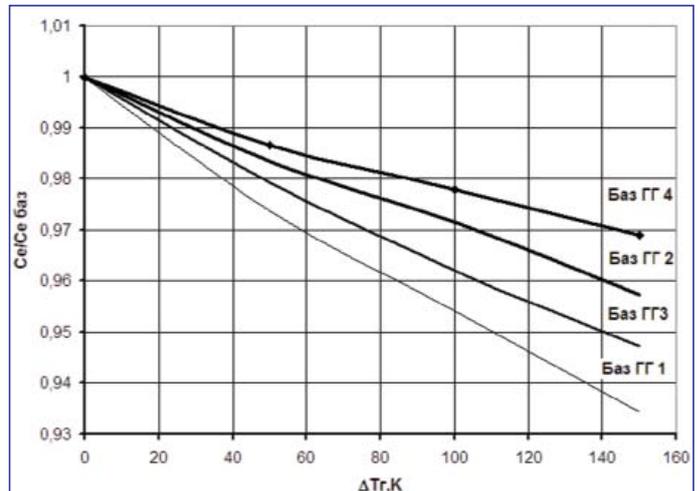


Рис. 4. Относительное изменение расхода топлива при увеличении температуры газа перед турбиной базового газогенератора

Сравнительная оценка технико-экономической эффективности замещающих двигателей

Были проведены оценки технико-экономической эффективности замещения зарубежных двигателей на российские аналоги на ряде самолётов (Ан-124, SSJ-100, SSJ-130, Ан-140 и др.) и вертолётов (Ми-26, "Ансат" и др.). Детальный анализ этих результатов выходит за рамки данной статьи, здесь же в качестве иллюстрации приведём два характерных примера. В первом случае оценивалась эффективность применения возможного ТРДД большой тяги ПД-26 ($R_0 = 26$ тс) на основе газогенератора двигателя НК-32 для ремоторизации самолёта Ан-124 "Руслан", во втором - применения ТВГТД с $N_{e_{вал}} = 10000$ л.с. (7355 кВт) на базе газогенератора двигателя ПД-14, обеспечивающего ремоторизацию вертолёта Ми-26. Результаты соответствующих оценок приведены в табл. 6 и 7.

Таблица 6. Сравнительные показатели эффективности тяжёлых самолётов транспортной авиации

Самолет, первый вылет	Ан-124 (4 пок.) 1982 г.	Ан-124	С-5В (4 пок.) 1982 г.
	Двигатель, число и взл. тяга, тс	Д-18Т 4 × 23.4	ПД-26 4 × 26.0
Взлётная масса самолета, т	405	405	380
Взлётная тяговооруженность	0,231	0,257	0,205
Масса снаряжен. самолета, т	175	175	170
Максимальная грузоподъемность, т	150	150	118
Удельный расход топлива в системе СУ, кг/(кгс·ч)	0,626	0,589	~0,62
Дальность полета, км	3700 5800 (120 т)	4000 6250 (120 т)	5000
Топливная эффективность, г/т·км	118	111	129
Длина ВПП, м	3000	2500	3150

Анализ этих материалов показывает, что вынужденное использование в качестве основы газогенераторов двигателей, заложенных в большинстве случаев достаточно давно и оптимизированных иногда для двигателей другого назначения, не позволяет сразу получить радикальное улучшение показателей самолёта или вертолёта - для этого необходима серьёзная работа по модернизации базовых газогенераторов, и, что не менее важно, по тщательному согласованию проектных

параметров двигателя и летательного аппарата. Так, в приведённых примерах двигатель ПД-26 на основе газогенератора двигателя 4 поколения НК-32 обеспечил самолёту существенное улучшение лётных данных не только вследствие усовершенствования базового ГГ, но и в результате более полной реализации возможностей самолёта при увеличении его коммерческой нагрузки до 150 т. Во втором случае в примере с импортозамещением СУ вертолёта Ми-26 замещающий двигатель 5 поколения ПД-12В не обеспечивает увеличение дальности полета базового варианта вертолёта с двигателями Д-136, что связано с переразмеренностью газогенератора двигателя ПД-14 относительно варианта, оптимального для МИ-26. В данном случае возможности ГГ ПД-14 были бы в более полной мере реализованы на вертолёте большей размерности.

Таблица 7. ЛТХ вертолета Ми-26 с альтернативными двигателями

Основные ЛТХ	Двигатель	
	Д-136	ПД-12В
Взлётная масса вертолета, кг	49650	
Масса топлива, кг	9150	8750
Дальность полета, км	811	795
Время полета, ч	3,5	3,47
Средняя скорость, км/ч	229	229
Средний расход топлива за полет, кг/ч	2290	2155
Высота крейсерского полета, м	500	
Расчётная крейсерская скорость, км/ч	260	260
Статический потолок, м	2462	2600
Динамический потолок, м	4314	4500

Технико-экономический анализ программ создания ГТД для ремоторизации эксплуатирующихся в России самолётов, вертолётов и ВГТД

Для обеспечения возможности принятия объективных решений с учетом наиболее важного фактора - объема затрат на проведение соответствующих ОКР для обеспечения возможности ремоторизации самолётов и вертолётов, находящихся в производстве и/или в эксплуатации, проведен укрупненный технико-экономический анализ 9 актуальных программ создания ГТД для ремоторизации эксплуатирующихся в России самолётов, вертолётов и ВГТД.

Анализ выполнен с использованием моделей, разработанных ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова". При этом моделирование осуществляется на основе величин основных параметров двигателя (тяга/мощность, удельный расход топлива, расход воздуха, степень повышения давления, температура газа, степень двухконтурности, масса двигателя). Специально вводится параметр (коэффициент преемственности), позволяющий учесть степень конструктивно-технологического заимствования у существующего двигателя/газогенератора. Полученные результаты технико-экономического анализа в возможных случаях



сравниваются с результатами расчетов, выполненных предприятиями-разработчиками двигателя.

Следует подчеркнуть, что полученные по модели оценки стоимости ОКР по разработке двигателей не включают затраты на НТЗ, которые не входят в состав затрат на ОКР конкретного двигателя. В расчетах также не учитываются габаритные и присоединительные размеры двигателя, и, соответственно, затраты на разработку/модификацию мотогондолы.

Полученные оценки для ряда наиболее актуальных программ по срокам и стоимости соответствующих ОКР представлены в табл. 8.

Следует учитывать, что в условиях имеющей место нестабильности в финансовой сфере России приведенные данные следует рассматри-

маршевых двигателей иностранного производства для самолётов, 10 типов маршевых двигателей для вертолётов и 7 типов ВСУ.

- Существенное ускорение решения проблемы импортозамещения в отношении авиадвигателей может быть обеспечено в результате использования в качестве основы для ускоренной разработки необходимых двигателей имеющихся отечественных газогенераторов, прежде всего газогенераторов двигателей 4 поколения.

- Имеющиеся отечественные газогенераторы без их модернизации обеспечивают возможность создания на их базе ТРДД в диапазоне тяг от 2...3 тс (на базе ГГ малой размерности) до 20...28 тс (на базе ГГ наибольшей размерности) и турбовинтовых и турбовальных ГД в классе мощности от 2 до 25 МВт.

Таблица 8.

Оценка стоимости и продолжительности ОКР по созданию отечественных двигателей, обеспечивающих выполнение программы импортозамещения

№ п/п	Замена двигателя на самолёте	Программы создания двигателей для ремоторизации	Полученные оценки	
			Т _{о_кр} , годы	С _{о_кр} , млрд руб.
1	Замена Д-18Т на Ан-124	НК-23 Д – на базе ГГ НК-32	6,5	44,4
		ПД-28 – на базе ГГ ПД-14	7,6	99,0
2	Замена SaM-146 на SSJ-100	Д277-8 – на базе ГГ изд.77	5,4	26,3
		Д277-8 – на базе ГГ изд.77 + каскад НД SaM-146	4,7	19,5
3	Замена Д-436 на Бе-200	ПД-10 – на базе ГГ ПД-14	5,0	31,1
		Д277-10 – на базе ГГ изд.77	5,5	29,9
4	Замена Д-136 на Ми-26	ПД-12В – на базе ГГ ПД-14	4,8	4,9
5	Замена Ardiden 3G на Ка-62	РД-600ВМ – на базе РД-600	3,8	2,24
6	Замена АИ-24УБЭ на А-50	ВГТД (500 кВт) – на базе ТВ7-117	3,8	2,3
		УБЭ-1700 оригинальной разработки	5,4	4,1
7	Замена АИ-24 и ТВ3-117ВМС-СБМ1 на Ан-24/26/30 и Ан-140	ТВД (2500-3000 л.с.) – на базе ТВ7-117	3,9	2,6
8	Замена АИ-20 на Ан-12, Ил-18/20/22/38, Бе-12	ТВД (5000 л.с.) – на базе масштабированного ГГ ТВ7-117	4,8	10,6
9	Замена PW207К и Arrisus2G1 на Ансат и Ка-226Т	ТВГТД (500-800 л.с.) – на базе ВК-800	6,5	4,3

вать как сугубо предварительную качественную оценку, прежде всего при сопоставлении отдельных программ друг с другом.

Заключение

- В авиации Российской Федерации эксплуатируется 19 типов



мирового опыта создания авиатехники и угроз национальной безопасности в современных условиях. ГосНИИ ГА, 2014.

2. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей. Под ред. С.М. Шляхтенко, В.А. Сосунова. М. Машиностроение. 1979.

ПЕРЕЧЕНЬ

рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук (2015 г.)

Страница 166

№ 1630. Научно-технический журнал "Двигатель"

Включён в перечень 29.12.2015

- 01.02.00 - механика;
- 05.02.00 - машиностроение и машиноведение;
- 05.04.00 - энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение;
- 05.05.00 - транспортное, горное и строительное машиностроение;
- 05.07.00 - авиационная и ракетно- космическая техника.

ИЗВИНЕНИЯ

Сообщаем, что в статье "Высокоэнергетическая томография ракетных двигателей малой тяги", "Двигатель" № 101, среди авторов ошибочно указан И.Н. Боровик. Редакция приносит свои извинения Игорю Николаевичу Боровику, не являющемуся автором данной статьи.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВ ДЛЯ АВИАТЕХНИКИ С ГАЗОТУРБИННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ



ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":

Евгений Петрович Федоров, к.т.н., ведущий научный сотрудник

Наталья Ивановна Варламова, начальник сектора

Леонид Самойлович Яновский, д.т.н., начальник отдела

Иван Михайлович Попов, инженер-химик 1ой категории

Представлен сравнительный анализ основных марок отечественных и зарубежных реактивных топлив. Определены пути их развития в направлении повышения термоокислительной стабильности (ТОС). Показана перспективность повышения ТОС введением гидрогенизационных процессов в технологию производства топлив. Рекомендовано сокращение номенклатуры отечественных реактивных топлив до двух марок: Т-8В и Т-6. Отмечено отставание России в разработке промышленной технологии производства реактивных топлив из альтернативного сырья: угля, природного газа, биомассы

A comparative analysis of the major brands of domestic and foreign jet fuels is presented. The ways of their development towards improving the thermal oxidative stability. The increasing thermal oxidative stability can be supported by hydrogenation processes in fuel production manufacturing. The reducing the number of domestic jet fuel to two brands T-8V and T-6 is recommended. Russia has the lag in the development of industrial technology for production of jet fuels from alternative raw materials: coal, natural gas, biomass.

Ключевые слова: реактивное топливо, термоокислительная стабильность, гидрогенизационные процессы, функциональные присадки
Keywords: jet fuel, thermal oxidative stability, hydrogenisation processes, functional additives

Развитие реактивных топлив для авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) определяется компромиссом между возрастающими требованиями к качеству топлива со стороны авиадвигателестроителей и возможностями нефтеперерабатывающей промышленности удовлетворить эти требования.

Совершенствование авиационных ГТД сопровождается увеличением температуры воздуха и газа по тракту двигателя, т.е. ростом его теплонапряженности, и, как следствие, увеличивающимся сбросом тепла в топливо. Поэтому одним из основных постоянно действующих требований к качеству топлива является повышение его термоокислительной стабильности (ТОС), что обеспечивает повышение предельной допустимой температуры применения топлива без ухудшения прочих показателей качества.

Нефтеперерабатывающая промышленность реализует повышение ТОС топлив путем разработки соответствующих присадок и введением в технологию производства реактивных топлив гидрогенизационных процессов (гидроочистки, гидрокрекинга, глубокого гидрирования). Эти процессы удаляют из топлива нестабильные гетероатомные примеси (особенно, меркаптановую серу), ответственные за ТОС топлива.

Другим весьма востребованным требованием к реактивным топливам является улучшение его энергетических показателей: массовой и объемной теплоты сгорания. Возможность увеличения массовой теплоты сгорания топлив очень ограничена, так как все жидкие углеводороды имеют практически одинаковую массовую теплоту сгорания. Увеличение объемной теплоты сгорания (энергоемкости) достигается путем повышения плотности топлива, в частности, путем утяжеления его фракционного состава.

В настоящее время в номенклатуру основных марок отечественных реактивных топлив входят ТС-1 и РТ (ГОСТ 10227-2013), Т-8В и Т-6 (ГОСТ 12308-2013). Основные показатели этих топлив представлены в табл. 1.

Прямогонное топливо ТС-1, являясь самым доступным и широко применяемым в

авиации, по термоокислительной стабильности уже не удовлетворяет условиям эксплуатации в передовых современных и, тем более, перспективных теплонапряженных ГТД.

Гидрогенизационные топлива РТ, Т-6 и Т-8В не уступают, а по ряду показателей (например, по содержанию ароматических углеводородов, температуре начала кристаллизации) превосходят лучшие зарубежные марки реактивных топлив 1. Топлива РТ, Т-6 и Т-8В удовлетворяют условиям применения в современных и перспективных теплонапряженных ГТД.

Топливо РТ в настоящее время является унифицированным реактивным топливом, допущенным к применению на всех отечественных дозвуковых и сверхзвуковых летательных аппаратах с ГТД. Однако оно уступает по объемной теплоте сгорания более плотным и менее летучим топливам Т-8В и Т-6. При заправке сверхзвукового самолета топливом РТ вместо Т-6 даль-

Таблица 1

№	Показатель	Нормы по ГОСТ			
		ТС-1	РТ	Т-8В	Т-6
1	Плотность при 20°C, кг/м ³ , не менее	780	775	800	840
2	Фракционный состав: а) температура начала перегонки, °С, не ниже д) температура конца кипения, °С, не выше	150	135	165	195
		250	280	280	315
3	Кинематическая вязкость, сСт При минус 20°C, не более При минус 40°C, не более	8,0	8,0	-	-
		8,0	16,0	16,0	60,0
4	Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120	43120	42900	42900
5	Высота некопящего пламени, мм, не менее	25	25	20	20
6	Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	0,7	0,2-0,7	0,2-0,7	0,7
7	Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	28	28	45	62
8	Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-60	-60	-60	-60
9	Термоокислительная стабильность в статических условиях при 150 °С, а) концентрация осадка, мг на 100 см ³ топлива, не более б) концентрация растворимых смол, мг на 100 см ³ топлива, не более в) концентрация нерастворимых смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	18	6	6,0	6,0
		-	30	-	60
		-	3	-	Отс.
10	Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	22	22	22	10
11	Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	3	4	4	4
12	Массовая доля общей серы, %, не более	0,20	0,10	0,10	0,05
13	Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,003	0,001	0,001	Отс.



ность полета самолета уменьшается примерно на 10%.

Топлива утяжеленного фракционного состава Т-8В и Т-6, благодаря меньшему, чем у РТ, давлению насыщенных паров, более устойчивы к образованию паровых пробок в каналах топливной системы двигателя при повышенной температуре и при пониженном давлении топлива (например, на режиме высотного малого газа).

По цене топлива Т-8В и Т-6 дороже топлив ТС-1 и РТ, примерно на 10-20%.

В настоящее время топлива Т-8В и Т-6 не производятся, главным образом, из-за отсутствия заказов. Все учебно-тренировочные полеты на сверхзвуковых самолетах, у которых основным видом топлива является Т-8В или Т-6, выполняются на топливе РТ. Такое отношение к топливам Т-8В и Т-6 следует признать недальновидным, так как для организации производства этих топлив в особый период потребуется время, в течение которого эксплуатанты окажутся без топлив, которые обеспечивают лучшие, чем более легкое топливо РТ, тактико-технические характеристики летательных аппаратов.

Промышленное производство топлив Т-8В и Т-6 находится в русле стоящей перед нефтеперерабатывающими предприятиями России проблемы увеличения выхода светлых нефтепродуктов из нефти с применением гидрогенизационных процессов. По этому показателю Россия значительно уступает развитым зарубежным странам.

Те же, что в табл. 1, показатели основных марок зарубежных реактивных топлив представлены в табл. 2.

Основной зарубежной маркой авиакеросина для гражданской авиации является Jet A-1 (ASTM D 1655). Военная авиация США эксплуатируется на трех марках авиакеросина: JP-8 (MIL-DTL-83133) для авиатехники наземного базирования, JP-5 (MIL-T-5624) для самолетов и вертолетов корабельного базирования и JP-7 (MIL-38219) для самолетов с высокой сверхзвуковой скоростью полета большой продолжительности.

Топливо Jet A-1 может быть как прямогонным, так и гидрогенизационным. По фракционному составу оно близко к отечественному топливу Т-8В, по термоокислительной стабильности - к современному ТС-1 (рис. 1 и 2).

Топливо JP-8 по показателям качества практически не отличается от Jet A-1, за исключением показателя "массовая доля меркаптановой серы": "не более 0,002%" у топлива JP-8 и "не более 0,003 %" у топлива Jet A-1. Топливо JP-5 по технологии производства и физико-химическим показателям аналогично JP-8, но имеет большую, чем JP-8, температуру вспышки:

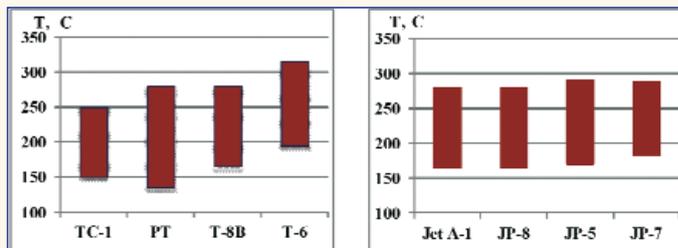


Рис. 1. Фракционный состав отечественных (а) и зарубежных (б) реактивных топлив

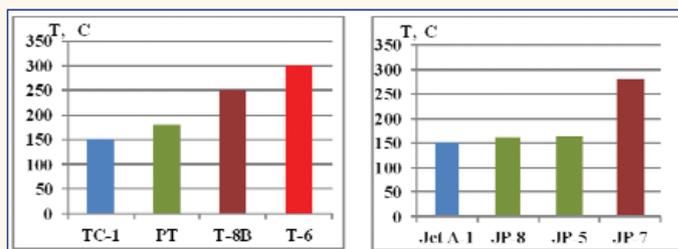


Рис. 2. Предельные температуры применения отечественных (а) и зарубежных (б) реактивных топлив

"не ниже 60°C" у топлива JP-5 и "не ниже 38°C" у JP-8. Более высокая температура вспышки у топлива JP-5 удовлетворяет требованиям к минимально допустимой температуре вспышки топлива в условиях трюмного корабельного базирования самолетов и вертолетов. В этой связи применение топлив ТС-1 и РТ с температурой вспышки "не ниже 28°C" на отечественных самолетах и вертолетах корабельного базирования по условиям противопожарной безопасности представляется рискованным. Более безопасным в этом отношении было бы применение топлива Т-6 с браковочной нормой по температуре вспышки "не ниже 62°C".

Самое широко применяемое зарубежное топливо для военной авиации JP-8, так же, как и отечественное топливо ТС-1, уже не удовлетворяет условиям применения в высокотемпературных ПД. В США максимально-допустимая температура применения топлива JP-8 была повышена с 325°F до 425°F (с 163°C до 218°C), т.е. на 100°, с помощью специально разработанной полифункциональной присадки. Модернизированная марка топлива JP-8 получила наименование JP-8+100. Марка отвечает техническим требованиям спецификации MIL-DTL-83133 на топливо JP-8, но в отличие от JP-8, имеющего код NATO F-35, имеет код NATO F-37.

В США ведутся работы по созданию специального синтетического реактивного топлива JP-900 с допустимой температурой применения 480°C (до температуры термодеструкции) и топлива JP-8+250 с температурой применения до 280°C с полифункциональной присадкой. Поиски присадки продолжаются.

Вступление России в международное экономическое сообщество, продажа отечественной авиатехники за рубеж, расширение сети международных авиаперевозок требует обеспечения взаимозаменяемости отечественных и зарубежных авиационных топлив. В этом отношении организация в России промышленного производства топлив Т-8В и Т-6, как основных унифицированных отечественных марок реактивных топлив, является весьма востребованной.

Топливо Т-8В по фракционному составу и давлению насыщенных паров близко к топливам Jet A-1 и JP-8, а по термоокислительной стабильности превосходит топливо JP-8+100. Топливо Т-6 может найти применение вместо JP-5 и JP-7.

Таблица 2

№	Показатель	Нормы по ASTM			
		JET A-1	JP-8	JP-5	JP-7
1	Плотность при 15°C, кг/м ³	775-840	775-840	788-845	779-806
2	Фракционный состав: а) температура начала перегонки, °C, не ниже д) температура конца кипения, °C, не выше	150	182	180	195
		300	300	330	300
3	Кинематическая вязкость, сСт При минус 20°C, не более	8,0	8,0	8,5	16,0
4	Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	42800	42800	42600	43500
5	Высота некопящего пламени, мм, не менее	25	25	19	20
6	Кислотность, мг КОН/г, не более	0,1	0,015	0,015	-
7	Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °C, не ниже	38	38	60	60
8	Температура начала кристаллизации, °C, не выше	-47	-47	-46	-43,3
9	Термоокислительная стабильность при контрольной температуре 260°C: - перепад давления на фильтре, мм.рт.ст., не более - отложения на трубке, балл, не более	25	25	25	25*
		3	3	3	3
10	Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	22	25	25	5
11	Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	7	7	7	5
12	Массовая доля общей серы, %, не более	0,3	0,3	0,4	0,1
13	Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,003	0,002	0,002	0,001

Следует отметить, что создание облегченных по фракционно-му составу, по сравнению с зарубежными широкоприменяемыми реактивными топливами, отечественных топлив ТС-1 и РТ ранее диктовалось структурой потребления топлив в СССР, при которой производство дизельных топлив было в несколько раз больше, чем бензинов. В настоящее время в связи с большим ростом в России парка автотранспорта структура потребления отечественных топлив приближается к структуре потребления топлив в развитых зарубежных странах, и смещение в сторону утяжеления фракционного состава отечественных реактивных топлив больше соответствует современной и перспективной структуре потребления топлив в России.

Сокращение номенклатуры основных марок отечественных реактивных топлив до двух - Т-8В и Т-6, отказ от топлива ТС-1 - перспективный путь сокращения номенклатуры реактивных топлив, однако он станет возможным только при условии широкого внедрения в технологию нефтепереработки процессов глубокой переработки нефти с применением гидрогенизационных процессов.

Внедрение в нефтепереработку гидрогенизационных процессов будет способствовать повышению термостабильности реактивных топлив, значительно большому, чем от введения в них специальных присадок. Рекомендованные нормативной документацией максимальные температуры применения топлив Т-8В и Т-6 составляют 250 °С и 300 °С, соответственно, и антиокислительная присадка Агидол-1, эффективная до температуры 150 °С, вводится в них только для обеспечения длительного хранения и совместности топлива с уплотнительными материалами. Специальные, в том числе полифункциональные, присадки для повышения термостабильности топлив теряют свою эффективность уже при температурах, приближающихся к 200 °С. Это означает, что повысить термоокислительную стабильность современного топлива ТС-1 с помощью присадки можно практически только до уровня ТЭС зарубежного топлива JP-8+100. Такая отечественная полифункциональная присадка была разработана Центральным институтом авиационного моторостроения (ЦИАМ им. П.И. Баранова) совместно с Российским государственным университетом нефти и газа [2]. Однако дальнейшее повышение ТЭС реактивных топлив с помощью присадок представляется непродуктивным.

Генеральным путем повышения ТЭС реактивных топлив, как отражено выше, является введение гидрогенизационных процессов в технологию их производства.

В современных условиях возможность применения в России высокотермостабильных реактивных топлив с температурой выше 150 - 180 °С перед основным качающим узлом топливного насоса ГТД опирается в работоспособность всепогодных отечественных манжет насосов при этих температурах. Манжеты должны надежно работать как при высоких, так и низких температурах (до минус 60 °С). Поэтому одновременно с повышением ТЭС реактивных топлив должна решаться задача производства соответствующих уплотнительных резино-технических материалов, работоспособных в требуемом диапазоне температур применения. В настоящее время в России такие резино-технические материалы отсутствуют, и на теплонеприжатых авиационных ГТД приходится для уплотнения приводного вала основного топливного насоса ставить пакет манжет, включающий манжеты как из теплостойких резин, но не работоспособных при низких отрицательных температурах, так и из резин с меньшей, чем требуется, теплостойкостью, но работоспособных при глубоких низких температурах. Необходимость создания в России резино-технических материалов требуемого качества весьма актуальна.

Стандартные отечественные авиакеросины ТС-1, РТ, Т-8В могут содержать ароматические углеводороды в количестве не более 22% масс., а зарубежные Jet A-1, JP-8, JP-5 - до 27% масс. Отечественная авиатехника на международных авиалиниях и продаваемая за рубеж должна надежно эксплуатироваться на зарубежных авиакеросинах, в том числе с предельным содержанием ароматических углеводородов, и, следовательно, должно надежно работать на топливах с повышенным содержанием арома-

тических углеводородов, т.е. обрабатываться на специальном для испытаний отечественном топливе. В США такое топливо JP-5 ST называется "специальным для испытаний" (специальным тестовым). Оно отвечает спецификации на топливо JP-5, но с содержанием ароматических углеводородов 23-27% об.(25-29% масс). Аналогичное топливо в России не производится, и его производство необходимо организовать.

Отечественные реактивные топлива должны производиться без использования в них зарубежных компонентов. В настоящее время в отечественные гидрогенизационные топлива вводится зарубежная противоизносная присадка Хайтек-580. В современных условиях борьбы с импортозамещением необходимо срочно разработать отечественную противоизносную присадку.

В особый период отечественная авиатехника должна иметь возможность работать на прямогонном реактивном топливе широкого фракционного состава Т-2 (ГОСТ 10227-2013), которое имеет повышенный выход из нефти. Отечественные ГТД должны проходить краткосрочные испытания на этом топливе для установления возможных ограничений по его применению. Испытания на топливе Т-2 в России не выполняются из-за отсутствия его производства, несмотря на то, что оно включено как резервное в эксплуатационную документацию двигателей.

Таким образом, следует признать, что развитие отечественных реактивных топлив должно соответствовать направлению широкого применения топлива Т-8В в гражданской и военной авиации и топлива Т-6 для специального применения на самолетах с большой продолжительностью сверхзвукового полета и самолетах и вертолетах корабельного базирования. Нефтеперерабатывающая промышленность России располагает необходимыми сырьевой базой и мощностями для производства этих топлив [3]. Топливо ТС-1 должно быть постепенно выведено из применения в авиации, как это произошло с нетермостабильным реактивным топливом Т-1 (ГОСТ 10227-86).

В связи с неизбежным истощением природных запасов нефти разработка и внедрение технологий промышленного производства синтетических топлив из альтернативного сырья (в том числе для авиационных газотурбинных двигателей) уже в настоящее время актуальны.

В деле производства альтернативных реактивных топлив из угля, природного газа и биосырья Россия значительно уступает передовым зарубежным странам. За рубежом в промышленном масштабе изготавливаются и допущены к применению на авиатехнике синтетические авиакеросины, производимые из угля и природного газа по спецификации ASTM D 7756-14 (стандарт на топливо для авиационных газотурбинных двигателей, содержащее синтезированные углеводороды). Имеются опытно-промышленные установки по производству биокеросина. В спецификацию ASTM D 7756-14 включено синтетическое реактивное топливо из семян масличных растений - камелины и ятрофы.

В нашей стране имеется лишь некоторый научно-технический задел по созданию лабораторных регламентов получения синтетических реактивных топлив. Исследования по разработке отечественных альтернативных авиакеросинов проводились по инициативе ЦИАМ. К этим исследованиям ЦИАМ были привлечены:

- Институт горючих ископаемых (ИГИ) для разработки опытного образца реактивного топлива из угля,
- НК-Роснефть ("Центр исследований и разработок") для разработки опытного образца реактивного топлива из природного газа,
- Московская академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова (МИТХТ) для разработки опытного образца реактивного топлива из биосырья (биоэтанола).

Опытные образцы реактивных топлив разрабатывались по техническим требованиям ЦИАМ. ЦИАМ проверял синтезированные опытные образцы на соответствие заданным ТТ, отбраковывал не отвечающие этим требованиям, тем самым определяя направление для дальнейших исследований по совершенствованию лабораторного регламента. Проведенными совместными исследованиями была доказана возможность получения в лабораторных условиях опытных образцов синтетических топлив, отвечающих требованиям,

Таблица 3

№	Показатель	Нормы ТТ ЦИАМ	Фактические данные		
			из угля	из биосырья	из газа
1	Плотность при 20°C, кг/м ³ , не менее	755	785	790	757
2	Фракционный состав: а) температура начала перегонки, °С, не ниже д) температура конца кипения, °С, не выше	135 280	124 220	135 196	148 253
3	Кинематическая вязкость, сСт При минус 20°C, не более При минус 40°C, не более	8,0 16	- 4,5	2,19 3,7	3,5 6,8
4	Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120	43290	43100	44050
5	Высота некоптящего пламени, мм, не менее	25	36	31	32
6	Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	0,7	0,5	0,1	0,1
7	Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	28	37	25	44
8	Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-60	Ниже -60	Ниже -60	-58
9	Термоокислительная стабильность в статических условиях при 150 °С, а) концентрация осадка, мг на 100 см ³ топлива, не более б) концентрация растворимых смол, мг на 100 см ³ топлива, не более в) концентрация нерастворимых смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	6 30 3	1,8 1,2 Отс.	2,0 5,5 3	Отс. 18 1,5
10	Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более	22	6,2	6,9	9,6
11	Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более	4	Отс.	3,0	1,3
12	Массовая доля общей серы, %, не более	0,1	0,0003	Отс.	0,0042
13	Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,001	Отс.	Отс.	Отс.

предъявляемым к стандартным отечественным реактивным топливам (табл.3).

Разработка прогрессивной технологии промышленного производства альтернативных топлив и их рационального применения на транспортных средствах (в том числе в авиации) уже в настоящее время являются актуальными и для нашей страны. **П**

Литература

1. Дубовкин Н.Ф., Яновский Л.С., Харин А.А. и др. Топлива для воздушно-реактивных двигателей. - М.: "МАТИ"-2001. - 443с.
2. Вишнякова Т.П., Варламова Н.И., Федоров Е.П., Яновский Л.С., Пустырев О.Г., Голубева И.А. Присадка для повышения ТОС углеводородного реактивного топлива и реактивное топливо. Патент РФ № 2372382, 10.11.2009.
3. Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Белоусов А.И. Производство реактивных топлив повышенной плотности (Т-8В и Т-6)/Журнал "Мир нефтепродуктов".- 2015 № 4, С. 13-16

Связь с авторами:

fep@ciam.ru,
varlamova@ciam.ru,
yanovskiy@ciam.ru
pim@ciam.ru.

ИНФОРМАЦИЯ

С ЛЮБОВЬЮ К РОДНОМУ КРАЮ

В конце января 2016 в вестибюле административного корпуса НИЦ ЦИАМ прошла персональная выставка живописных работ члена творческого Союза художников России, Международной федерации художников, члена Союза художников Подмосковья Анатолия Николаевича Петухова.

Он - известный ученый, профессор, доктор технических наук, действительный член Российской академии естественных наук, автор около четырехсот научных публикаций - более сорока лет участвует в городских, областных, всесоюзных выставках. Его работы находятся в частных собраниях, в общественных организациях России и за рубежом.

Анатолий Николаевич владеет жанрами изобразительного искусства - графикой и живописью. Почетное место на выставке занимают портреты генеральных конструкторов авиакосмической техники, Героев Социалистического Труда Архипа Михайловича Люльки и Николая Дмитриевича Кузнецова.

Необыкновенные пейзажи подмосковной природы и родного края и трогательные натюрморты - "Тихий вечер Москвы-реки", "Отражение", "Осень", "Тихая вода. Река Нара", "Перед грозой", "Заброшенное поле", "Букет лесных опушек", "Август. Цветы придорожные", "Последние цветы лета", "Петровское. Осень", "Волкуша. Золо-

тая осень", "Отцветает иван-чай" и другие картины трогают своей глубиной и любовью к родным местам. Его теплые живописные работы излучают внутренний свет доброты, которой автор хочет поделиться со всеми, кому не безразлично настоящее искусство.

Презентация выставки позволила представителям молодого поколения узнать Анатолия Николаевича, научные работы которого были отмечены международными дипломами конгрессов и симпозиумов за решение проблем прочности современных авиационных двигателей летательных аппаратов, с новой творческой стороны. Они увидели картины, в которых время как бы замирает, а автор демонстрирует уникальную способность останавливать мгновения. А в книге отзывов появилась еще одна запись, где коллеги благодарят его за прекрасные картины и желают новых творческих успехов. **П**



СОВМЕСТНАЯ РАБОТА - ГАРАНТИЯ УСПЕХА

Дмитрий Александрович Боев,

помощник генерального директора ФГУП "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова"

Как и все юбилеи, 25-летие АССАД - серьезный повод еще раз взглянуть на значимость для всех нас нашей Ассоциации. Все мы знаем, что это был непростой период нашей жизни. Начинаясь все с того, что приходилось доказывать очевидное: дееспособность и техническую перспективность отечественной оборонной промышленности. Именно для того, чтобы понятное нам, работникам весьма и весьма "неоткрытой" отрасли стало так же ясно и всем, была организована серия экспозиций, раскрывающих истинное соотношение вещей перед широкими массами жителей страны, нашими зарубежными партнерами и возможными инвесторами.

Наиболее значимой среди таких экспозиций оказалась проведенная по решению Миновиапрома (МАП) выставка "Авиадвигателестроение-90". Непосредственным организатором выставки выступили специалисты двигателного главка МАП во главе с заместителем министра Виктором Михайловичем Чуйко. Формировать экспозицию поручили ЦИАМ им. П.И. Баранова - главному институту двигателестроительной подотрасли МАП. Выставка, работу которой первоначально планировали на две недели, дважды продляли. В результате она продолжалась на ВДНХ практически месяц. Интерес к ней превзошел самые смелые ожидания организаторов. Поток посетителей не иссякал до дня закрытия. Их прошло свыше 100.000 человек. Выставка с блеском выполнила основную задачу, поставленную перед ней МАП: показать, что оборонка вообще и двигателестроение в частности не "сидят на шее" у государства, а являются наиболее прогрессивной частью отечественной промышленности. Скажем, выяснилось, что собственно авиационные двигатели - военные и гражданские - это менее половины продукции отрасли. Существенно большую долю занимает технически сложная продукция общегражданского назначения (как их тогда называли "товары народного потребления") и двигатели для газоперекачки, энергетики, пожаротушения.

По результатам работы стало ясно, что предприятия авиадвигателестроения имеют огромный ресурс саморазвития. Отрасль достаточно пронизана "горизонтальными" связями между предприятиями для совместного производства конечной продукции - двигателя. Одновременно стало ясно, что при понижении роли министерств (что ясно просматривалось тогда) будет очень не хватать координирующего центра, чтобы совместно противостоять внешним дезинтегрирующим факторам - как экономическим, так и административным.

Деятельность по созданию объединяющей подотрасли структуры была начата МАП ещё с 1989 года. Министр авиационной промышленности Аполлон Сергеевич Сысцов поручил заниматься этой работой своему заместителю Виктору Михайловичу Чуйко. Руководители предприятий, которые решили участвовать в будущем объединении, примерно раз в месяц собирались на Авиамоторной, у начальника ЦИАМ имени П.И. Баранова - Д.А. Огородникова и обсуждали различные аспекты будущей совместной деятельности. В этих заседаниях принимали участие многие руководители подразделений и сотрудники института, приглашались и ведущие специалисты авиадвигателестроения. Примечательно, что, все обсуждения происходили в исключительно демократической, деловой обстановке: Такой тон был задан организаторами встреч.

За это время прорабатывалась и форма самого объединения: корпорации, консорциума участников, треста и др. Через год такой работы общий "центр влияния" окончательно оформился. В результате, пришли к тому, что лучше всего интересам совместной деятельности соответствует именно ассоциация свободных предприятий, производителей и эксплуатационников высокотехнологичной продукции: авиационных моторов. Ассоциация позволяла ее членам выступать совместно перед любыми внешними организациями, увязывая интересы своих членов, не навязывая им каких-либо внешних условий деятельности. Членство в АССАД позволяет входящим в неё организациям совместно выступать перед административными органами страны.

По общему решению пятидесяти восьми предприятий СССР: КБ, серийных заводов и НИИ, 31 мая 1991 г., 25 лет назад и была зарегистрирована международная ассоциация "Союз авиационного двигателестроения". Организаторы Ассоциации уверены, что такая относительно свободная форма взаимодействия определила живучесть и дееспособность АССАД. В стране уже не раз сменилась структура взаимодействия государственных органов, ушли в небытие министерства, сменилась сама форма государственного устройства, а Ассоциация - живет и развивается. Хотя и поменялись многие из подписавших первый договор о создании организации.

Авиастроение - область, где в наибольшей степени проявляются возможности применения научных и инженерных достижений своего времени. И при этом уже общепризнано, что двигателестроение - в общем наборе объемлемых авиацией областей деятельности, наиболее наукоёмкая подотрасль. Именно здесь производство - прямое следствие проделанных научных и экспериментальных исследований. Потому, нельзя не приветствовать постоянный общий курс объединяющей нас Ассоциации на обеспечение во всех наших перспективных работах первостепенного значения научных разработок. Вслед за первой выставкой 90-го года протянулась длинная череда весьма успешных салонов серии "Двигатель", не так давно сменившихся Международными форумами по двигателестроению, один из которых пройдет в апреле 2016 года. Смена формы экспозиции обуславливалось концентрацией внимания их организаторов именно на инновационном аспекте. На Форумах двигателестроения научная составляющая мероприятия сделалась её основной частью и главной целью. И, как и раньше, в качестве организатора научной части наших собраний выступает ЦИАМ, обеспечивая научную состоятельность мероприятий и их обоснованность. Совместная, синкретическая работа всей отрасли в области внедрения достижений науки в практику - единственный путь успешного сосуществования в нашем постоянно меняющемся мире.

В этой работе, говоря более современным языком, ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова - системный интегратор при создании НТЗ для всех отечественных двигателей. Он обеспечивает воплощение в технические решения всех достижений науки в области газовой динамики, теории горения, теплообмена, конструкционной прочности деталей узлов ГТД, систем автоматического управления и диагностики двигателя. Это именно та ответственная часть общей работы, которую несёт ЦИАМ все 85 лет своего существования. Это - единственный смысл его существования в нашей совместной деятельности.

С нашим общим праздником, дорогие коллеги!



Совет директоров моторного главка МАП. Куйбышев. 1985 г.

2016 ГОД: ДВАДЦАТИПЯТИЛЕТИЕ АССАД!



Нам удалось переговорить с **Виктором Михайловичем Чуйко**, президентом и генеральным директором АССАД в плане оценки перспектив Ассоциации и всей авиадвигательной подотрасли на грядущий год и несколько далее. Приводим здесь его речь одним монологом.

АССАДУ в 2016 г. исполняется 25 лет. Это - юбилей. Ассоциация отметит его, прежде всего, Международным Форумом Двигателестроения. В этом же, юбилейном для нас году, 29 марта пройдёт и годовое отчётно-выборное собрание. Будем избирать весь состав правления, президента, финансовые органы. Сейчас у нас большие перемены в составе нашей Ассоциации. Всё время её работы численность АССАД всегда держится в районе ста предприятий. Вот и сейчас, несмотря на то, что было принято 5 фирм, в силу сложившейся остановки временно приостановили своё членство 6 предприятий Украины. Часть из них оказалась в зоне боевых действий, что-то разрушено, где-то невозможно продолжать работу, пока не восстановится. Ну и, ни для кого не секрет, что и межгосударственные отношения, к сожалению, у нас сейчас не самые лучезарные.

На наших Форумах традиционно (в отличие от выставок системы "Двигатель"), основное событие - научно-технический Конгресс. Экспозиция же, в данном случае - больше иллюстрация того, что будет темой обсуждения на конгрессе. На нашем форуме будет 20 симпозиумов. На прошлой неделе провели заседание программного комитета в ЦИАМ, определили руководителей этих симпозиумов. В основном это - ведущие сотрудники ЦИАМ и других институтов. Обсудили программу заседаний и ход подготовки к Форуму. Проходить он будет традиционно - на ВДНХ, сейчас завершается процесс оформления документов участников. К настоящему моменту начато планирование экспозиции. Замечу, что весьма сложный вопрос в этом плане связан с присутствием украинских фирм на форуме. Завершается создание организационных структур нашего Форума. Главой оргкомитета назначен директор Департамента авиационной промышленности Минпромторга РФ Сергей Владимирович Емельянов.

Основная тема научного Конгресса - 85-летие ЦИАМ и продолжение тех научных дискуссий, которые развернулись во время юбилейной научно-технической конференции ЦИАМ. В рамках Конгресса прозвучит выступление Александра Викторовича Артюхова, руководителя ОДК, касающееся стратегии развития этой корпорации. Полагаю, всем крайне полезно было бы из первых уст услышать, какое уточнение ранее принятых направлений работы предполагается в связи с теми изменениями, которые происходят в стране и мире, поскольку каких-то кардинальных перемен не видно, несмотря на все те подвижки, которые совершаются в стране. И наш Форум - как раз самая лучшая трибуна, с которой можно озвучить свою позицию в этой области.

Главный вопрос: какие из целей нашей деятельности являются основными и куда приложен вектор совместных усилий. Полагаю, что основной задачей отрасли должно быть полное удовлетворение нашей авиации (как гражданской, так и военной - в том числе и вертолётостроения) в отечественных двигателях.

Несомненно, одним из коренных докладов на Форуме будет доклад ЦИАМ. Его содержание - видение Института путей и средств развития авиаст-

роения. Это имеет особенное значение сейчас, в свете того, что в высшем руководстве Страны возобладали мысли, что развитие двигателестроения надо рассматривать отдельной строкой бюджета, а не привязывать жёстко, как нечто вторичное, к развитию авиации. Вспоминаю, что в начале 80-х годов нам уже удавалось убедить наши высшие управленческие структуры в том, что надо начинать проектирование двигателей раньше, чем запускается разработка самолётов. Это разумно прежде всего потому, что цикл разработки нового двигателя длиннее, чем разработки нового самолёта. И, кроме того, совершенно не обязательно жесткая привязка конкретного двигателя исключительно к данному летательному аппарату. В таком "опережающем запуске" есть некий риск, но используя знания перспектив, полученные ЦАГИ, ЦИАМ, ВИАМ, ЛИИ эту опасность мы существенно снижаем. Строго говоря, пути развития авиационного двигателестроения в мире (и, соответственно, в нашей стране) достаточно чётко определены. Так что опасаться уйти куда-то в дебри от магистрального пути особо не приходится. Речь в основном о типаже. Но надо учитывать, что особенно сильной вариативности тут тоже не наблюдаются.

Ещё одна из необходимых тем на Форуме - доклад ВИАМ по материалам в современном двигателестроении. Материалы - одна из основ развития современного двигателестроения. Как без опоры на науку мы не поймём, в какую сторону развиваться, так без знания современных материалов мы никогда не обеспечим материализации нашего понимания вещей в реальных двигателях.

Будет ещё доклад НИИД по новым технологиям и ВИЛСа по гранульной металлургии. И ещё хотим поставить доклад по страхованию рисков. В комплексе это очень важно сегодня, поэтому мы договариваемся о страховании новых разработок со страховым центром "Спутник", успешно работающим в космической промышленности. В перспективе этой совместной деятельности мы приняли его в АССАД. Основная задача - понять, что надо сделать для того, чтобы застраховать риски запуска нового производства.

Сейчас активно обсуждаются вопросы импортозамещения. Мне, честно говоря, не нравится этот термин, считаю его даже в какой-то мере оскорбительным для партнёров, с которыми мы работаем. Полагаю, что здесь больше подошло бы ранее употребляемое понятие: "импортонезависимость". В данном случае производитель может быть импортонезависимым, выпускать прекрасный продукт, легко конкурирующий с зарубежными аналогами. И всё это не означает, что он просто не допускает эти аналоги до своих потребителей, директивно заменяя их своим товаром. Такой путь ухудшал бы качество выпускаемого продукта и ставил потребителей в зависимое от распределяющего средства и задачи положение. Так что это - не просто смена терминов: таким образом устраняется монопольное положение поставщика, сохраняются конкурентные условия, улучшающие качества выпускаемого товара и не отвергаются возможности плодотворного международного сотрудничества. Основное, на чём надо конкурировать при прочих равных условиях - это технико-экономические свойства товара. И не надо выдумывать какие-то иные причины. Технические данные у всех современных комплектующих, из которых собираются эти двигатели, более-менее близки.

Как-то получилось так, что чуть ли не сложнее наших технических проблем вопрос финансирования. При отсутствии единого координирующего центра и конкретных программ, по которым могло бы вестись финансирование новых разработок, каждую перспективную работу надо просчитывать по отдельности. Полагаю, что там, где потребны большие работы по научно-техническому заделу, по его внедрению и финансированию, должны быть привлечены средства



бюджета, а для разработок, где не настолько велики объёмы вводимых новаций, надо привлекать к делу частно-государственное партнёрство. Государство, имея в своём распоряжении возможности научных центров, задаёт тренд развития. Перспективу развития двигателей по параметрам лучше всего определяют существующие научные госструктуры. Негосударственные предприятия и финансовые организации всегда успешно выступают заказчиком и соисполнителем работ.

Мы сейчас не в таком положении находимся, когда могли бы тратить время на разговоры общего порядка, рассчитывая, что конкретные решения будем принимать потом, в рабочем порядке. На эту ситуацию накладывает свой отпечаток и то, что изо всех ОКБ действующих сейчас предприятий-разработчиков ГТД у нас осталось эффективно действующими всего-то два: "Авиадвигатель" в Перми и "Лягушка - Сатурн" в Рыбинске и Уфе. Ну, ещё малые ГТД весьма успешно разрабатывает "Аэросила", обретая опыт таких работ, занимаясь ВСУ и тесно общаясь с ЦИАМ. Это третий в России разработчик двигателей, который устойчиво развивается. Всем им понятно, что надо делать, есть как, кому и на чём это делать. И надо на государственном уровне поддерживать своих разработчиков. Экономисты, которые обычно сейчас составляют все перспективные программы развития в технических отраслях, несомненно должны быть привлечены к созданию таких перспективных проектов, считая экономическую часть программы. Правда, при этом стоит исключить популярные сейчас огромные проценты (от 15 до 30) за экономическое сопровождение программ работы.

Сейчас несомненно, что в широком диапазоне двигателей для военной авиации именно двигатели средней по величине тяги оказались наиболее упорно развиваемыми. Тот импульс, который был задан ещё Архимом Михайловичем Лягушка в разработке и производстве ГТД, действует до сих пор, продолжается развитие и накопление опыта. Даже в наших сложных условиях.

Отмеченный мной выше поворот органов государственного управления в сторону реально работающих производственных структур, в сторону нашей авиационной отрасли и конкретно - авиадвигателестроения, позволяет нам рассчитывать собственную перспективную деятельность. Однако, в существующей и действующей в настоящее время "Программе развития авиационности до 2025-го года" на самом деле чётко не обозначены... цели и пути её исполнения.

Полагаю, что таких целей должно быть две: Прежде всего, это - обеспечить каждому жителю страны возможность летать на отечественных самолётах. И, конечно же, эти самолёты должны быть доступны не за счёт дотаций, а за счёт низкой себестоимости и высокого качества, а следовательно, востребованности на рынке. Все остальные цели - вспомогательные, которые существуют именно для того, чтобы реализовать эти две.

Таким образом, пожалуй, самое больное наше место - именно



Вручение Свидетельства АССАД новому участнику: страховой компании "Спутник"

отсутствие всеобъемлющей Федеральной программы развития двигателестроения. Все наши программы, это - "кусоч" общей задачи. Нет координации работ - в результате никто из самолётчиков не стремится к тому, чтобы снизить зарубежную комплектацию. В результате, даже на новом разрабатываемом МС-21 зарубежная комплектация составляет не менее 50%!

На мой взгляд, под руководством ЦИАМ необходимо отработать проект постановления Правительства, в кото-



Общее собрание участников АССАД 2004 года

рый определить те типы и размерности двигателей, которые необходимы для полного закрытия потребностей внутреннего рынка. И параллельно смотреть, а что мы могли бы и предложить рынку мировому и что могли бы с него использовать. Сегодня НАДО поручить институтам промышленности подготовить всеобъемлющую программу возрождения авиастроения в России. И сделать отдельную программу по авиационному двигателестроению - как составную часть её. И надо создать координирующий эту программу орган, который, будучи органом Российской власти, отстаивал бы российские интересы. Учитывая то, что комплектация и всё остальное должно быть отечественным в максимально возможной степени. Чтобы никакие иностранные запреты на поставку на нашу деятельность повлиять не могли.

Надо преодолеть беду последних лет, когда мы, развивая науку, практически не внедряем наши наработки в производство. Это происходило прежде всего потому, что в последнее время крайне ограничена номенклатура разрабатываемых новых двигателей. Это - всего один двигатель для пассажирской и транспортной авиации и один - для военной. Но уже даже сама пассажирская авиация требует более широкого диапазона новых разработок в разных мощностных категориях и разнообразных способов применения. Документ, определяющий необходимость такого подхода к созданию новой техники, разрабатываемый с участием ЦИАМ, объективно необходим. Прежде всего, он должен консолидировать авиационное двигателестроение и на базе этой консолидации уйти от положения, когда мы "зайца гоним дальше", продолжая разрабатывать те тематики, которые развивали раньше, к положению, когда наша продукция целеориентирована (как я уже говорил: чтобы наши граждане летали на самолётах нашего же производства). Как, собственно, и всегда было в нашей стране. В 80-е годы в военной тематике нужно было сделать НК-32, АЛ-31, РД-33, Р-95, Д-18Т, вертолётные двигатели... Номенклатура в разы шире того, чем мы занимаемся сейчас. Беда в том, что мы всё обсуждаем, обсуждаем, обсуждаем... Вроде и работаем, а продукта нет.

Организуя центр создания перспективной программы возрождения авиационной промышленности России должен быть именно ЦИАМ. Его специалисты в состоянии подготовить основные её положения, привлечь экспертов с моторных и агрегатных заводов, договориться о совместной работе со специалистами отраслевых институтов, чтобы в программу были внесены разделы, в которых они работают. И вот с этой программой надо выходить на федеральный уровень.

Мы, руководство Ассоциации, весьма рассчитываем на организацию информационной поддержки решению упомянутых здесь задач теми СМИ, с которыми мы уже традиционно много и хорошо работаем. В числе их всегда считаем ваш журнал "Двигатель", который, полагаю, и появился в результате нашей совместной деятельности на выставках одноименной серии, и других акций предприятий - членов АССАД. В первую очередь - научных институтов: ЦИАМ, ВИАМ, НИИД, ВИЛС и других. Впрочем, если бы вы сами не работали, ничья помощь не помогла бы вам выпускать его 17 лет и создать уже 100 таких интересных и разнообразных номеров. Продолжайте в том же духе!



ЕСТЕСТВЕННАЯ МАТРИЦА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ СТРОЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ИХ ОБОЛОЧЕК, ЯДЕР И АТОМОВ В ЦЕЛОМ

Юрий Александрович Галушкин,

председатель Экспертного совета Института наукоемких инженерных технологий Российской инженерной академии,
PhD, профессор, академик МИА, РИА, почетный член РАЕН

© ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОБЪЁМНАЯ МАТРИЦА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МИРОЗДАНИЯ

Данная статья является первой обобщённой публикацией Естественной Матрицы фундаментальных законов строения физико-химических элементов, их оболочек, ядер и атомов в целом, волновых и полевых структур, солитонов и иных образований во взаимосвязи с Законами Простых Prima (P) первородных природообразующих чисел и Особых множеств в них с их свойством объёмных ромбовидных квадратичностей.

Ключевые слова: строение атомов мироздания; строение оболочек и ядра; физико-химический элемент; простые числа в природных множествах; естественная матрица; период.

Современная формулировка периодического закона выдающегося русского ученого в области химических наук профессора Д.И. Менделеева такова: "свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от величины зарядов ядер их атомов"; у Д.И. Менделеева - "от их атомных весов" (рис. 1).

Вертикальные столбцы таблицы образуют группы элементов со сходными химическими и физическими свойствами, при этом считается, что в электронных конфигурациях внешнего слоя число электронов равно номеру группы, а горизонтальные ряды таблицы образуют т.н. периоды, элементы которых имеют единый энергетический

уровень с одинаковым квантовым числом. При жизни Д.И. Менделеева вышло более восьми изданий таблицы, демонстрирующих незавершенность научного подвига и неудовлетворенность автора, прежде всего, отсутствием естественных периодов и нумерации элементов, множественными пустотами и отсутствием присущей природе симметрии, и что редкоземельные элементы (лантаноиды и актиноиды) не вошли в систему.

До 1951 года, несмотря на целый ряд недостатков и несоответствий, сформулированных научным сообществом, таблица кардинальных изменений не претерпела. Первого сентября 1951 года на

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
1	1	1 Н ВОДОРОД 1,008																2 He ГЕЛИЙ 4,005	к
2	2	3 Li ЛИТИЙ 6,941	4 Be БЕРИЛЛИЙ 9,0122	5 B БОР 10,811	6 C УГЛЕРОД 12,011	7 N АЗОТ 14,007	8 O КИСЛОРОД 15,999	9 F ФТОР 18,998										10 Ne НЕОН 20,179	л
3	3	11 Na НАТРИЙ 22,99	12 Mg МАГНИЙ 24,312	13 Al АЛЮМИНИЙ 26,982	14 Si КРЕМНИЙ 28,086	15 P ФОСФОР 30,974	16 S СЕРА 32,064	17 Cl ХЛОР 35,453										18 Ar АРГОН 39,948	л
4	4	19 K КАЛИЙ 39,102	20 Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	21 Sc СКАНДИЙ 44,956	22 Ti ТИТАН 47,88	23 V ВАНАДИЙ 50,941	24 Cr ХРОМ 51,996	25 Mn МАРГАНЕЦ 54,938	26 Fe ЖЕЛЕЗО 55,847	27 Co КОБАЛЬТ 58,933	28 Ni НИКЕЛЬ 58,7								к
	5	29 Cu МЕДЬ 63,546	30 Zn ЦИНК 65,37	31 Ga ГАЛЛИЙ 69,72	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,59	33 As АРСЕН 74,922	34 Se СЕЛЕН 78,96	35 Br БРОМ 79,904											36 Kr КРИПТОН 83,8
5	6	37 Rb РУБИДИЙ 85,468	38 Sr СТРОНЦИЙ 87,62	39 Y ИТРИЙ 88,906	40 Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	41 Nb НИОБИЙ 92,906	42 Mo МОЛИБДЕН 95,94	43 Tc ТЕХНЕЦИЙ (98)	44 Ru РУТЕНИЙ 101,07	45 Rh РОДИЙ 102,906	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106,4								к
	7	47 Ag СЕРЕБРО 107,868	48 Cd КАДМИЙ 112,41	49 In ИНДИЙ 114,82	50 Sn ОЛОВО 118,69	51 Sb СУРЬМА 121,75	52 Te ТЕЛЛУР 127,6	53 I ИОД 126,905	54 Xe КСЕНОН 131,3										л
6	8	55 Cs ЦЕЗИЙ 132,905	56 Ba БАРИЙ 137,34	57-71 ЛАНТАНОИДЫ	72 Hf ГАФНИЙ 178,49	73 Ta ТАНТАЛ 180,948	74 W ВОЛЬФРАМ 183,85	75 Re РЕНИЙ 186,207	76 Os ОСМИЙ 190,2	77 Ir ИРИДИЙ 192,22	78 Pt ПЛАТИНА 195,08								к
	9	79 Au ЗОЛОТО 196,967	80 Hg РУТУТЬ 200,59	81 Tl ТАЛЛИЙ 204,37	82 Pb СВИНЕЦ 207,19	83 Bi ВИСМУТ 208,98	84 Po ПОЛОНИЙ (210)	85 At АСТАТ (210)	86 Rn РАДОН (222)										л
7	10	87 Fr ФРАНЦИЙ (223)	88 Ra РАДИЙ (226)	89-103 АКТИНОИДЫ	104 Rf РЕЗЕРФОРДИЙ (261)	105 Db ДУБНИЙ (262)	106 Sg СИБОРГИЙ (263)	107 Bh БОРИЙ (262)	108 Hn ХАНИЙ (265)	109 Mt МЕЙТТЕРИЙ (268)	110								к
		ВЫСШИЕ ОКСИДЫ	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄									
		ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ				RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR										
Л А Н Т А Н О И Д Ы																			
		57 La ЛАНТАН 138,906	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,908	60 Nd НЕОДИМ 144,24	61 Pm ПРОМЕТИЙ (145)	62 Sm САМАРИЙ 150,4	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,96	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 Tb ТЕРБИЙ 158,925	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,93	68 Er ЭРБИЙ 167,26	69 Tm ТУЛЬМИЙ 168,934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	71 Lu ЛУЦЕТИЙ 174,97			
А К Т И Н О И Д Ы																			
		89 Ac АКТИНИЙ (227)	90 Th ТОРИЙ 232,038	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ (231)	92 U УРАН 238,03	93 Np НЕПТУНИЙ (237)	94 Pu ПУЛТОНИЙ (244)	95 Am АМЕРИЦИЙ (243)	96 Cm КУРЧАТОВИЙ (247)	97 Bk БЕРКЛИЙ (247)	98 Cf КАЛИФОРНИЙ (251)	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ (254)	100 Fm ФЕРМИЙ (257)	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ (258)	102 No НОБЕЛИЙ (259)	103 Lr ЛУОУРЕНСИЙ (260)			



Д.И. Менделеев
1834-1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

■ s-элементы
■ p-элементы
■ d-элементы
■ f-элементы

Рис. 1 Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева (в одной из современных трактовок)

ЕСТЕСТВЕННАЯ МАТРИЦА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ ИХ ОБОЛОЧЕК, ЯДЕР И АТОМОВ В ЦЕЛОМ NATURAL MATRIX OF THE FUNDAMENTAL LAWS OF STRUCTURE OF

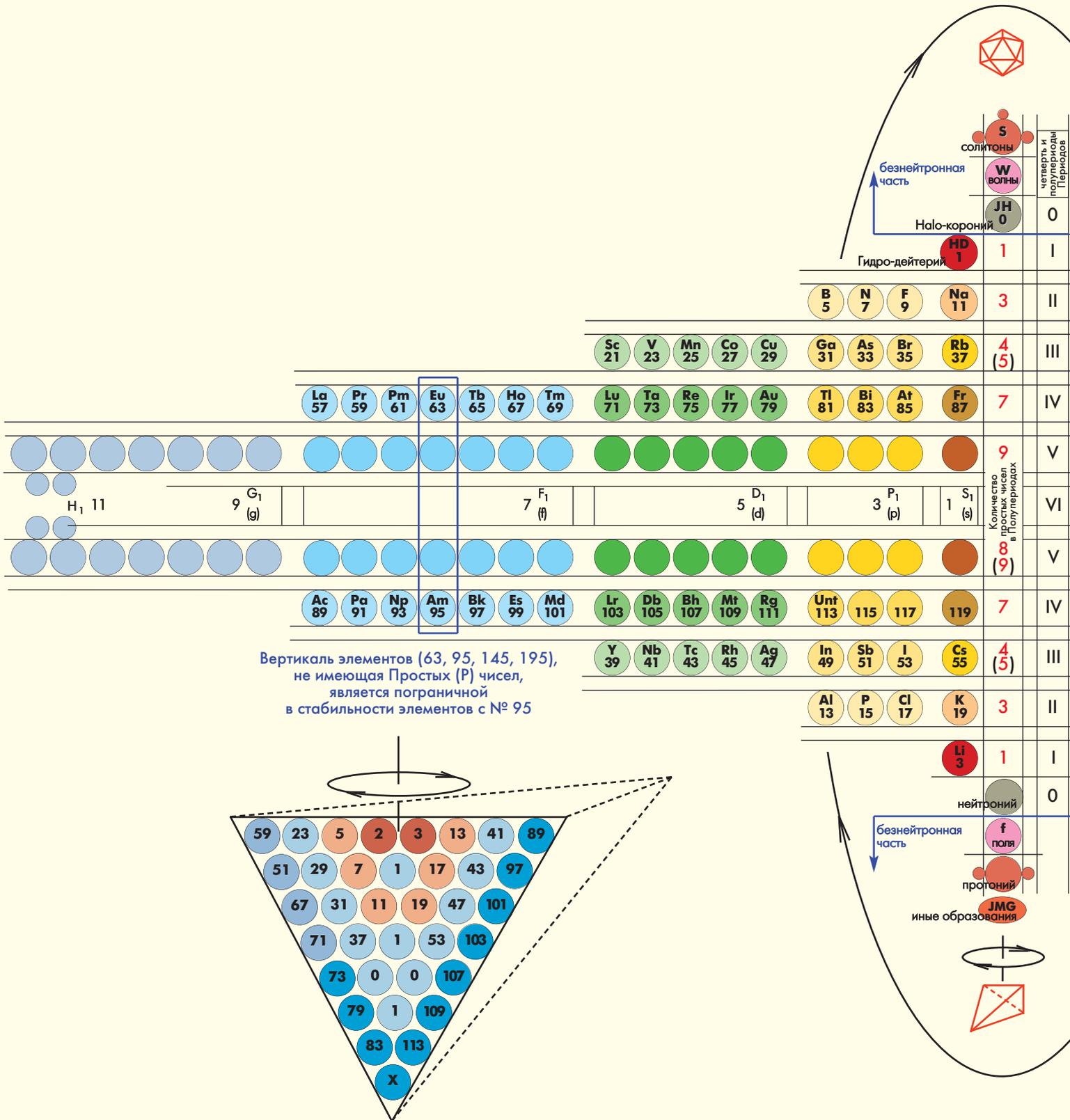
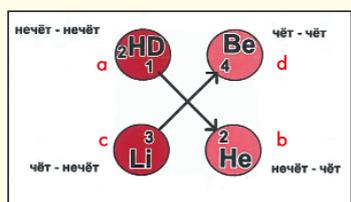
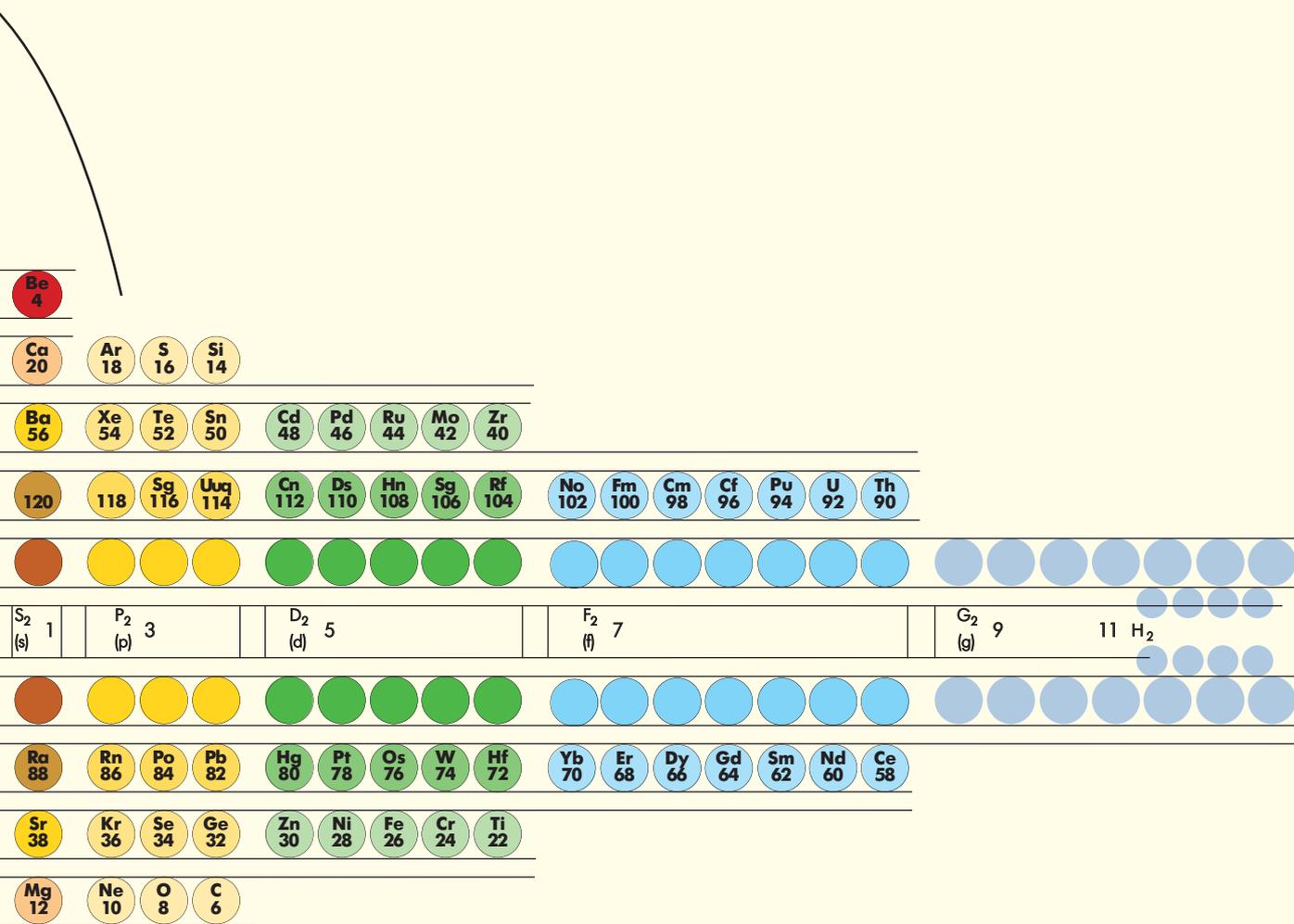


Рис. 3 Естественная Матрица фундаментальных Законов строения физико-химиче

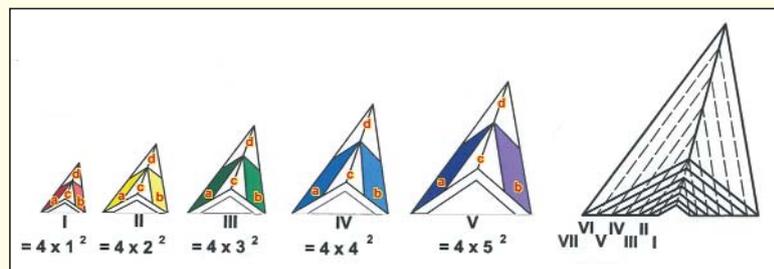
В СТРОЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ,

ГАЛУШКИНА ЮРИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА

PHYSICAL-CHEMICAL ELEMENTS OF YOURY A. GALOUSHKIN



Дву-на-пара



Сборка «слоёв» тетраэдрического объёмного электронного облака

© ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ГАЛУШКИН, 1951 - (1992) - 2001 - 2015 гг.

© YOURY GALOUSHKIN (JURY HALUSHKIN), 1951 - (1992) - 2001 - 2015

первой лекции студентов первого курса первого приема созданного Физтеха МГУ имени М.В. Ломоносова, будущего всемирно известного Московского физико-технического института (МФТИ), Лауреат Нобелевской премии, директор института Химфизики АН СССР, академик Николай Николаевич Семёнов поставил перед студентами и учёными Задачу решения Проблемы устранения, по крайней мере, пяти существующих Главных недостатков в известной и признанной всем миром Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева, более восьмидесяти лет являвшейся основой для научных исследований и инженерных решений:

"Цель ясна - после устранения недостатков обнаружатся новые свойства и взаимосвязи элементов, что позволит проводить большинство научных исследований на новом более высоком уровне и решать стоящие инженерные задачи не только вам - инженерам-физикам, а всем учёным, инженерам и практикам. Об экономическом эффекте: устранение хотя бы одного недостатка - равно экономии по затратам государства на содержание Физико-технического факультета МГУ в течение 50 лет по 400 студентов, стоимость которого в 40 раз превышает себестоимость студентов других факультетов (физиков, химиков, математиков).

Устранить эти очевидные недостатки пока никому в мире не удалось!... А это необходимо для продвижения вперёд науки, технологий, техники и инженерии".

Приведем главные недостатки, озвученные академиком Н.Н. Семеновым:

1. Ряды (так называемые полупериоды) в ныне введённых и обозначенных Периодах имеют разную длину, при этом возникает около 37 незаполненных клеток.
2. В первом ряду элементов всего два; к тому же водород не занимает постоянного места или даже занимает несколько мест; а эти два элемента одного ряда составляют даже целый, так называемый, Период.
3. Открытая учёными группа инертных газов добавилась позже.
4. Лантаноиды и Actиноиды оказались за пределами таблицы.
5. Введённая позже длиннопериодная таблица положение в целом не спасает и, к тому же, остаётся (как и ранее) асимметричной.

Дополнительно, Д.И. Менделеев в последних прижизненных изданиях "Основ химии" исключил термин "периоды", хотя таблицы называл "Периодическими...". Кроме того, периодов 7, а рядов - 10, то есть, полупериод и ряд это разные несовпадающие понятия; а с учётом Лантаноидов и Actиноидов термин периоды здесь не уместен.

За решение поставленной Нобелевским лауреатом академиком Н.Н. Семеновым Проблемы взялся присутствовавший на лекции студент первого приема Физтеха Ю. Галушкин. Потребовалось полвека непрерывной кропотливой работы (сначала студента-физика, затем ученого-ядерщика, известного эксперта и организатора исследований и разработчика в области ядерной физики, радиолокации, теории и технологии полупроводников, глобальной энергетики) Юрия Александровича Галушкина (рис. 2).

Устранить в отдельности какой-либо недостаток, как показала практика, было невозможно. Необходимо было создать совершенно новые законы, термины, понятия и формы, отражающие уже известные взаимосвязи и показывающие новые и ещё неизвестные. Поэтому автором все элементы снова были выстроены в линейный горизонтальный ряд, разделённый на естественные части, оказавшиеся неравномерными, но все без исключения с единными свойствами нарастания по квадратично-учетверённому Закону: $4N^2$, который составлял полные истинные Периоды, делимые на два равных Полупериода (по $2N^2$); и каждый из них делился на два равных Четвертьпериода (по N^2) - нечётный и чётный (по горизонтали). Полупериоды по вертикали также последовательно делились поровну - на нечётные и чётные. Результат: 4 Периода, в них 8 Полупериодов и 16 Четвертьпериодов. Линейный ряд затем в соответствии с квадратично-учетверённым законом был преобразован в Матрицу фундаментальных Законов строения физико-химических элементов Ю.А. Галушкина с продолжением периодов (рис. 3). Создание Матрицы посвящено Долгопрудненскому Физтеху.

По центральной горизонтали: цифры показывают величину Прирастания количества электронов (протонов) каждого ЧЕТВЕРТЬПЕРИОДА: $1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11$ (от центра), а в целом составят: $1^2 - 2^2 - 3^2 - 4^2 - 5^2 - 6^2 - \dots - N^2$; в ПОЛУПЕРИОДАХ: $(1 + 1) + (3 + 3) + (5 + 5) + (7 + 7) + (9 + 9) + \dots + [(2N - 1) + (2N - 1)]$, в каждом ПЕРИОДЕ в целом = $4N^2$, общая сумма ПЕРИОДОВ = $4\sum(N^2)$: 4; 20; 56; 120; 220; 364, 560...

Введен новый термин: НАРАСТАЮЩИЙ ЦИКЛ (двойной нечёт-чёт) - "Дву-на-пара" - $4N^2$ ($N = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$); в нарастающем цикле ПЕРИОДЫ последовательно (плотно, без пропусков, объёмно) нарастают по их количеству, и в каждом цикле - аперiodически уменьшаются по величине. Каждый ПЕРИОД состоит из пары (двух) ПОЛУПЕРИОДОВ по $(2N^2)$ нечётно-чётных и четырех ЧЕТВЕРТЬПЕРИОДОВ = N^2 , т.е. нечётно-чётных с повтором.

По центральной вертикали: отражены элементы (начиная с нулевого), а далее - энергетические поля, колебания, волны МИРОВОГО ЭФИРА. Подробности о деталях Матрицы и разьяснения - в последующих научных публикациях.

Красные цифры указывают количество ПРОСТЫХ (Prima) чисел (P), находящихся в каждом ПОЛУПЕРИОДЕ (нечётный ЧЕТВЕРТЬПЕРИОД) и спроектированных на одну грань ТЕТРАЭДРА (электронного слоевого облака). Имеет место закон их двойственного нарастания вместе с прирастанием ПОЛУПЕРИОДОВ.

Таким образом, возникла двойная естественная симметрия, и ещё к тому же и центральная, которая при анализе по расположению



Рис. 2 Создатель периодической матрицы Законов строения физико-химических элементов Ю.А. Галушкин. Физик-ядерщик, правоведа в области интеллектуальной собственности, профессор, доктор философии, академик

оказывалась Объёмной (а не кусочно-линейной!) и порождался двойной чёт-нечёт, по выражению Д.И. Менделеева, "дву-на-пара". В этом также чётко, гармонично и последовательно шло нарастание *s*-, *p*-, *d*-, *f*-, *g*-, *h*-элементов, известных по физике.

Построена Объёмная Матрица элементов, с расположением их в этой Матрице по найденным законам в соответствии с философией мироздания, а также и её Модель. Для начального понимания и простоты восприятия эта Объёмная Матрица элементов с Законами её построения была изображена в плоскостных видах, которые только частично могут отображать новые свойства и взаимосвязи элементов (то же - и с объёмно-плоскостными).

Впервые создано естественное объёмное изображение Законов построения Оболочки в виде сплошного без пропусков Тетраэдрического облака. Произведена разработка законов строения Ядра Атома и Атома в целом; создана также их объёмная реконструкция в виде 3D-модели. При этом обнаружено, что в основе Законов строения Оболочки, Ядра и Атома в целом лежат Законы Простых (неделимые) природообразующих Prima (P) чисел. Так, например, нарастание полупериодов по их величине и нарастание простых чисел в них коррелируются.

Сверх того, объёмное строение Оболочки и Ядра Атома соответствует строению природных и искусственных кристаллов и даже монокристаллов. Иными словами, кристаллические структуры и внешние формы кристаллов ("Габитус") полностью соответствуют Законам строения Оболочки и Ядра Атома.

В результате многолетней кропотливой научно-аналитической работы устранены все обозначенные академиком Н.Н. Семеновым недостатки, указанные в поставленной им для разрешения Проблеме (а также и иные). Но для полноты применения Универсальной естественной Матрицы фундаментальных Законов строения физико-химических элементов Ю.А. Галушкина необходимо дальнейшая глубокая проработка всех частей и деталей,



Рис. 4 Дипломы о международном признании за Ю.А. Галушкиным разработки ЗАКОНОВ СТРОЕНИЯ МАТЕРИИ И ВЕЩЕСТВА с атомами, ядрами, оболочками, полями, а также их моделей в функции его Законов ПРОСТЫХ И ПРИРОДОБРАЗУЮЩИХ ЧИСЕЛ и Особых МНОЖЕСТВ, - в энергетических и иных целях

для чего необходимы условия для исследовательской работы коллектива научных сотрудников и инженеров-исследователей, в том числе молодых талантливых учёных.

Новый 3D-взгляд (R^3) на строение Ядра, Оболочки и Атома в целом, разработанный в виде Законов строения вещества, получил признание авторитетного Международного жюри под председательством Нобелевского лауреата академика Ж.И. Алферова, что подтверждено тремя международными Дипломами, двумя золотыми и одной серебряной медалями Международного московского Салона Инноваций и Инвестиций 2001 года (рис. 4).

Создание Универсальной естественной Матрицы фундаментальных Законов строения физико-химических элементов позволяет проводить фундаментальные исследования для перспективных физико-химических приложений, создавать конструкционные наноматериалы с заданными эксплуатационными параметрами и биоткани со специальными функциональными возможностями. Открывается новый путь к созданию глобальной экологически чистой биосферно-совместимой энергетики Третьего тысячелетия, интеллектуальных материалов с управляемыми адаптивными свойствами и опережающих технологических решений практически во всех сферах безопасной и комфортной жизнедеятельности человека на Земле и в Космосе [1, 3].

Адаптивное материаловедение ускорит перспективные фундаментальные исследования для прорывных физико-химических приложений и инженерных решений, прежде всего, создания систем встроенного интеллекта VI и последующих технологических укладов, станет эффективным инструментом Устойчивого развития Общества [1].

Возможности новейших знаний в области строения вещества и энергоинформационного гомеостаза конструкционных материалов (техносфера) и живых тканей (биосфера) могут быть реализованы только при наличии тонких, адекватных наблюдаемому природному синтезу, инструментальных средств достоверного контроля, эффективной ранней диагностики и управления текущими состояниями и событиями [2].

Автор выражает своё искреннее уважение и признательность талантливому инженеру-исследователю, доктору экспертизы, профессору, Заслуженному инженеру России Анатолию Алексеевичу Сперанскому за полезные советы и решающее участие в подготовке и издании публикации Естественной Матрицы фундаментальных Законов строения Физико-химических элементов; С.Д. Белову, И.А. Сидорову; а также М.И. Сидоровой и М.А. Галушкиной - за воодушевление, вдохновение и участие в работе!

Связь с автором: +7-916-451-4528; E-mail: uagal33@yandex.ru

Литература

- Galoushkin Y.A., Gusev B.V., Samuel Yen-Liang Yin, Speransky A.A. Fundamental triad of knowledge and the Laws of its volume periodicity in structure of physical-chemical elements. 2015. Dubna. V International scientific conference of the State University "Dubna" www.yrazvitie.ru
- Сперанский А.А., Галушкин Ю.А. Достоверные знания как концепция экотехнологического мониторинга в интересах устойчивого развития. 2011. Дубна. Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. №4. <http://www.ypravlenie.ru>
- Галушкин Ю.А., Егорова М.Ю., Сидорова М.И. К вопросу о значении и ключевой роли открытия новых альтернативных источников энергии для устойчивого развития общества. Сайт: <http://www.rupravlenie.ru> / том 11 №1 (26), 2015, ст.4.

© Юрий Александрович Галушкин 1951 - (1992) - 2001 - 2015 гг.



НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕЖРОТОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СИЛ МАСЛЯНОГО КЛИНА

ОКБ им. А. Льюльки - филиал ОАО "УМПО":
Евгений Ювенальевич Марчуков, д.т.н., генеральный конструктор
Юрий Борисович Назаренко, к.т.н., ведущий конструктор
Максим Владимирович Кузьмин, зам. главного конструктора
Михаил Анатольевич Богданов, к.т.н., начальник отдела прочности

Рассматривается жидкостное трение в роликовых подшипниках на основе гидродинамической теории смазки. Представлен принципиально новый способ подачи масла в подшипник, который способствует уменьшению напряжений на роликах и внешнем кольце межроторного подшипника высокооборотных газотурбинных двигателей благодаря гидродинамическим силам масляного потока.

Considered fluid friction in roller bearings on the basis of hydrodynamic theory of lubrication. A fundamentally new way to supply oil to the bearing, which helps to reduce the stress on the rollers and the outer ring of the bearing of high-speed gas turbine engines due to the hydrodynamic forces of the oil flow.

Ключевые слова: подшипник, ролик, гидродинамические силы, масляный клин, контактные напряжения.
Keywords: bearing, roller, between the two shafts, hydrodynamic forces, oil wedge, contact stress.

1 Введение

Долговечность подшипников определяется, главным образом, уровнем контактных напряжений на телах и дорожках качения. Особенно это актуально для высокооборотных газотурбинных двигателей, у которых контактные напряжения на роликах, контактирующих с внешним кольцом, сильно возрастают по сравнению с контактом на внутреннем кольце из-за центробежных сил роликов и это определяет долговечность подшипника. К таким подшипникам относятся и межроторные подшипники при вращении двух колец в одном направлении, где частота вращения роликов относительно оси подшипника существенно возрастает.

В процессе подачи масла в подшипниковую опору при определенных скоростях подачи и направлениях течения потока масла, между кольцами подшипника и телами качения образуется масляный клин, который уменьшает контактные напряжения между кольцами подшипника и телами качения, аналогично, как и в подшипниках скольжения, где они полностью устраняются, и контакт между движущимся и неподвижным кольцом отсутствует. Использование этого эффекта позволяет, без ухудшения условий смазки и охлаждения подшипников при дополнительном обеспечении охлаждения внутреннего кольца, значительно увеличить срок их эксплуатации.

При существующих традиционных схемах подачи масла в подшипник газотурбинных двигателей, при потоке масла в окружном направлении, масляный клин не всегда эффективно уменьшает контактные напряжения. В этом случае эффект гидродинамического влияния масляного клина на контактные напряжения не превышает 8 % по долговечности подшипников [1].

2 Гидродинамика вязкой жидкости при ламинарном течении масла между двух пластин

Исследование режима жидкостного трения в подшипниках основано на гидродинамической теории смазки. На основе решения дифференциальных уравнений гидродинамики вязкой жидкости, которые связывают давление, скорость и сопротивление вязкому сдвигу, определены дополнительные силы, действующие на ролики в зоне масляного клина.

При движении жидкости между двумя пластинами, одна из которых нагружена силой F , при определенном наклоне пластины и скорости потока V возникает давление со стороны потока, которое компенсирует вертикальную силу (рис. 1).

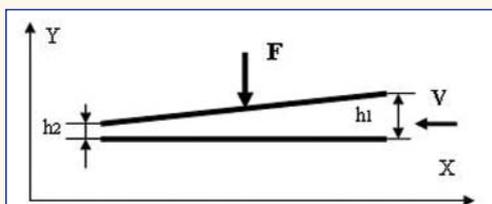


Рис. 1 Течение жидкости между двумя пластинами

При ширине пластины гораздо больше ее длины сложную пространственную задачу можно свести к плоской в координатах $x-y$.

Основным уравнением, определяющим движение потока жидкости в сужающемся канале, является закон Ньютона

$$\tau = \mu dv/dy, \quad (1)$$

где τ - напряжения сдвига от внутреннего трения при сдвиге слоев жидкости; μ - динамическая вязкость жидкости; V - скорость течения.

Продифференцируем обе части уравнения (1)

$$\frac{d\tau}{dy} = \mu \frac{d^2V}{dy^2}. \quad (2)$$

Так как на одной границе поверхности пластины скорость равна нулю, то различные слои потока имеют разную скорость и между ними имеется градиент по оси "y", а за счет сужения канала имеется градиент давления по оси "x".

Рассматривая равновесие элементарного объема в виде

$$dp dy = -d\tau dx$$

и подставляя $d\tau/dy = -dp/dx$ в (2), будем иметь основное уравнение гидродинамики для установившегося двумерного течения жидкости

$$\frac{d^2V}{dy^2} = G/\mu, \quad (3)$$

где G - градиент избыточного давления в зазоре, .

$$G = -dp/dx.$$

Интегрируя дважды, получаем

$$V = \frac{Gy^2}{2\mu} + C_1y + C_2. \quad (4)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 найдем из граничных условий при задании скоростей на границах пластин. Верхняя пластина набегает на жидкость со скоростью V и прогоняет ее через сужающийся зазор.

Этот процесс можно рассмотреть в обращенном движении пластин. Для этого сообщим всей системе обратное движение. Интересующее нас относительное движение пластин при этом не изменится, но в обращенном движении верхняя пластина остановится, а нижняя пластина и жидкость будут двигаться со скоростью V . Тогда скорость потока на границах пластин будет равна $V = 0$ при $y = 0$ и V при $y = h$.

Окончательно получаем

$$V = -\frac{Gy}{2\mu}(h-y) + \frac{Vy}{h}, \quad (5)$$

где h - текущая толщина слоя масла в зазоре.

Объемный расход на единицу ширины пластины равен

$$Q = \int_0^h V dy = -\frac{Gh^3}{12\mu} + \frac{Vh}{2}. \quad (6)$$

Из условия неразрывности потока жидкости значение Q не должно зависеть от "x" (во всех сечениях зазора Q постоянно).

Из (6) следует, что градиент давления G должен определяться из условия

$$\frac{dp}{dx} = -G = 6\mu \left(-\frac{V}{h^2} + \frac{2Q}{h^3} \right). \quad (7)$$

Учитывая $h = h_1 - \alpha x$, где α - угол наклона верхней пластины, после интегрирования в пределах от h_1 до h и граничном условии $p = 0$ при $h = h_1$ будем иметь

$$P = -\frac{6\mu}{\alpha} \left[V \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{h_1} \right) - Q \left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{h_1^2} \right) \right]. \quad (8)$$

Раскладывая в ряд Тейлора полученное выражение и пренебрегая величинами малого порядка малости при малом α , а также подставляя в (8) расход жидкости на входе $Q = Vh_1$, определим давление жидкости в середине пластины

$$P = -\frac{6\mu V}{\alpha} \left[\left(\frac{1}{h_{cp}} - \frac{1}{h_1} \right) - h_1 \left(\frac{1}{h_{cp}^2} - \frac{1}{h_1^2} \right) \right] = \frac{3\mu V}{\alpha} \frac{\Delta h}{h_1^2}, \quad (9)$$

где h_1 - начальная величина зазора; Δh - уменьшение высоты зазора, $\Delta h = L \sin \alpha$; L - длина пластины; α - угол наклона верхней пластины.

В случае движения двух пластин - верхней со скоростью V_1 и нижней со скоростью V_2 , а также при скорости потока, направленного навстречу движения пластин V_{Π} , давление жидкости будет равно

$$P = -\frac{6\mu}{\alpha} \left[(V_1 + V_2) \left(\frac{1}{h_{cp}} - \frac{1}{h_1} \right) - h_1 (V_1 + V_{\Pi}) \left(\frac{1}{h_{cp}^2} - \frac{1}{h_1^2} \right) \right] = \frac{3\mu V}{\alpha} \frac{\Delta h}{h_1^2} (V_1 - V_2 + 2V_{\Pi}). \quad (10)$$

3 Течение масла между роликом и внешним кольцом

При вращении внутреннего кольца подшипника, на котором находится вал ротора и при подаче масла форсунками на торец подшипника поток масла будет протекать между роликом и внешним кольцом (рис. 2) со скоростью $V = \pi d_B d_H / 2(d_B + d_W)$, где f - частота вращения ротора, Гц и d_B , d_H , d_W - диаметр беговой дорожки внутреннего и внешнего колец и ролика.

Зазор под роликом будет определяться радиусами ролика и внешнего кольца, а также бомбинированностью ролика и примем его в виде усредненного значения b (см на рис. 5).

В цилиндрической системе координат зазор между роликом и внешним

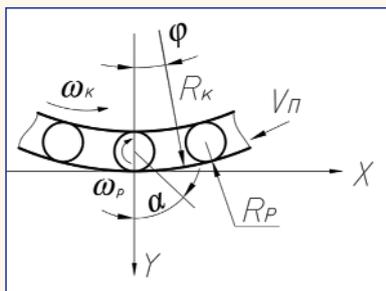


Рис. 2 Течение жидкости в подшипнике

кольцом в радиальном направлении будет равен

$$h_1 = b/2 + (R_P - R_P \cos \alpha) - (R_K - R_K \cos \varphi), \quad (11)$$

где R_P и R_K - радиусы ролика и беговой дорожки кольца; b - превышение радиуса в среднем сечении ролика относительно торцевого.

Раскладывая в ряд Тейлора выражение (11) при малых значениях углов α и φ и учитывая соотношение между ними $\varphi = \alpha R_P / R_K$, будем иметь

$$h_1 = \frac{b}{2} + \frac{R_P \alpha^2}{2} - R_K \frac{(\alpha R_P / R_K)^2}{2}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (9) установим давление жидкости в зазоре между роликом и кольцом при определенном угле α и нулевом давлении на входе

$$P_1 = \frac{\eta}{\left[\frac{b}{2} + \frac{R_P \alpha^2}{2R_K} \xi \right]^2}, \quad (13)$$

где ξ - параметр, равный $\xi = R_K - R_P$; $\Delta \alpha$ - интервал разбиения, $\Delta \alpha = 0,025$; η - параметр, равный

$$\eta = \frac{0,075\mu VR_P R_K}{\xi};$$

V - скорость течения масляного потока перед роликом.

При разбиении дуги окружности ролика в зоне зазора, где давление имеет максимальные величины, на четыре участка будем иметь среднее давление на ролик:

- в первом интервале $0 < \alpha < 0,025$
 $P_1 = \eta (b/2 + R_P 0,025^2 \xi / 2R_K)^{-2}$;

- во втором интервале $0,025 < \alpha < 0,05$
 $P_2 = \eta (b/2 + R_P 0,05^2 \xi / 2R_K)^{-2}$;

- в третьем интервале $0,05 < \alpha < 0,075$
 $P_3 = \eta (b/2 + R_P 0,075^2 \xi / 2R_K)^{-2}$;

- в четвертом интервале $0,075 < \alpha < 0,1$
 $P_4 = \eta (b/2 + R_P 0,1^2 \xi / 2R_K)^{-2}$.

Интегрируя выражение (13) численным методом и учитывая, что давление перед роликом и за ним будет одинаковым, установим суммарную силу, которая будет действовать на ролик в радиальном направлении

$$F = 2 \int_0^{\alpha} P_i f \cdot R_P d\alpha = 2 \sum_{i=1}^n (P_i + P_{i+1}) f \cdot R_P \Delta \alpha. \quad (14)$$

Принимая интервал разбиения равным $\Delta \alpha = 0,025$ и количество интервалов - четырёх, а также начиная суммирование с четвертой зоны, где давление минимально при задании давления на входе в зазор каждого интервала от предыдущего, будем иметь

$$F = \lambda [P_1 + 2(P_2 + P_3 + P_4)], \quad (15)$$

где λ - параметр, равный $\lambda = 2R_P 0,025 f$; f - длина ролика.

Гидродинамические силы, действующие на ролики, уменьшают контактные напряжения тел качения, и это увеличивает долговечность подшипников. Для подшипника 5-2272917 задней опоры турбины низкого давления двигателя АИ-222-25 долговечность подшипника увеличивается на 7,8 % [1].

4 Способ подачи масла в подшипник в осевом направлении относительно ролика при неподвижной форсунке

Предлагается принципиально новая концепция подачи масла при вращении внутреннего кольца 2 (рис. 3) посаженного на вал ротора 5 для уменьшения контактных напряжений на телах качения и внешней дорожке кольца подшипника с помощью специального устройства, обеспечивающего равномерную подачу масла по окружности при оптимальном угле под все ролики и протекании потока масла в осевом направлении относительно ролика (Патент №159639). Эффект в этом случае будет существенно выше.

Это связано с тем, что гидродинамические силы при осевом потоке масла намного превышают гидродинамические силы при окружном движении потока масла.

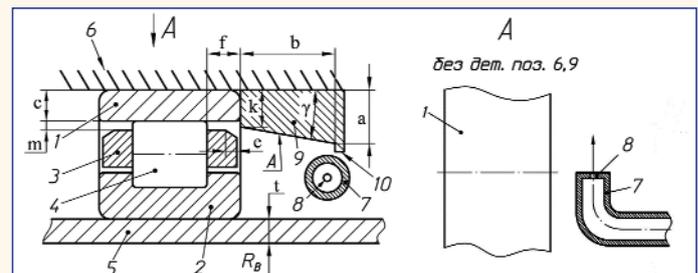


Рис. 3 Схема подачи масла в окружном направлении под козырек при неподвижной форсунке

Устройство для реализации заявленного способа оснащено маслоулавливающим козырьком 9, установленным у внешнего торца кольца 1 подшипника и скрепленным внешним посадочным устройством 6 со статором.

Маслоулавливающий козырек имеет форму кольца (кольцевой втулки). Внутренняя кольцевая поверхность "А" козырька выполнена конической формы, с наклоном (раструбом конуса) в сторону подшипника, уменьшающим толщину козырька, под углом γ . По наружному торцу козырька в зоне его отверстия имеется кольцевой выступ 10, предназначенный для устранения утечки масла с козырька в противоположную сторону от подшипника.

Масло от масляной системы двигателя подается к форсункам 7 и, через сопла 8, под давлением, со скоростью V направляется в окружном направлении на коническую поверхность маслоулавливающего козырька 9.

Отражаясь от конической поверхности, потоки масла подаются на торец подшипника, смазывая контактирующие его части и охлаждая их. Учитывая, что потоки масла подаются постоянно и по всей торцевой поверхности подшипника, обеспечивается гарантированное попадание масла между поверхностями всех его контактирующих деталей.

Для еще большего повышения срока эксплуатации подшипника путём создания между его контактирующими элементами масляного клина и создания гидродинамических сил, масло помимо подачи его на подшипник, также направляется в торцевой зазор между роликами 4 и внешним кольцом 1.

Для обеспечения данного условия необходимо чтобы маслоулавливающий козырек имел соответствующие параметры, а именно: угол конусности конической поверхности "А", толщины торцов козырька, ширина козырька, которые должны быть "узваны" с параметрами подшипника, такими, как толщина его внешнего кольца, расстояние от торца подшипника до торцов роликов.

Толщина козырька у торца, примыкающего к торцу подшипника "к", должна быть равна

$$k = f \cdot \gamma + c, \quad (16)$$

а толщина "а" противоположного торца равна

$$a = (b + f) \cdot \gamma + c, \quad (17)$$

где γ - угол наклона козырька в осевом направлении; b - ширина козырька; f - расстояние в осевом направлении от торца внешнего кольца подшипника до торца ролика; c - толщина внешнего кольца подшипника.

При малых углах наклона козырька $\operatorname{tg} \gamma = \gamma$.

Так как осевая скорость масляного потока под действием центробежных сил при вращении масляного потока в окружном направлении со скоростью подачи масла из сопла V определяется наклоном козырька, угол его должен быть максимальным. Однако для устранения отражения потока масла от сепаратора 3 угол наклона должен быть ограничен значением

$$\gamma = \frac{m}{f - e}, \quad (18)$$

где m - ширина зазора в радиальном направлении между внешним кольцом и сепаратором подшипника; e - ширина фаски на сепараторе.

При большем значении угла γ будет происходить отражение масляного потока от сепаратора и эффект гидродинамических сил будет ослабевать.

Как показали исследования, подача масла из форсунки в окружном направлении со скоростью V в направлении вращения роликов обеспечивает максимальный эффект.

Скорость перемещения ролика относительно внешнего кольца составит

$$V \approx f \cdot \pi \cdot d_B \cdot d_H / 2(d_B + d_W), \quad (19)$$

где f - частота вращения ротора, Гц; d_B, d_H, d_W - диаметр беговой дорожки внутреннего, внешнего кольца и ролика, м.

Скорость истечения масла через форсунку для несжимаемой жидкости и при площади сечения масляного канала для подачи масла к подшипнику, намного превышающей площадь форсунки определяется из зависимости Бернулли [2]:

$$V_{\Pi} = \sqrt{2P/\rho}, \quad (20)$$

где P - давление масла в подающем канале форсунки; ρ - плотность масла.

Для обеспечения максимальной величины гидродинамических сил необходимо выполнение условия, чтобы скорость потока в окружном направлении была равна скорости перемещения роликов.

В этом случае гидродинамическое давление будет определяться только осевой скоростью масляного потока и оно будет максимальным. Как показали исследования, эффективность действия гидродинамических сил будет гораздо больше в осевом направлении протекания масляного потока, чем в окружном. Кроме этого оно будет действовать как с левой, так и с правой стороны ролика относительно его оси. В случае меньшей или большей скорости масла в окружном направлении и при векторе подачи масла, направленном под некоторым углом к оси ролика, давление масла будет действовать только с одной стороны ролика, и величина его будет меньше.

Скорость потока масла в осевом направлении устанавливается из условия, что центробежная сила будет определяться вращением масла в окружном направлении со скоростью V , углом наклона козырька γ и длиной козырька b .

Центробежная сила слоя масла под козырьком массой m определится из выражения:

$$F_{Ц} = \frac{m \cdot V^2}{R_H - b \cdot \gamma / 2}, \quad (21)$$

где R_H - внутренний радиус внешнего кольца; V - средняя по ширине козырька окружная скорость движения масляного потока; b - ширина козырька; γ - угол наклона козырька.

Осевая сила, действующая на слой масла под козырьком, будет равна $F_O = F_{Ц} \cdot \gamma$.

Ускорение масла при этом составит:

$$a = \frac{F_O}{m} = \frac{V^2 \cdot \gamma}{R_H - b \cdot \gamma / 2}. \quad (22)$$

Время прохождения масла от начала козырька до его конца и входа в зазор между роликом и внешним кольцом определится из условия:

$$b = a \cdot t^2 / 2. \quad (23)$$

В этом случае скорость масляного потока на входе в зазор между роликом и внешним кольцом составит:

$$V = a \cdot t = \sqrt{\frac{2b \cdot V^2 \cdot \gamma}{R_H - b \cdot \gamma / 2}}, \quad (24)$$

5 Способ подачи масла в межроторный подшипник для уменьшения контактных напряжений на телах и дорожках качения

Для достижения максимального эффекта действия гидродинамических сил в способе подачи масла в межроторный подшипник опоры ротора газотурбинного двигателя, подача масла производится через форсуночное устройство, посаженное на внутренний вал и вращающееся вместе с ним. Потоки масла подаются через выходные отверстия в окружном направлении под маслоулавливающий козырек, закрепленный на внешнем валу двигателя у торца внешнего кольца подшипника и выполненный в виде кольцевой втулки, отверстие которой имеет коническую форму (рис. 4).

Способ осуществляют следующим образом. В процессе работы ПТД его валы 1 и 2 приводятся во вращение, следовательно, приводятся во вращение и кольца подшипника.

Масло от масляной системы двигателя поступает под давлением в полость внутреннего вала 2, заполняет кольцевую канавку 3 и через каналы М и К подается к выходным отверстиям 5 форсуночного устройства 4, которое совершает движение вращения

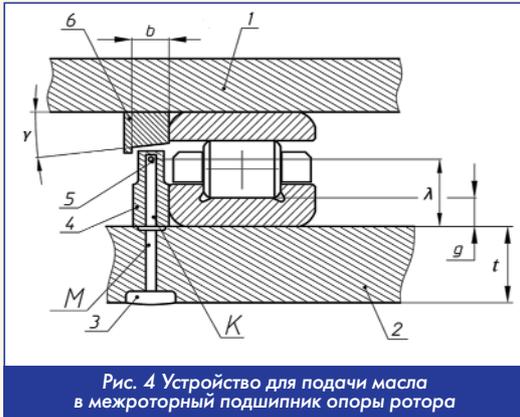


Рис. 4 Устройство для подачи масла в межроторный подшипник опоры ротора

вместе с валом 2, и под давлением со скоростью V направляется через сопла на коническую поверхность маслоулавливающего козырька 6. Потoki масла, перемещаясь в направлении, перпендикулярном оси подшипника на конической поверхности

маслоулавливающего козырька 6, совершают при этом окружное движение. Потoki масла благодаря действию центробежных сил и наклона конической поверхности козырька, получают направление вдоль оси подшипника, формируясь при этом в единый поток, имеющий форму кольца постоянного поперечного сечения, который попадает на торец подшипника.

Для обеспечения получения максимального результата необходимо выполнение некоторых дополнительных условий, а именно: так организовать подачу масла на подшипник, чтобы поток точно попадал в зазор между торцом ролика и внешним кольцом подшипника. При этом маслоулавливающий козырек должен иметь соответствующие параметры [3].

Для обеспечения максимальной окружной скорости течения масла на козырьке, которая складывается из окружной скорости вращения форсуночного устройства и скорости истечения масла из сопла, необходимо расположить сопла форсуночного устройства в плоскости, нормальной к оси подшипника, и направить их в окружном направлении в сторону вращения внешнего и внутреннего колец подшипника.

Окружная скорость выходных отверстий форсуночного устройства составляет:

$$V = \omega_1 \cdot (d_H / 2 - \zeta), \quad (25)$$

где ζ - радиальное расстояние от беговой дорожки внешнего кольца до сопла форсунки, $\zeta = (d_H - d_B) / 2 - (\lambda - g)$, м; d_H и d_B - диаметр беговой дорожки внешнего и внутреннего кольца, м; λ - радиальное расстояние от внешней поверхности вала 2 до выходного сопла, м; g - толщина внутреннего кольца подшипника без буртиков, м.

Центробежная сила столба масла в канале форсуночного устройства К и внутреннего вала М при равенстве их сечений определяется высотой λ и толщиной вала t :

$$F_{Ц} = m \cdot R_C \cdot \omega_1^2, \quad (26)$$

где m - масса столба масла, $m = (\lambda + t) \cdot S \cdot \rho$; S - сечение каналов форсунки и вала;

R_C - радиус центра масс столба масла, $R_C = d_H / 2 - \zeta - (\lambda + t) / 2$.

Определяя давление масла на уровне выходного сопла и скорость истечения масла по выражению (20), установим результирующую величину окружной скорости масляного потока:

$$V = \omega_1 \cdot \left(\frac{d_H}{2} - \zeta \right) + [2 \cdot \omega_1^2 (\lambda + t) \cdot \left(\frac{d_H}{2} - \zeta - \frac{(\lambda + t)}{2} \right)]^{1/2}, \quad (27)$$

Скорость потока масла в осевом направлении на входе в зазор между роликом и внешним кольцом определяется из выражения (24), а гидродинамические силы - по выражению (9) при задании скорости потока масла по выражению (27) и неподвижных скоростях плоскостей зазора в осевом направлении.

Пример реализации способа проведем для межроторного подшипника 5-272822Р двигателя АЛ-31Ф с габаритными размерами 110x140x18 мм при диаметре беговой дорожки наружного кольца $D_H = 133$ мм и ролика $d_p = 8$ мм, диаметре беговой дорожки внутреннего кольца $D_B = 117$ м и длине ролика $L = 9$ мм.

Круговые скорости вращения внешнего $\omega_2 = 1393$ рад/с и внутреннего кольца $\omega_1 = 1068$ рад/с. Радиальное расстояние от беговой дорожки внешнего кольца до сопла форсунки принято $\zeta = 9$ мм, толщина вала вместе с носком ТНД $t = 14,5$ мм, радиальное расстояние от внешней поверхности вала до выходного сопла жиклера $\lambda = 2$ мм. Плотность масла равна 800 кг/м³.

Скорость перемещения ролика относительно внешнего кольца при вращении внутреннего и внешнего колец составит

$$V \approx \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \cdot \frac{d_H}{2} = 81,8 \text{ м/с}, \quad (28)$$

где ω_1 - круговая скорость вращения внутреннего кольца подшипника, рад/с; ω_2 - круговая скорость вращения внешнего кольца, рад/с.

Результирующая величина окружной скорости масляного потока (27) будет равна $V = 103,5$ м/с.

Скорость потока масла в осевом направлении определим из условия, что центробежная сила будет определяться вращением масла в окружном направлении со скоростью $V = 103,5$ м/с, углом наклона козырька $\gamma = 0,2$ рад и шириной козырька (без учета выступа) $b = 0,04$. Ускорение масла в осевом направлении составит $a = 34279,2$ м/с².

Скорость масляного потока на входе в зазор между роликом и внешним кольцом (24) составит $V = 52,4$ м/с.

Гидродинамическое давление в зазоре между роликом и внешним кольцом определим по методике [1], для чего разобьем щель в осевом направлении между роликом и внешним кольцом для одной четверти в виде отдельных участков А, В, С и F, которые можно представить в виде плоских элементов без кривизны и которые образуют щель между двумя пластинами (рис. 5) при ширине каждой зоны в проекции на плоскость x-y равной 0,1 мм.

При отсутствии движения двух пластин верхней и нижней в осевом направлении и движении только потока масла в осевом направлении между пластинами, которые образуют ролики и внешнее кольцо подшипника гидродинамическое давление в середине каждой зоны А, В, С и F определим из выражения

$$P = \frac{6\mu}{\beta} \left[h_1 \cdot V \cdot \left(\frac{1}{h_{cp}^2} - \frac{1}{h_1^2} \right) \right], \quad (29)$$

где h_1 - начальная величина зазора для зон F, C, B и A, соответственно равная 10,3; 12,6; 17,3 и 24,4 мкм; h_{cp} - зазор в середине пластины для зон F, C, B, A, соответственно равный 5,3; 7,6; 12,3 и 19,4 мкм; V - скорость потока масла, $V = 52,4$ м/с; μ - динамическая вязкость масла при температуре 100 °С, $\mu = 0,0027$ Нс/м²; β - угол наклона пластины при бомбинированности ролика $b = 10$ мкм, $\beta = 0,0022$ рад.

Усредненное гидродинамическое давление в зонах составит: $P_F = 104,2$; $P_C = 53,4$; $P_B = 21,8$; $P_A = 9,2$ МПа.

При площади каждой из рассматриваемых зон 0,45 мм² определяем силу для каждой из зон и при суммировании получаем силу 84,8 Н.

Полная сила, действующая по всей длине ролика со стороны набегающего потока масла в окружном направлении, установим при условии, что силы кинематического напора масла на ролик в

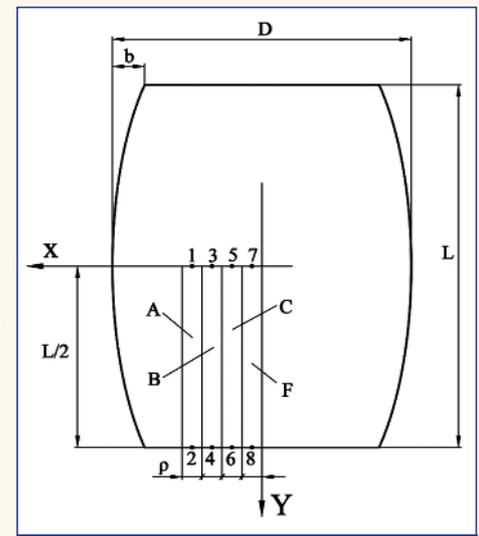


Рис. 5 Расчетная схема для определения давления при протекании масла в зазоре между телом качения и внешним кольцом подшипника

окружном направлении со скоростью 21,7 м/с намного превышают силы вытесняющие масло из зазоров под действием гидродинамических сил. Тогда будем иметь $F = 169,6$ Н.

Уменьшение контактных напряжений в этом случае при эквивалентной радиальной нагрузке на подшипник, принятой в расчетах по его долговечности $F_r = 5700$ Н, приведет к увеличению ресурса на 90 %.

Выводы

Увеличение контактных напряжений на телах качения и дорожке внешнего кольца межроторного подшипника за счет центробежных сил роликов при больших частотах вращения является доминирующим и представляет главное препятствие для применения подшипников с большей грузоподъемностью (большие габариты). Уменьшение контактных напряжений на роликах и внешней дорожке кольца подшипника дает возможность увеличить ресурс, а также применить подшипники с большей грузоподъемностью, что принципиально позволит увеличивать их долговечность. **А**

Литература

1. Назаренко Ю.Б. Жидкостное трение в подшипниках и влияние гидродинамических сил на контактные напряжения тел качения//Двигатель.- Москва.-2015, №2. - С.10-11.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: т. IV/Гидродинамика. - М.: Наука, 1986. 736с.
3. Патент №159639 Россия. Устройство для подачи масла в подшипник опоры ротора газотурбинного двигателя/ Ю.Б. Назаренко, А.С. Никитин, А.А. Добриневский, А.А. Шмунк. - 2015

Связь с автором: nazarenkojb@rambler.ru



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

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ

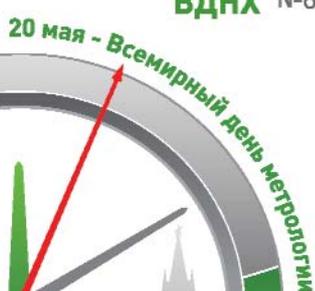
MetrolExpo

Control&Diagnostic

ResMetering

LabTest

PromAutomatic



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 • www.metrol.expoprom.ru

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 (COOMET)

С ЭКСПОЗИЦИОННЫМ УЧАСТИЕМ

Минпромторг России, Росстандарт, Ростехнадзор, МВД России, ГК «Росатом»,
ГК «Ростехнологии», ОАО «Роснано», 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 «METROLEXPO-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





УЧЁНЫЙ ПРИ ИНФОРМАЦИИ (К 80-ЛЕТИЮ В.М. ХАЙЛОВА)



Получилось так, что в последнее время Вячеслав Михайлович Хайлов, один из ведущих специалистов ЦИАМ имени Петра Ивановича Баранова, известный учёный, работавший всю жизнь над наиболее "закрытыми" тематиками, сделался одним из наиболее популярных в институте и за его пределами фигур в научном мире. Его знают даже только что поступившие на работу начинающие исследователи авиадвигателей, которые ещё не со всем даже своим отде-

лом познакомиться успели. А Хайлова - знают. Причину этой метаморфозы объясним чуть позже.

Вячеслав Михайлович - из "коренных циамовцев". С самого создания института здесь весьма плодотворно работал его отец - Михаил Алексеевич Хайлов - доктор технических наук, видный специалист в области поршневых двигателей. В советское время это называлось "трудовой династией": предприятия - и производственные, и научные - этим очень гордились. В ЦИАМ такое продолжение дела родителей также широко практиковалось - и в науке, и в инженерной практике, и в рабочих профессиях. Слава Хайлов окончил школу в 1953 году с серебряной медалью. В том же году поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана на машиностроительный факультет. Обучение там он завершил с красным дипломом в 1959 году: по специальности ЖРД.

И как попал в ЦИАМ на преддипломную практику в 1958 году в недавно образованную лабораторию № 3 (ныне отделение 300), так и работает тут до сих пор. Начало трудовой деятельности происходило в отделе (так назывались тогда нынешние сектора) Игоря Алексеевича Меркулова, отца первого в нашей стране прямооточного ВРД. Затем, в составе коллектива, возглавляемого Рувимом Исаевичем Курзинером, занимался расчетами и анализом технического облика прямооточных и комбинированных ВРД различных схем. Он принимал участие в экспериментальных исследованиях процессов горения перспективных топлив, выполнял термодинамические расчеты рабочего процесса высокотемпературных двигателей.

Накопленный в процессе этих работ материал по химически неравновесным газодинамическим течениям лег в основу кандидатской диссертации, которую Вячеслав Михайлович успешно защитил в 1969 году. Результаты работы, помимо множественных публикаций в престижных академических журналах, были частично обобщены в монографии "Химическая релаксация в соплах реактивных двигателей", выпущенной в издательстве "Машиностроение" в 1975 году.

В начале 70-х гг. прошедшего века, в составе отделения 700 был образован отдел, направлением работ которого стало исследование и разработка энергоустановок авиационного, промышленного и технологического назначения, работающих на нетрадиционных для авиации физических принципах. По решению руководства института Вячеслав Михайлович Хайлов возглавил этот коллектив, в который вошли такие творчески активные, обладающие широким научно-техническим кругозором сотрудники института как Я.С. Каданер, Э.Л. Спектор, А.А. Белоконов, Р.И. Сериков, М.Н. Серяков, А.И. Старик и другие. Им пришлось изучать и осваивать заново новые научные дисциплины - теплофизику и оптику, электродинамику и физико-химическую газовую кинетику, термодинамику и теорию горения. Этот коллектив принимал активное участие в работах ОКБ по созданию уникальных полноразмерных экспериментальных технологических лазерных энергоустановок и их узлов, прошедших успешные стендовые, промышлен-

ные и летные испытания. Результаты нестандартных разработок и научных исследований отдела успешно демонстрировались на престижных специализированных выставках, докладывались на конференциях и симпозиумах, широко публиковались в научных журналах.

Новые технические идеи, разработанные в отделе и воплощенные в образцах энергоузлов и технологических установок, были подкреплены многочисленными авторскими свидетельствами. Двум наиболее активным изобретателям В.М. Хайлову и Р.И. Серикову было присвоено почетное звание "Заслуженный изобретатель Российской Федерации". Двое молодых ученых, участвовавших в работах отдела, стали лауреатами премий Ленинского комсомола (В.П. Панов, В.В. Шеломовский).

Увы, в постперестроечные годы указанное основное направление работ отдела было свернуто, их финансирование прекращено, а отдел расформирован.

В 2001 году в отделе 016 для усиления работы, связанной с анализом и обобщением поступающей в институт периодической научно-технической информации по зарубежному опыту совершенствования рабочего процесса в основных узлах авиадвигателей и выявлением перспективных направлений исследований, был образован сектор анализа научно-технической информации, который возглавил В.М. Хайлов. Результатом деятельности этого сектора стали регулярный выпуск обзоров, рефератов и переводов для специалистов института, а также подготовка и проведение научно-информационных совещаний с докладами о наиболее интересных зарубежных публикациях. Выпуск этих обзоров, а также проводимые Вячеславом Михайловичем в "Розовом зале" ЦИАМ "понедельники" с оперативным обзором наиболее интересных работ и сделались причиной широкой известности Хайлова, далеко выходящей за границы института. Эти информационные совещания привлекают внимание большого числа специалистов и института, и отрасли, которые их регулярно посещают.

И причина здесь в том, что со свойственной ему научной обстоятельностью и объективностью Вячеслав Михайлович подошёл и к информационной работе - с большим энтузиазмом, инициативой, энергией и рвением. Во времена всё большей обособленности и разобщённости научных коллективов он выполняет наиболее важную коммуникативную функцию.

Нужно отметить, что династия учёных продолжается: дочь Вячеслава Михайловича - Вероника Фокина (Хайлова) также работала в отделе 016. И здесь, под руководством отца, ей довелось пройти завидную школу работы с научным материалом.

Недавно В.М. Хайлову, почетному ветерану ЦИАМ, исполнилось 80 лет со дня рождения. Пожелаем ему активного долголетия, крепкого здоровья, больших творческих успехов и толковых коллег, учеников и соратников по работе!

Друзья и товарищи по работе

Редакция журнала "Двигатели" присоединяется к поздравлению коллектив Вячеслава Михайловича по работе и поздравляет своего самого давнего и наиболее последовательного автора и друга с юбилеем. Всегда ждём встреч с Вами в редакции, Вячеслав Михайлович!



HI-TECH ИЗДЕЛИЯ ИЗ JIHOSTROJE (ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА) УСПЕШНО ПРОДВИГАЮТСЯ НА МИРОВОЙ РЫНОК

Предприятие Jihostroj a.s., Velešín - Чешская республика является разработчиком и производителем агрегатов топливных регулирующих систем турбинных двигателей и ВСУ, регуляторов оборотов винта, и комплекта агрегатов топливных систем самолета. Более подробная информация об истории и настоящем компании приведена в журнале Двигатель, № 4, 2013 г.

Фирма Jihostroj a.s. и в 2015 году столь же успешна, как раньше. Объем заказов и финансовый оборот компании вновь выросли. К этому здесь уже привыкли. В КБ компании завершается процесс сертификации сразу нескольких изделий и запущена программа разработки новых проектов. Фирма Jihostroj в последние годы успешно освоила технологию и начала серийное производство нескольких технически очень интересных продуктов



для самых требовательных заказчиков во всём мире.

В этом году заканчивается программа

MOSTA, задачей которой было провести общую модернизацию всемирно известного самолета Л 410, рассчитанного на перевозку 19 пассажиров. Самолет производится на заводе Aircraft Industries в городе Kupařovice. Согласно имеющейся у нас информации, эти самолеты эксплуатируются в более чем 50 странах мира. Общее количество самолетов в эксплуатации - 356 шт. (из них 83 самолета Л 410 УВП-Е20), в том числе:

- в России - 112 самолетов
- в Азии - 18 самолетов в 6 странах
- в Африке - 97 самолетов в 27 странах
- в Латинской Америке - 50 самолетов в 11 странах
- в Европе - 98 самолетов в 13 странах.

По свидетельству Росавиации, в 2013-14 гг. один пассажир Авиакомпании "Оренбуржье" обходится государственному бюджету в 6 485 рублей, пассажир "Авиа Менеджмент Групп" (который летает на 8-местных "Пилатусах") тратит 14 245 рублей, а пассажир "Ак Барс Аэро" (летающий в этой компании на 9-местных "Сесснах") "стоит" 15 884 рубля.

Программа модернизации, которая оканчивается сертификацией и началом серийных поставок, предполагает увеличение коммерческой нагрузки на 25%. При этом ожидается утроение объема перевозки багажа при увеличении крейсерской скорости и дальности полета на 75 %.

Компанией Jihostroj a.s. разработан и поставлен для сертификации двухмоторного самолета L-410NG компании Aircraft Industries комплект агрегатов топливной системы. Агрегаты построены на основе многолетнего опыта производства и эксплуатации подобных агрегатов. Комплект системы включает в себя 16 типов агрегатов. В их числе, насосы подачи топлива с электронным

управлением и бесщеточным электромотором. Изменения в топливной системе предполагают организацию наполнения топливных баков под давлением и подачу топлива из основ-

ного интегрального бака и баков в конце крыльев. Агрегаты характеризуются высоким сроком службы, надежностью и малыми затратами на обслуживание и ремонт во время эксплуатации.

Аналогичный комплект агрегатов также был поставлен для прототипов самолета EV-55 компании Evektor (Чешская республика). Это показывает, что отдельные агрегаты такой топливной системы, в модификациях для конкретных систем, можно использовать для самолетов с двигателями мощности до 1450 kW.

В рамках своей экспортной стратегии выхода на мировые рынки топливных насосов для коммерческих реактивных двигателей, фирма Jihostroj начала серийное производство и поставки циркуляционного топливного насоса для компании Honeywell. Кроме того заканчивается процесс сертификации главного топливного насоса для двигателя Honeywell. Говоря об этом, надо иметь в виду, что речь идет о первой успешной сертификации топливного агрегата для американского производителя двигателей от неамериканского поставщика.

Для зарубежных производителей ВСУ для вертолетов и небольших турбореактивных самолетов, фирма Jihostroj разработала и поставляет насосы-регуляторы различных модификаций. Первой в этом ряду была разработка и внедрение в серийное производство небольшой полностью интегрированной системы управления и регулировки подачи топлива для ВСУ корейского заказчика. Традиционная схема топливной системы обычно состояла из нескольких отдельных устройств типа насоса и клапанов, соединенных между собой трубами. В данном же случае всё было реализовано в едином компактном агрегате с электронным управлением, обеспечивающем все необходимые функции топливпитания и регулирования. Это позволило значительно снизить габаритные размеры и вес конструкции.

Для одной из компаний французского концерна Safran Group, компания Jihostroj подготовила более современную систему поставки топлива для ВСУ (e-APU). Это полностью интегрированная система, основанная на электронном контролируемом насосе-дозаторе с высокой точностью дозирования в широком диапазоне температур и высот полета.

Кроме управления подачей топлива, система имеет ряд дополнительных функций диагностики. При высокой эффективности насоса, с учётом широкого использования современных методов проектирования и испытаний, удалось достигнуть снижения веса всей системы на 2 кг.

Jihostroj система-



Agusta Westland 189 с системой управления производства Jihostroj



EV-55



ВСУ с системой управления

тически работает над повышением качества и надежности регуляторов оборотов винтов для поршневых двигателей (класс P-ABC). За первые десять месяцев 2015 года заказчиком во всем мире было поставлено их более 600 штук. Это означает, что до конца года таких регуляторов различных модификаций будет поставлено уже более чем 9000.

Гидравлические регуляторы оборотов винтов становятся все более востребованы клиентами всего мира. Учитывая преимущества гидравлического регулятора по сравнению с системами электрического управления - он отлично работает даже в экстремальных условиях воздушной акробатики, когда, на винт действуют огромные силы: надежно держит заданные обороты двигателя, изменяя углы установки лопастей винта в каждой конкретной ситуации. При этом изменение установки лопастей винта происходит почти мгновенно.

Гидравлический регулятор состоит примерно из 10 деталей, в то время, как электрический регулятор составляется из более 100 мелких деталей. При этом, регулировка в эксплуатации элементов электрического регулятора весьма не проста, а повторная регу-

лировка его требуется примерно после 100 часов работы. Гидравлический регулятор весьма стабилен. Он выдерживает до 2500 часов работы, не требуя никаких регулировок.

Помимо производства агрегатов по собственной документации Jihostroj расширяет кооперацию производства деталей и узлов по заказу иностранных компаний. Компания Jihostroj a.s. весьма заинтересована в прямом и, желательно, долгосрочном сотрудничестве с российскими компаниями. Многочисленные встречи на прошедшем в этом году МАКС и после него вселяют уверенность, что у этих надежд есть основание.

Более конкретно о нас - смотри информацию на сайте www.jihostroj.com.



Су-31М с регулятором винта производства Jihostroj

СЕМИНАР В ЧЕШСКОМ ПОСОЛЬСТВЕ

Александрь Аркадьевич Гомбергъ



Переговоры на семинаре в Чешском посольстве

По инициативе Чешской республики 15 октября 2015 года в посольстве Чешской Республики прошел семинар "Поставщики чешской авиационной техники на российском рынке". С приветственным словом к участникам обратился Посол Чешской республики в России господин Владимир Ремек: Герой Советского Союза. В СССР товарищ Ремек был весьма широко известен и популярен как первый иностранный лётчик-космонавт, открывший СЭВовскую программу "Интеркосмос". В марте 1978 года Владимир Ремек в качестве космонавта-исследователя совершил космический полёт на космическом корабле "Союз-28", пилотируемом полковником Алексеем Александровичем Губаревым. В ходе полёта корабль "Союз-28" состыковался с орбитальной космической станцией "Салют-6", Ремек и Губарев совместно с экипажем станции Юрием Викторовичем Романенко и Георгием Михайловичем Гречко провели ряд совместных технологических и медико-биологических экспериментов, предложенных советскими и чехословацкими учёными. Ремек провёл в космосе 7 суток 22 часа 16 минут и 30 секунд. Будучи 87-м по счёту космонавтом Зем-

ли, он стал первым побывавшим в космосе человеком, не являющимся гражданином ни одной из сверхдержав.

Стоит отметить, что в сегодняшней непростой внешнеполитической обстановке президент Чешской республики Милош Земан также приветствует развитие экономических отношений с Россией.

В семинаре участвовали 17 чешских предприятий - производителей и разработчиков авиационной техники, научно-исследовательский институт, производители оборудования и инструмента.

С российской стороны присутствовали руководители и специалисты многих предприятий, КБ и институтов занятых в авиационной индустрии, в том числе и по легкомоторной авиации, беспилотным авиационным системам.

Конечно наибольшее впечатление произвел доклад о восстановлении компанией Aircraft Industries производства самолетов Л-410УВП. Эта компания полностью принадлежит российской Уральской горно-металлургической компании (УГМК).

Осовремененный L-410NG, оснащенный двигателями H-80, модернизированными чешским отделением GE, уже прошел летные испытания и получил европейский сертификат типа. Этот проект является ключевым для развития чешской авиапромышленности, но и для России является единственным полностью успешным реализованным проектом в гражданской авиации! При этом никаких денег из бюджета России не привлекалось. Поставки самолетов осуществляются во все регионы мира и конечно в Россию.



Чешский двигатель на дирижабле производства российской компании "Авгурь"



Руководители предприятий российской авиационной промышленности - справа налево - Ю.С. Елисеев, С.Ю. Сухоросов, Д.Г. Федорченко (спинной к нам) в беседе с чешскими специалистами



L-410NG, оснащенный двигателями H-80 GE



50 ЛЕТ СЛУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЮ РОССИИ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.Р. ЛЕВИНА)

Валерий Игнатьевич Гуров, начальник сектора ГНЦ РФ ЦИАМ, д.т.н, ветеран космонавтики России

В мае 1946 года вышло Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) № 1017-419. Его подписал Сталин. Гриф "Совершенно секретно. Особая папка". В Постановлении были изложены вопросы реактивного вооружения с обязательным созданием ряда научно-исследовательских институтов и опытно-конструкторских бюро.

К формированию этого Постановления имел непосредственное отношение сотрудник ЦИАМ кавалер двух орденов Ленина (1941, 1945 годов), ордена Октябрьской революции (1976 года), двух орденов Трудового Красного знамени, лауреат Сталинской премии первой степени (1951 год), заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Валериан Романович Левин, который родился 30 января 1906 года.

Становление крупного организатора науки и техники

После окончания Московского авиационного института в 1931 году В.Р. Левин зачислен в НИИ ВВС. В головном научно-исследовательском институте военно-воздушных сил в середине 30-х годов тщательно анализировали итоги воздушных боев в небе Испании в ходе гражданской войны. Одним из следствий такого анализа являлась необходимость испытаний авиационного двигателя в высотных условиях. В то время барокамерами для испытаний двигателей в высотных условиях располагала только Германия. Памирскую экспедицию возглавил В.Р. Левин. По возвращению с Памира он был удостоен ордена Трудового Красного знамени и защитил кандидатскую диссертацию под руководством будущего академика Б.С. Стечкина. Сталину, который с 1929 года лично курировал развитие авиации, был её "главным куратором", о результатах экспедиции он докладывал лично - по телефону. Иосиф Виссарионович был знаком со многими ведущими создателями и испытателями авиационной техники. В первый эшелон особо доверенных лиц Сталина того времени входили высококлассные планировщики, мотористы, пилоты - А.С.Яковлев, А.А. Микулин, В.П. Чкалов, В.А. Громов, братья Коккинали и многие другие.

В июле 1938 года В.Р. Левин переведен из НИИ ВВС в ЦИАМ с зачислением на должность заместителя начальника института вплоть до 1942 года, когда он был переведен на должность начальника отдела, а затем и лаборатории. В феврале 1941 года, к 10-летию ЦИАМ за проделанную работу он награжден орденом Ленина, а в 1945 году - удостоен второго такого ордена. С древних времен метод кнута и пряника позволял успешно решать, порою, трудно решаемые проблемы. Этот метод широко использовал Сталин, уравновешивая щедрые поощрения чрезвычайно строгими взысканиями в слу-

чаях невыполнения принятых исполнителем обязательств вне зависимости от должностного положения исполнителя.

Я сознательно не останавливаюсь на достижениях ЦИАМ и роли Левина в их реализации, ибо



Рис. 2: На юбилее ЦИАМ
Слева направо - В.М.Акимов, В.Р.Левин, зам. министра МАП Н.А.Дондуков

эти моменты достаточно полно отражены в различных публикациях, в том числе в журнале "Двигатель" (статья В.А. Шерстянникова в № 3 за 2004 г., А.Г. Романова в №1 за 2006 г., Д.А. Боева в №1 за 2015 г.). Моя цель - показать, как масштаб решаемых в авиации проблем формирует масштаб личности. А масштаб созидания и совершенствования авиадвигателей, естественно, был ориентирован на мировой уровень и выше. И это спустя 10 - 15 лет после катастрофического разрушения хозяйства страны. Яркой иллюстрацией принятых ориентиров могут служить легендарные перелеты в 1937 году двух одномоторных самолетов АНТ-25 из Москвы через Северный полюс в Америку. Мировой рекорд дальности перелета, что в качестве "Мегапроекта - "РД" сформулировал в 1930 году "главный куратор авиации", продержался 9 лет. Двигатель М-34 этих самолётов был изготовлен и испытан в ЦИАМ под руководством главного конструктора А.А.Микулина. В последующие годы продолжалось совершенствование упомянутого двигателя с повышением его мощности и улучшением высотных характеристик. В результате двигателя М-34 (под названием АМ-34 в честь выдающегося конструктора А.А. Микулина) и его дальнейшие модификации применялись на военных самолетах Ил-2 и Ил-4, показавших свои непревзойденные качества в годы войны.

К слову, Мегапроект, подобный "проекту "РД", но более высокого уровня, был сформулирован опять-таки в Кремле в 1950 году применительно к варианту с перелётом из Москвы в Америку и обратно без дозаправки топливом бомбардировщика ТУ-95 с перспективным воздушно-реактивным двигателем НК-12. Подробности обсуждения этого проекта изложены в воспоминаниях главного конструктора АО "Кузнецов" В.Н. Орлова.

Воспоминания сына Валериана Романовича

С Валентином Левиным (бывшим сотрудником ЦИАМ, выпускником кафедры Вл.В. Уварова в МВТУ им. Н.Э.Баумана) я тесно и доверительно общаюсь с 1969 года со времени совместной работы в оперативном отряде РК КПСС Калининского района Москвы. В декабре 2015 года мы встретились и вместе разбирались с архивом его отца, обмениваясь воспоминаниями.

Первое яркое воспоминание связано с отъездом отца в июне 1945 года в Германию почти на полгода. Состав отъезжающих стоял на путях нынешней станции Новая, прощание проходило на Горбатом мосту. Помнит, как не могла скрыть переживаний мать Варвара Александровна: ей было известно, что приятель супруга был убит недобитым фашистом в пригороде Берлина в конце мая 1954 года.

Второе впечатление связано с возвращением отца и, особенно, с его высказыванием о результатах личной встречи со Сталиным на совещании в Кремле в начале 1946 года. Запомнился рассказ о том,



Рис. 1: Авторы монографии по созданию ЖРД НК-33 под ред. Н.Д.Кузнецова, слева направо -К.Н.Шестаков, В.И.Гуров, А.И.Елизаров, В.Р.Левин

как председательствующий бесшумно прохаживался вокруг стола, иногда останавливаясь за кем-либо из сидящих и внимательно рассматривал его затылок. Прямо скажем: испытание не для слабонервных. Валериан Романович доложил результаты исследований немецкой авиационной техники и в части использования поршневых двигателей с приводом на винт, и в части применения реактивных двигателей. В то время поршневые двигатели практически достигли предела своего совершенствования и повышение скорости самолета и в СССР, и в Германии связывали с использованием, в частности, жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Однако у немцев имелся опыт успешных полетов самолета ME-262 с турбореактивным двигателем. В ходе совещания Сталин заинтересовался техническими показателями ТРД, упомянутыми в докладе В.Р. Левина, и в заключение попросил уделить повышенное внимание этому типу двигателя при рассмотрении перспектив развития авиации. Можно только предположить, что на том давнем совещании незримой чертой пролегла граница между применением ЖРД исключительно для ракетной техники, а для авиации с того момента отдано предпочтение использованию воздушно-реактивных двигателей. Косвенным подтверждением выдвинутому предположению может служить упомянутое майское Постановление о развитии ракетной техники, а также совещания в Кремле в 1950 году при обсуждении нового проекта по максимальной дальности полетов самолетов.

По словам Валентина отец всю жизнь сохранял позитивное отношение к Сталину. Вместе с тем, подчиняясь партийной дисциплине обменял в начале 60-х годов диплом и знак о Сталинской премии на соответствующие документы о присуждении, якобы, Государственной премии. Логика совершения такого обмена вполне понятна: она отвечало духу того времени, когда имя Сталина изымалось буквально отовсюду. Можно ли было тогда представить строку, например, в характеристике сотрудника с упоминанием имени "главного куратора авиации"? Такую характеристику не подписал бы никакой партийный руководитель. Еще Валентин рассказал о той гордости, которую испытывал В.Р. Левин при упоминании жизни своего отца Романа Ивановича, который, работая бетонщиком, участвовал в строительстве Мавзолея Ленина.

С волнением рассматриваю награды Валериана Романовича. Интересная деталь: профиль Ленина на ордене 1945 года отличен от довоенного профиля своей победоносностью: дух Победы витал повсюду. Валентин дает пояснения относительно редкой медали, выпущенной в 1969 году в честь 40-летия ГДЛ-ОКБ (ныне - АО "НПО Энергомаш им. акад. В.П.Глушко", далее "Энергомаш"). Ею награжден В.Р. Левин, в основном, за заслуги при создании мощного азотно-кислотного ЖРД тягой 150 тонн: РД-253 для первой ступени ракетносителя (РН) "Протон". С 1965 года совершено более 400 пусков РН "Протон", из них только три аварии произошли по вине РД-253. Не исключено, что пути В.Р. Левина и В.П. Глушко тесно пересеклись еще в их послевоенных командировках в Германию и что на упомянутом совещании в Кремле в начале 1946 года они присутствовали вместе.

Личные воспоминания автора

Я работал в отделе 012 под началом Валериана Романовича почти четверть века. Могу засвидетельствовать его чрезвычайно внимательное отношение к молодым специалистам, буквально во всех отношениях. До сих пор помню, как в марте 1967 года был ошеломлен неожиданной премией размером в месячный оклад в качестве поощрения



Рис. 3: Удостоверение о 40-летию ГДЛ-ОКБ (ныне: АО "НПО "Энергомаш им. акад. В.П.Глушко").



Рис. 4: ЖРД РД-253

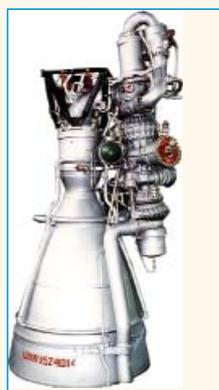


Рис. 5: ЖРД НК-33

меня - ведущего сравнительные кавитационные испытания насоса ЖРД РО-7 на холодной воде и жидком кислороде. Неожиданные по воззрениям тех лет результаты по улучшению кавитационных показателей насоса при повышении температуры жидкого кислорода были актуальны. Выпущенные летом 1967 года технические отчеты ЦИАМ послужили основой для главного конструктора Н.Д. Кузнецова (г. Куйбышев) в доказательстве Заказчику достаточности принятого кавитационного запаса кислородного насоса ЖРД для РН пилотируемого корабля лунного проекта Н1-Л1 при предельно высокой температуре жидкого кислорода.

Ещё большей неожиданностью явилась для меня 3-х недельная командировка в октябре 1967 год в составе членов Межведомственной комиссии (МВК). Я был самым молодым среди всех командированных. Членами МВК являлись 12 сотрудников ЦИАМ (40% от состава МВК), включая председателя, заместителя начальника ЦИАМ с 1966 года В.Р. Левина: К.К. Боков, И.Ф. Гавриков, В.Е. Дорошенко, В.М. Калнин, В.Т. Митрохин, Э.М. Рабинович, А.Г. Романов, В.Г. Рухадзе, К.Н. Шестаков, В.А. Шерстянников, В.Л. Эпштейн. На протяжении последующих десяти лет, я командировался в Куйбышев более 40 раз.

В 29 лет по представлению В.Р. Левина я был награжден медалью высокого статуса "За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина". Поощрения являлись сильной мотивацией проводимой достаточно напряженной работы: расчеты, испытания, командировки, учеба в аспирантуре (с 1967 года), общественная деятельность. Молодость, а также желание не подвести своего наставника помогли справляться со всеми нагрузками вполне успешно.

В.Р. Левин обладал глубокой внутренней культурой. Он никогда не участвовал в наших командировочных застольях, но всегда приглашал по окончании "чаепития" поиграть с ним в шахматы. Его ожидание, порою, длилось 2 - 2,5 часа. Это его никогда не огорчало: нас он не оговаривал и не торопил.

Созданием одноразовых НК-15 и многоразовых НК-33 совершен прорыв в разработке мощных кислородно-керосиновых ЖРД нового поколения с кардинальным решением множества проблем. Сравнение упомянутого азотно-кислотного РД-253 с НК-33 по техническим показателям показывает несомненные преимущества кислородно-керосинового ЖРД, заложившего надежную основу для разработки последующего поколения ракетных двигателей, в том числе самого мощного (тягой 740 тонн) РД-170.

Валериан Романович Левин результатами своей научно-технической деятельности и организацией исследований и в сфере ВРД (двигатель НК-12), и в сфере ЖРД пользовался высоким авторитетом у Главных конструкторов. Его соратниками были Н.Д. Кузнецов, В.П. Глушко, П.Д. Грушин, С.А. Косберг, А.Д. Конопатов и другие. Его труды и пример служения стране являются достоянием России. П



Рис. 6: ВРД НК-12

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТРИАДА ЗНАНИЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ СОСТОЯНИЙ

Российская и Международная инженерные академии:
Юрий Александрович Галушкин
Анатолий Алексеевич Сперанский
Александр Иванович Бажанов

Рассматривается фундаментальное триединство знаний в системе "Вещество-Энергия-Информация" в качестве основы развития представлений об универсальной периодической ЛТ-модели и матрицы Законов строения физико-химических элементов Ю.А. Галушкина, перспективы создания инструментов наблюдения гомеостатических состояний новых материалов техносферы и биосферы VI технологического уклада.

The paper covers fundamental triunity of knowledge within the system "Substance - Energy - Information" as a basis for development of idea of universal periodic LT-model and the matrix of the Laws of structure of physical-chemical elements by Youry.A. Galoushkin, perspectives of creating instruments for observation of homeostatic states of new materials of technosphere and biosphere of VI wave of innovation.

Ключевые слова: вещество, энергия, информация, матрица Законов строения физико-химических элементов, гомеостаз, конструкционные материалы и биоткани.

Keywords: substance, energy, information, matrix of the Laws of structure of physical-chemical elements, homeostasis, construction materials and bio-tissues.

ВСЕОБЩАЯ ТРИАДА ЗНАНИЙ

За последние десятилетия получены серьёзные подтверждения устойчивой связи необъятного множества имеющихся в нашем распоряжении научных и технологических знаний с всеобщими законами устройства Природы, Общества и Человека. Важнейшей для этой области естествознания являются Физика и Химия, изучающие наиболее общие и фундаментальные закономерности, определяющие структуру и эволюцию материального макроскопического и микроскопического мира, формы движения, а также фундаментальные взаимодействия природы.

Рассмотрение исторической ретроспективы развития знаний свидетельствует о постоянном стремлении Человека, в первую очередь ученых, к познанию Всеобщего (единого) закона эволюции взаимосвязи причины и следствия, порождающего единые природные механизмы движения материи через взаимное превращение вещества, энергии и их трансформацию с наблюдением изменения состояний (рис. 1) [1].

Вещество является материальной основой окружающего нас мира, прежде всего, самого Человека и среды его обитания и жизнедеятельности, является важнейшим элементом знания.

Энергия в качестве основы движения на всех системных уровнях, от микромира элементарных частиц вещества-материи и клетки до макромира космических объектов и форм существования жизни, является вторым компонентом знания.

Квантово-волновые энергетические поля в средах, образуе-

мые под воздействием силовых факторов, как внешних (силы и моменты сил), так и внутренних (структурные дефекты, резонансы, аэроупругие и гидроакустические колебания и т.п.), формируют динамическое спектральное множество напряженно-деформированных состояний (НДС).

Энергетическое воздействие внешних силовых факторов или возникающих в процессе эксплуатации механических дефектов приводит к объемно распределенному напряженному состоянию, которое порождает на внутрискруктурном уровне нормальные и касательные деформационные сдвиги в материале. Распределенные смещения преобразуются в объемно-контурное деформационное поле конструкции. Пространственно-временное движение множества материальных точек механического объекта или системы образуют НДС, являющееся предметом наблюдения природных и антропогенных механических объектов и проявляется во всех сферах жизнедеятельности Человека.

Трансформация состояний как третий компонент фундаментальной триады знаний является переходным процессом и интеллектуальной кибернетической основой познания Природы и жизнедеятельности Человека. Трансформация позволяет объективно понимать физико-химические свойства материалов, ресурсно-энергетические свойства и эксплуатационные возможности объектов наблюдений.

Очевидна и обязательна необходимость углубленного изучения объекта, вторичной, и даже третичной идентификации харак-



Рис. 1 Всеобщая триада знаний

теристик, диагностических параметров и признаков, динамики процесса во всем его спектральном многообразии. Анализ природного синтеза должен быть обеспечен современными инструментальными средствами сбора, передачи, обработки, регистрации и визуализации достоверной информации. Измерения должны удовлетворять условиям достаточности для реконструкции текущих состояний и эффективного прогноза их развития с помощью математического экспертно-аналитического инструментария. При этом неизмерима роль гомеостатической модели наблюдаемого объекта или системы [2].

Разработанная проф. Ю.А. Галушкиным матрица Законов строения физико-химических элементов обобщает огромный пласт фундаментальных знаний о природных закономерностях их существования и взаимодействия, а также свойствах элементов известных науке и пока неизвестных веществ. Матрица является универсальной моделью бесконечного познания материи неограниченного космического мироздания.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К НАБЛЮДЕНИЮ СОСТОЯНИЙ

Оценка и прогнозирование экотехнологического развития относится к числу задач, для которых не только решение, но и даже адекватное формулирование этих задач имеет далеко не тривиальный характер. Уже сам недостаточно обоснованный подбор аналитических показателей и диагностических параметров, используемых при постановке задачи, может привести к неадекватному отображению процессов техногенеза, и в результате получаемые на этой основе оценки и прогнозы, при всей видимости их достоверности, будут давать искаженное представление о реальном состоянии объекта. Нетрудно понять, что недостоверная информация приводит к принятию ошибочных управленческих решений и может быть чревата катастрофическими последствиями для регионов и даже государства [4].

Имеется положительный опыт применения фундаментального векторно-фазового метода для создания уникальных инструментальных средств исследования, испытания и диагностики сложных механических объектов Природно-технических систем (ПТС). Суть инновационного подхода Волновой информационной технологии (ВИТ) состоит в том, что колебательные движения, являясь формой существования материи и проявления энергии, реализуются в виде пространственно-временных эллиптических траекторий, параметры которых в полной мере и однозначно отражают всеобщие природные закономерности. Утверждение справедливо для всех уровней геокосмического и экосистемного рядов антропогенных и природных сфер от атома до космоса и от клетки до экосистем. При этом, гомеостаз как состояние динамического равновесия систем, поддерживаемое циклическим воспроизводством её основных структур и функций благодаря обмену энергией, информацией и веществом с окружающей средой, демонстрирует необходимое условие устойчивого существования и развития любых открытых диссипативных систем.

Особую важность представляет проблема комплексной диагностики внутриобъектовой совместимости разнородных механических колебательных систем, подчиняющихся законам классической и строительной механики, динамики аэроупругих сред и гидроакустики. Взаимное межсистемное влияние проектных ошибок, производственных дефектов и эксплуатационных патологий порождают критические энергетические состояния и, как правило, являются предвестниками техногенных катастроф. По этим причинам проблемы системной экотехнологической безопасности, непосредственно влияющие на безопасность жизнедеятельности человека во взаимодействии с Природно-техническими системами, представляют не только инженерно-технический и научно-исследовательский интерес всего мирового сообщества.

Инновационные технологии пространственно-временных измерений системно связанных тензорным образом компонентов диагностических параметров и векторно-фазовых построений эллиптических годографов линейно-вращательных механических колебаний составляют основу ВИТ, открывая возможности систем-

ного гомеостатического мониторинга текущего ресурса конструкционной прочности в машиностроении, строительстве, тепловой, атомной и гидроэнергетике, авиационно-космическом, морском, наземном и трубопроводном транспорте, на всех без исключения объектах ПТС.

Создание отечественными учеными векторных (3D-линейных) и бивекторных (6D-линейно-вращательных) метрологических средств достоверного пространственного мониторинга характеристик волновых полей позволяет объективно оценивать в реальном времени параметры напряженно-деформированных состояний (НДС) материальных точек сплошных сред объектов механических упругих систем. Впервые в мировой инженерной практике практически реализован наглядный способ кибернетического представления ресурсно-прочностных свойств в виде "букетов" фазовых траекторий параметров НДС, до недавнего времени использовавшихся для иллюстрации теоретических построений [6]. Новые физические методы контактных и бесконтактных измерений параметров волновых полей (прежде всего, оптические и локационные) существенно превосходят возможности серийно выпускаемых контактных сенсоров.

Наиболее перспективные опережающие технологические решения для волновых измерений для анализа акустических полей реализуются в наукоемких приложениях задачи 3D-томографирования (механической локации) дефектов конструкционных материалов (прежде всего, образование микротрещин) на ранней стадии их зарождения. Поэтому авторами уделено особое внимание современному взгляду на механизм внутрискруктурного причинно-следственного преобразования напряженно-деформированных состояний в конструкционных материалах [5].

КВАНТОВЫЙ МЕХАНИЗМ НАБЛЮДЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Успехи информационных волоконно-оптических приложений позволяют надеяться на возможность создания уникальных опережающих технологических решений для достоверного мониторинга, адекватного анализа и эффективного управления многопараметрическими процессами текущих эксплуатационных состояний конструкционных материалов механических объектов и систем во всех сферах инженерной деятельности по всему жизненному циклу создания и эксплуатации новой конкурентоспособной техники [6].

Определенная, если не решающая, новизна LT-подхода состоит в осознанном понимании скачкообразного изменения состояний при образовании внутрискруктурных дефектов.

В основе создаваемого высокоинформативного LT-инструментария непрерывного наблюдения текущих эксплуатационных состояний представляется целесообразным объединить три базовые области современных фундаментальных и прикладных знаний:

- А) квантово-волновую механику упругих систем и сплошных сред;
- Б) локационные и оптические LT-методы наблюдения внутрискруктурных состояний;
- В) сетевые нейросетевые экзоплодные технологии встроенного интеллекта.

Креативную новизну в области механики текущих гомеостатических состояний (А) реализует Волновая информационная технология на основе Волнового мониторинга состояний (ВИТ на основе ВМС) с опорой на энергетический механизм предложенной авторами внутрискруктурной модели Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС) и тонкие инструменты наблюдения квантовых микроструктурных процессов образования (зарождения) дефектов материалов.

Прорывную новизну в области метрологических технологий наблюдения механических состояний (Б) демонстрируют гиперчувствительные оптические микроинтерференционные методы широкополосных акустических измерений на основе открытого физического феномена - явления инверсии чувствительности волоконнооптических датчиков угловой скорости.

Ожидаемые в ближайшем будущем беспрецедентные возможности встроенного интеллекта антропогенных систем (В) на основе распределенных нейросетевых вычислителей выдвигают на первый план задачу создания многовидового научно-технологического кластера (производственно-коммерческая отрасль) физико-математических моделей функционирования процессов, режимов и состояний, адекватных собственно природному синтезу наблюдаемых, диагностируемых и управляемых механических систем.

Если первая из трех областей фундаментально-прикладных знаний (А) достаточно глубоко обоснована и представлена в литературе и практических исследованиях, а третья область в качестве инструмента анализа и управления (В) самодостаточна для прикладной научно-технологической кооперации и ближайшей рыночной доступности, то вторая область фундаментально-прикладных знаний (Б), зарождающихся применительно к актуальным задачам техногенной и экотехнологической безопасности, представляет значительный интерес к интеграции междисциплинарных опережающих научно-технологических решений.

В контексте ресурсных представлений, на микроструктурном уровне конструкционных материалов наиболее вероятной первопричиной трещинообразования является превышение энергии мгновенного напряженного состояния ($\hat{E}_{\text{напр.}}$) над критическим пределом упругости соответствующего ему локального деформированного состояния ($\hat{E}_{\text{деф. крит.}}$). Эта стрессовая для изотропного материала ситуация и является настоящей причиной зарождения исходной микротрещины, приводящей к факту квантованного события. На появление исходной микротрещины могла дополнительно повлиять любая другая причина, повышающая более единицы коэффициент опасности разрушения конструкционного материала ($\hat{E}_{\text{напр.}} / \hat{E}_{\text{деф. крит.}} > 1$), например, наличие локальной производственной или эксплуатационной анизотропии материала, температурное напряжение, либо, что более вероятно, энергетически интегрированная в точку образующейся микротрещины суперпозиция реакций на воздействия от других частот "букета" ЛТ-траекторных гармонических колебаний. Событие появления трещины можно именовать как квантованное изменение стационарного гомеостатического состояния.

Исходя из энциклопедического определения термина "квант" (нем. quant, лат. quantum - "сколько") как неделимой порции какой-либо физической величины, например, общее название определенной порции энергии (квант энергии), имеем важное для дефектоскопии определение: "Квант - наименьшее возможное количество энергии, которое может быть поглощено или отдано молекулярной, атомной или ядерной системой в отдельном акте изменения ее стационарного состояния". В нашем рассмотрении молекулярной системой является НДС конструкционного материала, актом изменения состояния является появление исходной микротрещины, при этом, изменению стационарного энергетического состояния на молекулярном уровне системы при мгновенном образовании исходной микротрещины соответствует изменение площади траекторного эллиптического 3D-годографа на частоте квантованного события.

Подтверждением значимой важности изложенного выше являются факты использования законов квантовой механики при целенаправленном поиске и создании новых материалов (особенно магнитных, полупроводниковых и сверхпроводящих). Поэтому она становится в значительной мере "инженерной" наукой, знание которой необходимо не только физикам-исследователям, но и инженерам. Законы квантовой механики составляют фундамент изучения строения вещества, позволяют выяснить строение атомов, установить природу химической связи, объяснить периодическую систему элементов, понять строение атомных ядер, изучать свойства элементарных частиц. Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, из которых они состоят, законы квантовой механики лежат в основе понимания большинства макроскопических явлений, к которым, в первую очередь, относятся текущие ресурсные, прогнозные и

критические эксплуатационные состояния конструкционных материалов [7].

Велика роль квантовой механики для изучения световых энергетических процессов в оптике. Электромагнитное излучение, представляющее собой набор электромагнитных волн различных частот, динамически эквивалентно некоторому набору осцилляторов (колебательных систем). Излучение или поглощение волн эквивалентно возбуждению или затуханию соответствующих осцилляторов. При этом излучение и поглощение электромагнитных волн веществом происходит квантами энергии. Именно благодаря свойству энергетического квантования в длинных оптических волокнах, анализ оптических интерференционных процессов, меняющихся под воздействием внешних акустических колебаний наблюдаемого объекта или процесса, позволяет анализировать с беспрецедентно высокой чувствительностью в необычайно широком частотном диапазоне.

А. Эйнштейн обобщил идею квантования энергии осцилляторов электромагнитного поля на осцилляторы произвольной природы. Поскольку тепловое движение в твердых телах сводится к колебаниям атомов, то и твердое тело динамически эквивалентно набору осцилляторов. Энергия таких осцилляторов тоже квантована, т. е. разность соседних уровней энергии (энергий, которыми может обладать осциллятор) определяется частотами колебаний атомов, поэтому квантовая теория сыграла выдающуюся роль в развитии теории твердых тел. Если характерный для механических объектов и систем многочастотный спектр гармонических колебаний можно рассматривать в качестве осцилляторов механической природы, то представляется объяснимым взаимное энергетическое влияние осцилляторов, которое во множестве мгновенных комбинаций может быть причиной, порождающей квантованное событие изменения стационарного состояния. Тогда событие появления трещины можно именовать как квантованное изменение стационарного энергетического состояния.

По этой гипотезе не только фотоны, но и протоны с электронами обладают волновыми свойствами, которые, в частности, должны проявляться в явлениях дифракции.

Важнейшими достоинствами оптических методов акустических измерений при использовании в качестве метрологических инструментов карпускулярно-волновых свойств лазерных источников света, позволяющих системно наблюдать (реконструировать и анализировать) измеряемые параметры волновых акустических процессов, являются:

- а) мгновенная (со скоростью распространения света в конкретной среде) передача измерительной информации;
- б) высокая частота опроса текущих мгновенных акустических состояний;
- в) безынерционная и помехоустойчивая система сбора и передачи измеряемой информации;
- г) микроинтерференционные метрологические процессы в длинных оптических контурах, аналитическая обработка которых позволяет создавать гиперчувствительные широкополосные высокоинформационные измеритель-анализаторы широкого динамического диапазона.

Поэтому природный феномен (механизм) происхождения квантованных состояний вместе с оптическими методами акустических измерений можно эффективно использовать в качестве интеллектуальных инструментов ЛТ-томографирования эксплуатационных свойств веществ и материалов, модельной реконструкции текущих и прогнозных состояний материалов и тканей, наблюдения гомеостатических портретов (процессов) и формирования опережающих материаловедческих технологий по созданию конструкционных материалов и биологических тканей VI технологического уклада с заданными и управляемыми свойствами.

Создание квантово-волнового инструментария наблюдения для экспертных систем реального времени позволит реализовать оптимальное кибернетическое управление функционированием сложных объектов, представляющих техногенную и экотехнологическую опасность для Природы и жизнедеятельности Человека.

КВАНТОВО-ВОЛНОВОЕ МИРОУСТРОЙСТВО ЗЕМНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Достижения современной науки и практики свидетельствуют о том, что общей фундаментальной основой, технологически объединяющей стратегические области комфортной и безопасной жизнедеятельности, являются квантово-волновые процессы, непрерывно сопровождающиеся превращением и обменом энергии на всех системных уровнях состояния вещества [8]. Энергетические трансформации происходят в форме электромагнитных, акустических и иных физических полей, диагностические пространственно-временные параметры которых (частоты, амплитуды, фазы) позволяют наблюдать и анализировать динамику процессов внутри объекта (человек, механизм, сооружение) и в обмене с внешней средой.

Из созданного природой множества физико-химических элементов композиционно структурируется бесконечное множество веществ, образующих неживую и живую материю. Знание свойств, Законов и закономерностей формирования вещества, с помощью Периодической матрицы Законов строения физико-химических элементов позволяет изучать природные и синтезировать антропогенные вещества в виде конструкционных материалов (техносфера) и живых тканей (биосфера).

Создание конструкционных материалов и живых тканей с заданными и управляемыми свойствами позволяет решать проблемы ресурсосбережения и рационального природопользования. Адаптивные материалы приближают Общество к эпохе встроенного интеллекта машин и сооружений, органов и живых систем [9].

Всеобщий квантово-волновой феномен среды обитания человека привел к тому, что изначально биологический термин "гомеостаз" получил распространение в качестве интегральной характеристики состояний механических объектов и неживых систем. Аналогично оценке патологических состояний в медицине, которые характеризуются уровнем текущего гомеостатического состояния иммунитета, оценка опасных состояний в механике отражает уровень текущего гомеостатического состояния эксплуатационного ресурса конструкционной прочности объектов ПТС [10]. Прогнозный мониторинг опасных гомеостатических состояний позволяет избежать или смягчить последствия экотехнологических катастроф, несущих трагические потери жизней, массовые разрушения и бедствия.

Таким образом, **гомеостатическое пространственно-временное LT-портретирование состояний является универсальным методом наблюдения и рационального управления объектами жизнедеятельности в биосфере и техносфере, а также важнейшим инструментальным средством и мерой экспертизы устойчивого развития.**

Вывод: кто раньше других освоит интеллектуальные технологии адекватного наблюдения и эффективного прогноза гомеостаза, тот может стать недосыгаемым лидером технологических укладов во всех сферах жизнедеятельности человека. **□**

Литература

1. Гусев Б.В., Сперанский А.А., Жучков В.М. Научно-технологические инструменты устойчивого развития общества. "Двигатель", М., 2015, №4 (100), с. 50-55 (1 п.л.).
2. Сперанский А.А., Галушкин Ю.А. Достоверные знания как концепция экотехнологического мониторинга в интересах устойчивого развития // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление. №4. 2011. <http://www.gypravlenie.ru>
3. Сперанский А.А., Цернант А.А., Захаров К.Л., Малютин Д.В., Ковалев В.М. Системотехника вибромониторинга строительных конструкций. Бюллетень Строительных Технологий (БСТ), №11, стр.30.
4. Гусев Б.В., Сперанский А.А., Самуэл Иен-Лян Ин. Многомерная система экотехнологической безопасности. Альманах ДСР, №4, стр. 40, 2010 г. стр. 49-60, 2009 г.
5. Сперанский А.А. Природный феномен напряженно-деформированных состояний. Двигатель, №3, стр. 18-23, 2015 г. / издание ВАК.
6. Шалимов Л.Н., Манько Н.Г., Штыков А.Н., Шестаков Г.В. и др. под ред. проф. Шульгина Б.В. Проблемы волновой оптики и оптоволоконных устройств. Издательство УПИ, стр. 274, 2015 г.
7. Леонов В. Фундаментальная теория Упругой квантованной среды (УКС). Сайт <http://www.quanton.ru/>
8. А.А. Сперанский, А.А. Михеев, Г.Г. Михайлов. Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований. Двигатель, №4, стр. 10-23, 2015 г. / изд. ВАК.
9. А.А. Сперанский. Стратегия опережающего технологического лидерства на основе интеллектуальных инструментов наблюдения процессов, режимов и состояний - М.Технодоктрина-2014, сайт ВПК, <http://vpk.name/news/123400.html>
10. Галушкин Ю.А., Егорова М.Ю., Сидорова М.И. К вопросу о значении и ключевой роли открытия новых альтернативных источников энергии для устойчивого развития общества. Сайт: <http://www.rupravlenie.ru/> том 11 №1 (26), 2015, ст. 4.

Связь с автором: vibro-vector@yandex.ru

**10-12
августа, 2016**

Казань

8-я 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, www.aktokazan.ru

ВЗГЛЯД НА ИСТОРИЮ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ГУ МИНАВИАПРОМА СССР

Валентин Михайлович Толоконников

(Продолжение. Начало в № 3-5 - 2015)

ЭТО БЫЛО В ТЮМЕНИ

Так мы когда-то надрывались
Во имя Авиации:
А ныне на бобах остались
И крылья потеряла нация...

Конечно, не всегда процесс развития производства, да и становление новых руководителей проходил гладко. На Тюменском моторостроительном заводе выпускали вспомогательные двигатели РУ-19-300. Коллектив предприятия успешно справлялся с заданием. Но при освоении серьезного двигателя Р-27В-300 для самолетов Як-36 и Як-38 с вертикальным взлетом начали происходить срывы. Подготовка производства не справлялась с увеличением объема изготовления оснастки. Намечался явный провал по выпуску двигателей, а затем и самолетов. Н.А. Дондуков принял решение командировать меня в Тюмень. "Здесь мы тебя прикроем, а там, в Тюмени, пожалуй, никто лучше не решит проблемы", - заметил Николай Александрович. Действительно, мне довелось осваивать производства двигателей Д-30КУ, Д-30КП, ВД-7, РД-3М2, РД36-41, РД36-51 (для Ту-144 и М-17), АЛ-7Ф1 и других в Рыбинске и АЛ-21Ф в Москве на ММЗ "Салют" на уровне главного технолога и главного инженера.

При изучении состояния подготовки производства двигателя Р-27В-300 прежде всего мы вместе с директором завода определили самые слабые звенья в освоении двигателя:

- изготовление лопаток турбины;
- система инструментальной подготовки производства;
- недостаточность опыта руководства цеха турбин, да и завода в целом.

В результате были приняты решения отправить на месяц Г.И. Райкова на обучение к самому квалифицированному директору В.И. Омельченко, выходцу из службы главного технолога. А начальника цеха турбин В.Г. Кульчихина направить на Омский завод. Директора Омского и Запорожского предприятий своих "учеников" приняли, а мне пришлось остаться почти на два месяца в Тюмени для решения производственных вопросов и разви-



Як-38

тия мощностей. Что же предпринималось?

В первую очередь проверили, как делаются турбинные лопатки. Выставили оборудование точно по потоку и организовали обработку на оснастке без перенастройки.

Более того, зная, что наши станки не годятся для обработки труднообрабатываемых сплавов, мы решили резко снизить скорость резания и скорость подач, заменив двигатели на этих станках на более тихоходные. И лопатки стали выпускать ритмично, с темпом примерно 3-4 комплекта в месяц, что и требовалось для комплектования в соответствии с планом сборки и выпуска двигателей.

Выяснилось, что в Тюмени не было вообще централизованного инструментального производства. Такое положение дела было абсолютно недопустимо для любого завода. Выход нашли в следующем. Так как в Тюмени уже закончилось строительство цеха для сборки двигателей на 10 000 квадратных метров, но при этом уже был сборочный цех площадью 5000 м², и этого было вполне достаточно для сборки, то решение было на поверхности - организовать в новом корпусе инструментальное производство. Когда вернулись Г.И. Райков и В.Г. Кульчихин, они не узнали цеха!

И это решило судьбу завода! Предприятие стало работать отлично, а изделия, которые он выпускал, до сих пор еще эксплуатируются.

Главными исполнителями этих преобразований стали главный инженер А.В. Кореляков, заместители главного инженера Г.Х. Шагисултанов и А.Я. Шультайс.

КАЗАНСКИЕ "СТРАДАНИЯ"

Когда не угнетали финпотоки,
Мы от души трудились на страну,
Когда мостили к звездам мы дороги,
Не сгнули в холодную войну.

В начале 80-х годов уходят из жизни министр В.А. Казаков, заместитель министра Н.А. Дондуков и к руководству всего Авиапрома и авиадвигателестроения в том числе приходят И.С. Силаев и В.М. Чепкин. Появились новые задачи. Необходимо было резко увеличить выпуск новых и ремонтных двигателей НК8-2У для самолетов Ил-62, Ту-154. В итоге по сборке надо было увеличить выпуск в 3 раза. Кроме того, на КМПО не могли обеспе-



Р-27В-300



Двигатель НК-8-2У на борту Ту-154Б1

чить необходимого качества лопаток вентилятора. Министром принимается решение послать начальника З ГУ в Казань до полного решения задач, а в помощь ему по технологии и реконструкции был направлен Петр Николаевич Белянин, начальник НИАТ, а по конструктивным проблемам - генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов.

Анализ обстановки показал, что завод не готов к решению задач в связи с низкими темпами ввода новых мощностей по механической обработке и термообработке. Поточная линия сборки не могла справиться со сборкой двух-трёх двигателей в сутки. Директор завода явно "прозевал" дела по развитию этих цехов и участков. Для расширения сборки необходимо было освободить от станков два цеха и перебазировать их (250 станков!) в новый корпус, который уже завершили по строительству. Сделать это надо было за 2-3 недели.

По моему предложению Министр поручил соседнему авиационному заводу помочь перебазировать эти два цеха. Генеральный директор КАПО Виталий Егорович Копылов с присущей ему энергией и деловитостью организовал выполнение этих работ. А так как мне приходилось руководить всеми делами по перебазированию, окончанию строительства и расширению сборки, то встречи наши были ежедневными и очень продуктивными. Реконструкцию завершили за три недели.

Причем генеральный директор и главный инженер КМПО обеспечивали текущее производство, а мне пришлось решать все вопросы развития. В итоге все задачи были решены, но директора пришлось переводить на другую работу и ставить на его место А.Ф. Павлова, полного сил и энергии, самоотверженного руководителя: с 1982 года по 2005 год, то есть 23 года он возглавлял завод, а годы были очень разные и даже "дикие". И мы не ошиблись. И не он виноват, что сейчас завод почти развалили.

Вопросы качества успешно были решены при непосредственном участии Н.Д. Кузнецова, с которым более месяца проводили эти авральные работы. Это пример того, что, когда в одних руках (Минавиапрома) все подотрасли (самолеты, двигатели, наука и технология), то решаются оперативно самые сложные и, казалось бы, неразрешимые в сжатые сроки задачи.

Сегодня же все разобщено и какие уж здесь "прорывные" решения могут быть осуществлены во имя возрождения и развития нашей авиации...



Ил-62

И, работая более двух месяцев в Казани, у меня была полная уверенность, что мои заместители В.М. Чуйко, А.А. Саркисов, В.Н. Разумовский, П.С. Хорцев, В.Н. Ибрагимов и вся команда З ГУ в Москве обеспечит работу центрального аппарата Главка. Тыл был работоспособен, пока мне приходилось сражаться на "передовой". Впрочем, для работы в Коллегии МАП мне приходилось прилетать еженедельно в Москву и отчитываться по ходу развития производства в КМПО.

ДЕЛУ МОТОРНОМУ ВЕРНЫЙ ОПЛОТ

**Бывают беды, если к власти
Какая-то бездарь придет.
Спасибо, что есть всегда счастье
Уфимский моторный завод!**

Газета "Правда" от 15 июля 1945 г.: *"Только один моторостроительный завод №26 выпустил к Дню Победы 97-тысячный авиационный мотор. Если иметь в виду, что не двумя, а многими авиационными заводами обладает наша страна, то можно представить себе, какая мощная армада воздушных кораблей была выдвинута Верховным главнокомандующим на защиту нашей Родины, на полный разгром гитлеровской Германии!"*

1941-1945 гг. - в Великую Отечественную войну завод 23 раза завоевывал Переходящее Красное Знамя Государственного Комитета Обороны, оставленное ему на вечное хранение.

Команда З ГУ и управляемые им заводы и ОКБ на протяжении всего периода деятельности постоянно находились в состоянии разработки, доводки и организации серийного производства авиадвигателей. Этого требовала сама обстановка в мире. И, говоря об истории З ГУ, нельзя не остановиться на характерных примерах тех времен. Наиболее ярким из которых была организация серийного производства двигателя АЛ-31Ф для самолета Су-27 и его модификаций. Как-то главный редактор журнала "Крылья Родины" Лев Павлович Берне задал мне вопрос: *"В 80-е годы, когда вы работали начальником Третьего главного управления МАП (двигателестроение), вас "бросили" на Уфимский моторостроительный завод для ликвидации очередного "прорыва". Вы проработали в Уфе почти весь 1986 год и "закрыли вопрос", по два три месяца вы работали на Тюменском, Казанском заводах, где тоже "закрывали вопросы". Как Вам это удавалось?"*

Вопрос задан так, что ответ напрашивался сам собой - вот она, "палочка-выручалочка", и есть рецепты фирменные, и ему всё удаётся!

Все совсем не так. Любые провалы чаще всего создаются на высших уровнях управления, а вот устранять их приходилось и "чиновникам", как теперь говорят, министерского уровня, и коллективам тех, или иных заводов.

Рецептов не было, нет и не будет. Всегда есть индивидуальный подход, всегда требуется вовлечение в решение дополнительных ресурсов.

В вопросе были указаны три предприятия: УМПО, ТМЗ, КМПО, но это, пожалуй, наиболее характерные, и они очень разные по существу и по времени эпизоды.

Характерной чертой истребительной авиации начала 80-х годов прошлого века стало коренное переоснащение авиационной техники. Уходили в прошлое истребители Су-17, МиГ-21, МиГ-23, им на смену шли Су-27 и МиГ-29 с двигателями АЛ-31Ф и РД-33.

Время было очень горячее. У Советского Союза наметилось отставание прежде всего в истребителях "поля боя" и ударных истребителях-бомбардировщиках. Проблему могли решить МиГ-29 и Су-27, но они еще находились на стадии доводки и заводских испытаний.

Наша авиапромышленность противостояла авиапромышленности мира как по количеству, так и по качеству выпускаемых истребителей. А значит, и авиационных двигателей.

По АЛ-31Ф, созданному специалистами КБ "Сатурн" под руководством генерального конструктора Архипа Михайловича Люльки, предстояло ликвидировать намечавшееся отставание и

по наряду параметров превзойти лучшие зарубежные аналоги. К началу 80-х годов учеными и конструкторами задача была в основном решена, но серийное производство пока развернуто не было.

Требовалось ускорить освоение производства двигателей в серии в 2-3 раза, то есть начать их серийное производство не через 3-4 года, а вдвое быстрее. Для этого требовалось организовать серийное производство с устойчивым темпом выпуска не менее одного двигателя в сутки. Одновременно предстояла доводка двигателя силами КБ, подготовка производства на серийных заводах и выход на указанный темп выпуска в серии.

Дело усложнялось тем, что окончательно отработанных конструкций по самолетам и двигателям пока не было, а ряд новейших техпроцессоров (направленная кристаллизация, шестерни повышенной точности, титановое литье, вальцевание лопаток, глубинное шлифование и т.д.) в производство были внедрены не полностью. Да и международная обстановка подогревалась "холодной войной".

Работая начальником Третьего Главного Управления МАП, мне пришлось быть лично ответственным за все этапы создания и производства новейших двигателей, в том числе, АЛ-31Ф. Положение осложнялось тем, что авиационные заводы были загружены почти на сто процентов выпуском плановой продукции. В Главке сформировалось окончательное решение: осваивать производство деталей (а их в двигателе 5000 единиц) на двух наиболее подготовленных заводах - УМПО и московском "Салюте". Сборку, испытания и выпуск вести с обеих предприятий.

Главным, ведущим был определен уфимский завод.

Активное участие в формировании этого решения приняли заместитель Министра Н.А. Дондуков и главный инженер ЗГУ МАП А.Л. Дегтярев. Дальнейшее претворение проекта в жизнь помогали осуществлять заместители начальника Главка В.М. Чуйко, А.А. Саркисов, В.Н. Разумовский. Министры В.А. Казаков и И.С. Силаев оказывали всемерную поддержку и помощь. От подобного разделения объема производства мы получали двукратное усиление подготовки - ввиду того, что осваивалось производство половины деталей, количество необходимой оснастки соответственно уменьшалось вдвое. Но и количество деталей в партии увеличивалось в два раза, поскольку каждый завод делал их как на свою программу, так и на программу выпуска завода-партнера. Таким образом, произошло ускорение в 3-4 раза, что решало задачи по сокращению сроков.

Безусловно, эти стратегические и тактические решения обеспечивали наращивание темпов развертывания серийного производства АЛ-31Ф и снижения себестоимости, так как позволяли увеличивать партии деталей при запуске. Однако главной трудностью стал недостаточный уровень технического оснащения цехов.

В начале 1986 года, в связи с угрозой провала выпуска новых самолетов Су-27, правительство СССР решило заслушать отчеты ответственных за выпуск этих самолетов и двигателей к ним руководителей на заседании Военно-промышленной комиссии (ВПК) Совета Министров СССР.

Заседание вел Председатель ВПК Л.В. Смирнов, а участвовали в работе девять министров - руководители всех оборонных отраслей промышленности.

По самолетам отчитывался заместитель Министра Авиап-

рома М.П. Симонов, ответственный за тему. Меры, представленные по исправлению положения, признали недостаточными и Симонова освободили от должности заместителя Министра.

По двигателям отчет мой, для чего меня вызвали из Уфы. С выпуском двигателей АЛ-31Ф запаздывали, но это не влияло на поставки самолетов Су-27, хотя установленные сроки поставок двигателей и были сорваны. Представленный новый график выпуска приняли, но мне объявили выговор и обязали находиться в УМПО до полного выполнения графика.

В Уфе начал свою работу с проведения совещаний, на которых выяснилось, что главной причиной медленного развертывания серии стал недостаточно высокий уровень технологии и организации производства. Освоение нового изделия почти всегда требует внедрения десятков, сотен новых оригинальных процессов и схем управления. На все это требовалось время, а его явно не хватало.

День начинался в 7 часов утра: оперативки на сборке и испытании, в 10 - общая оперативка, в 23 - проверка выполнения утренних решений. И так каждый день, включая выходные.

Заводские старожилы вспоминали, что в таком режиме работали только в войну. Но по-другому было нельзя - война продолжалась, пусть и "холодная". Становилось ясно, что без привлечения опыта других заводов и научных заделов институтов эту задачу в сжатые сроки не решить.

Привлекли специалистов по вальцеванию лопаток с Запорожского завода, по титановому литью и литью с направленной кристаллизацией - из ВИАМ, по производству шестерен повышенной точности и глубинному шлифованию - из НИИД.

Очень помогло развитию мощностей возведение производственного корпуса №76, строительство которого лично курировал Первый секретарь Башкирского обкома КПСС М.З. Шакиров, а оперативное руководство окончанием строительства и формированием цехов легло на меня. Новый корпус использовали не по проекту (там должен был находиться сборочный цех) и создали высокотехнологическое производство, оснащенное станками ЧПУ для изготовления основных деталей и узлов. Это высвободило мощности для производства АЛ-31Ф в ряде других цехов.

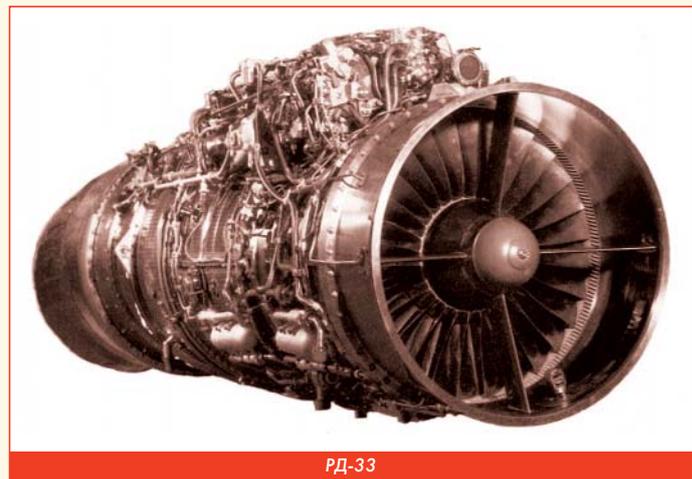
Узким местом из-за запутанности, "закрученности" технологических потоков движения основных деталей и узлов являлся цех № 43. Для выпрямления этих потоков требовались площади и оборудование. Первый момент решили на месте, оборудование подтянули с других заводов, в том числе и новое - из фондов МАП. В результате подразделение заработало четко.

Как правило, при освоении новых изделий узким местом считается литейное производство. Но, к чести литейщиков, жизнь они мне не осложнили. Под руководством В.А. Денисова цех всегда выполнял задания.

Наряду с решением технических проблем пришлось серьезно вмешаться в кадровую политику: к середине года директором назначили В.М. Парашенко, чуть позже главным инженером -



АЛ-31Ф



РД-33

В.П. Лесунова. Новым руководящим кадрам надо было помогать опытом, советом и резервами Главка Министерства. Вместе с генеральным директором В.М. Паращенко и профсоюзом организовали соревнование по освоению изделия АЛ-31Ф.

Помню, первым победителем этого соревнования стал начальник цеха И.У. Манапов. Министр премировал его мотоциклом. Обо всех не напишешь, но факт остается фактом: соревнование стало весомой поддержкой в освоении нового изделия и эффективным способом использования нераскрытых резервов.

Министерство помогало решать многие проблемы количественных задач за счет ресурсов. Но качество, особенно конструкторских разработок, таким образом, не решить - всегда нужен опережающий научно-технический задел, которого не было. Проблемы очень часто решались "мозговой атакой", но иногда и это не помогало.

Так, систематически разрушался диск шестой ступени компрессора. Мы старались решить проблему повышением чистоты, утолщением полотна диска. Организовали "мозговую атаку": во главе - генеральный конструктор В.М. Чепкин, специалисты ВИАМ, ЦИАМ, НИИД и завода. Всё отполировали, риск нет, собрали двигатель, бригаду отпустили домой в Москву. Они отправились на аэродром, а мы (в том числе директор, главный инженер и другие специалисты) - на испытания. Запуск. Прогрев. Выход на номинал. Взрыв. Пожар в боксе. Диск шестой ступени разрушен. Приказываю: возратить всю московскую команду обратно. Як-40 возвращается. И снова мозговой штурм. Спасибо ученым ЦИАМ, которые к вечеру сообщили, что в лабиринтном уплотнении диска шестой ступени - эффект аэродинамического "свистка". Необходимо удлинить на 10 мм лабиринтную "гребенку". Неделя работы. Проверка. Все идет отлично. И это доводка, а не постановка серийного производства. Да что там делить ответственность - дело необходимо вершить. Производство выявило конструкторские недоработки, и их оперативно решили. Вот только бы года на два-три пораньше!

Но старались мы не впустую. И вот результат: благодаря концентрации ресурсов МАП и самоотверженной работе специалистов удалось поднять технический уровень завода до нужного, обеспечивающего освоение производства АЛ-31Ф. Это стало возможным только потому, что все специалисты завода были спаяны в единый коллектив, и задача каждого становилась задачей всех. А здесь и "разгул" инициативы, и творчество, и энтузиазм, и героизм создания.

Если работа приносит удовлетворение - это норма.

Если удовольствие - это позиция жизни, источник творчества и вдохновения.

Если работаешь только на зарплату - это ремесленничество и пустота.

Совершенно ясно, что не мои усилия решили, в конечном счете, основные задачи освоения производства АЛ-31Ф. Наши меры лишь способствовали ускорению целенаправленного процесса освоения производства нового двигателя. Главным стал сплоченный эффективный труд многих тысяч рабочих, специалистов самого завода, их энтузиазм и творческая инициатива, самоотдача каждый час и каждый день на каждом рабочем месте.

Это - основа успеха, а потому мы вправе низко поклониться тому поколению моторостроителей-уфимцев, которые освоили лучший двигатель нашего времени, претворяя в жизнь самые смелые задумки ученых конструкторов, руководителей МАП.

Настоящими героями того времени были генеральный директор В.М. Паращенко, главный инженер В.П. Лесунов, главные специалисты Я.П. Портной, И.Г. Савичев, руководители производства С.П. Коннов, В.А. Артюхин, Н.Н. Копелев, начальники цехов С.П. Дудоров, А.А. Денисов, Е.И. Кошечев, О.И. Рычков и многие, многие другие - да разве возможно всех назвать.

Вот теперь видно, как это удавалось мне, а фактически руководителям и специалистам всех моторных заводов, институтов Минвиапрома. Моя роль координатора не была, конечно, решающей, скорее она была аккумулирующей усилия многих кол-



T-101 - прототип Су-27

лективов и руководителя, начиная с Председателя ВПК Л.В. Смирнова, руководителей МАП Казакова, Силаева, Сысцова, Геращенко и многих других, да разве всех перечислишь...

Успех всегда приходит, если начинаешь широко внедрять новую технику или, как сейчас модно говорить, проводить активную инновационную политику, что в авиапромышленности, а особенно в авиадвигателестроении всегда было решением поставленных задач: иметь на вооружении лучшие самолеты, которые в полет поднимали лучшие авиационные двигатели нашего времени.

Таким образом, общими чертами всех мер по решению проблем стали:

- повышение профессиональной квалификации от рабочих до директоров;

- развитие мощностей по "узким" местам в авральном порядке, чего можно было бы избежать, если бы высшее руководство управления промышленности страны обеспечило приоритетное опережающее развитие, как авиадвигателестроительной науке (создание опережающего научно-технического задела), так и в производстве за счет повышенных капиталовложений для внедрения новейшего оборудования и высоких технологий.

Так что, если меня и "бросали", как сказано в вопросе главного редактора КР Л.П. Берне, на решение возникших проблем, то это закрытие просчетов, недостаточного внимания при планировании развития авиадвигателестроения.

Рассказывая о своих действиях по решению ряда проблем, я знаю, что и другие руководители моего уровня действовали так же, так что приведенные мною примеры решения проблем никаких секретов не имеют. Это обычная работа "чиновника" советской эпохи.

Вот некоторые выводы из уже изложенного:

- руководитель должен до мелочей, до заклепки знать проблему, не допуская верхоглядства и бесконтрольности и с полной самоотдачей, показывая пример своими действиями, полностью погружаться в решение проблем или того или иного проекта;

- руководитель должен быть нацелен ежесекундно на будущие проекты. Внедрение новой техники - его главная характеристика.

Именно поэтому с 1979 года в системе управления авиамоторными заводами была введена практика ежегодных (иногда по два раза в год) отчетов начальника Главка по итогам года и отчетов того или иного директора - что на заводе сделано за год по новой технике, что внедрено такого, чего пока нет на других заводах, и т.д.

Это актуально и сегодня, но такой системы сейчас нет, а отсюда увеличение разницы технического уровня предприятий. Нет "переливания" передовых достижений между заводами.

Какие же выводы по особому стилю руководства? Они просты. Отдаваться полностью делу, знать производство до последнего "гвоздя", иметь высококвалифицированную команду профессионалов-единомышленников.

И еще. Всегда поиск нетрадиционных методов технологического и управленческого плана, ведущего к решению задач с наименьшими затратами по времени и средствам.

Стиль любого руководителя, если он чего-то хочет действительно добиться, - это творчество и поиск, и много-много личного труда, иногда и бессонных ночей, и тогда получится удовольствие от успеха - это повыше любых "зеленых".

(Продолжение следует)

РОЛЬ И МЕСТО НАУЧНЫХ ШКОЛ ЦИАМ В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ В НАШЕЙ СТРАНЕ

ГНЦ РФ ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова":
Дмитрий Александрович Боев, помощник генерального директора
Лев Иосифович Соркин, ведущий научный сотрудник, к.т.н.

Центральный институт авиационного моторостроения появился в 1930 году исключительно потому, что в его создании являлась острая необходимость. После Первой мировой войны авиация окончательно перестала быть видом экзотического спорта и утвердилась как самая передовая отрасль технического прогресса. Впрочем, в Советской России, пережившей ещё революцию, гражданскую войну и иностранную интервенцию, развитие авиации буксовало. В немалой степени задержка была обусловлена отсутствием собственного моторостроения. Конструкций было много, но все - на любительском уровне: неконкурентоспособны, а по большому счету и нежизнеспособны.

Как писалось в пояснительной записке от 13 августа 1930 г., с которой 19 виднейших авиационных специалистов СССР обратились в ЦК ВКП (б) (в числе подписантов были 3 будущих начальника ЦИАМ и 2 будущих Главных конструктора моторостроительных ОКБ): "...наше опытное строительство исключительно бесплодно. За все 13 лет Советской власти мы не создали ни одного законченного авиационного двигателя. Хотя за это время было запроектировано разными организациями 40 авиационных двигателей, 30 из них было сдано в производство, около 15 построено, но ни один из них не стоит на самолете. Теперь же, когда завод [будущий ЦИАМ - прим. авторов] построен и в основном готов к ликвидации прорывов, он передается в ВАО. Таким образом, наше авиационное моторостроение теряет только что созданную им базу".

Инициатором письма и человеком, который доставил его в ЦК, а после - в Сочи, где его одобрили Ворошилов со Сталиным, был будущий великий конструктор дизельных двигателей для самолётов, танков, катеров Алексей Дмитриевич Чаромский. Его весьма инициативно поддерживал в ВСНХ разделявший позицию авторов, его однопольчанин ещё по Гражданской Пётр Ионович Баранов.

Дело в том, что существовала и иная точка зрения. Согласно с ней, в перспективе предполагалось решать научно-технические проблемы грядущего авиационного моторостроения как в ЦАГИ, входящем в ВАО (Всесоюзное Авиационное Объединение) под руководством профессора Б.С. Стечкина, так и в НАМИ, входящем в ВАО (Всесоюзное Авто Тракторное Объединение) под научным руководством профессора Н.Р. Бриллинга. Прогресса в деле такая двойственность не добавляла: обе организации действовали изолированно.

Взгляд на объединение усилий профессуры обеих научных организаций, выраженный в документе, вышедшем ещё 11 июля 1930 г., был, по существу, крайне вредным для обороноспособности страны. Предлагалось сосредоточить все научные и конструкторские работы в области авиационного моторостроения в системе автотракторной промышленности, что отрывало их от авиации.

В руководстве страны возобладала точка зрения ВСНХ и практикующих авиационных конструкторов, и 11.09.1930 г. был подписан Приказ РВС и ВСНХ СССР о передаче из ВАО Наркомвоенмору всего движимого и недвижимого имущества, относящегося к



А.А. Микулин, Н.Р. Бриллинг, С.Б. Стечкин

авиационному моторостроению (профессору НАМИ **Николай Романович Бриллинг**, создававший в своё время эту организацию для ВАО, до конца своих дней не мог спокойно слышать о ЦИАМ, никогда здесь не появлялся - хотя много и активно общался по работе и общественной деятельности с учёными института:

Б.С. Стечкиным, А.А. Микулиным, В.К. Климовым, А.Д. Чаромским, В.М. Яковлевым и другими). Произошло объединение Винтомоторного отдела ЦАГИ с Авиационным отделом НАМИ в ОАМ-ЦАГИ под дальнейшим руководством профессора МВТУ Б.С. Стечкина.

16 сентября 1930 г. состоялось заседание ответственных представителей по вопросу изъятия ОАМ-ЦАГИ из подчинения ЦАГИ и передачи его в систему ВАО. На нём отмечалось: "конструкторское бюро ОАМ-ЦАГИ разрабатывает 14 различных модификаций двигателей. Надо оставить в разработке не более 3 моделей и изгнать из плана все, что не проверено собственным или иностранным опытом. В конструкциях не должно быть никаких фантазий, которые убили в прошлом, может быть талантливые, но не приспособленные к жизни проекты".

И, наконец, через 3 месяца, 3 декабря 1930 г. прошло заседание РВС СССР, на котором было принято решение об объединении ОАМ-ЦАГИ с отделом опытного моторостроения завода № 24 (теперь НППЦ газотурбостроения "Салют") в единый институт авиационных моторов (ИАМ). Начальником института был назначен **И.Э. Марьямов**.

С самого начала своей деятельности ЦИАМ создавался как центр выполнения тех работ, которые конструктора и производственники, создавая новую технику и доводя старую, сделать попросту не в состоянии. Это, прежде всего, аналитические исследования конструктивных элементов, мощные конструкторские работы, обзорные исследования по современному моменту состоянию техники. И, конечно же, научные исследования процессов, проходящих в конструируемых авиадвигателях и их элементах.

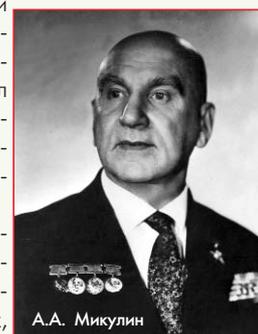
Именно в процессе разрешения встающих во время работы вопросов по всем этим направлениям, создавались в своё время творческие коллективы, переросшие впоследствии в научные школы. Рожденные в институте научные школы оказали огромное влияние на практическую деятельность авиадвигателестроителей, благодаря которой были достигнуты большие успехи в отечественной авиации. Невозможно в разумно ограниченных рамках настоящей статьи рассказать обо всех ученых института, внесших вклад в получение фундаментальных знаний по различным направлениям двигателестроения, которые, в конечном счете, были воплощены в конкретные проекты и последующие усовершенствования конструкций двигателей. Позволим себе назвать лишь некоторых из них, главным образом, тех, кто ранее работал в институте. Будем стараться придерживаться ретроспективной последовательности изложения. И ещё: среди всей славной когорты учёных, работающих по каждой упомянутой тематике, попытаемся, хотя это весьма сложно и далеко не бесспорно, выделить лидеров.

Несомненно, первыми научными школами ЦИАМ можно считать конструкторские школы. При создании ЦИАМ сформировались два основных отдела: отдел бензиновых двигателей (ОБД), которым руководил А.А. Микулин и ОНД - отдел нефтяных двигателей (или двигателей тяжёлого топлива), занимавшийся разработкой авиационных дизелей. Им руководил А.Д. Чаромский.

А.А. Микулин за свою жизнь сумел создать несколько технологических и конструкторских школ, разработал множество авиадвигателей - причём как бензиновых, поршневых,



И.Э. Марьямов



А.А. Микулин

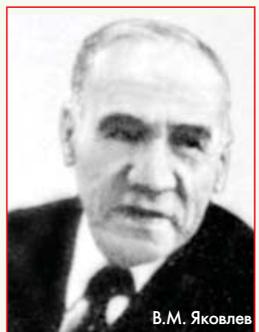


А.Д. Чаромский

так и первых отечественных газотурбинных. Из множества разработок ОБД, самая долгая жизнь выпала микулинскому М-34 (с проекта которого в 1930 г. началась и работа ЦИАМ и деятельность Александра Александровича, как авиамоторостроителя - более ранние его конструкции, созданные ещё в НАМИ, в широкую серию не пошли). Мотор послужил основой многим более поздним моделям. Созданное А.А. Микулиным ОКБ в Лужниках существует и сейчас.

А.Д. Чаромский - инициатор создания ЦИАМ и первый руководитель его отдела Нефтяных двигателей, создавал там мощный авиадизель АН-1. Опытный образец этого авиадизеля был готов к 1936 г., однако, он получился весьма тяжёлым. Впрочем, его невысокий вариант с уменьшенной мощностью послужил основой для разработки танкового дизеля В2: его ставили и на знаменитые Т-34, и на другие, а также на торпедные катера (которые конструировали корабельщики совместно с... А.А. Микулиным).

На основе АН-1 в 1940-1942 годах был создан М-40 (ЦИАМ, конструктор **В.М. Яковлев**, ставился на ТБ-7 и М-30). Параллельно с тем, работающий в ОТБ НКВД 1938-39 гг. на заводе № 82



В.М. Яковлев

А.Д. Чаромский создал на той же базе более удачный двигатель, М-30, пошедший в серию как АЧ-30Б. Этот мотор был принят на вооружение авиацией дальнего действия и использовался при налетах на Берлин и глубокие тылы Германии уже в июле 1941 г. А А.Д. Чаромский до конца своих дней в 80-х годах XX века руководил творческим коллективом НИИД, создавая дизельные двигатели для наземной техники: танковые дизеля 5-ТДФ и 6-ТДФ и их модификации.

Б.С. Стечкин еще в 1929 г. (ещё до образования ЦИАМ!) опубликовал статью "Теория воздушного реактивного двигателя", в которой впервые были изложены фундаментальные положения теории ВРД. Впоследствии, книга Стечкина на эту тему послужила теоретической основой создания всех будущих газотурбинных двигателей мира. Б.С. Стечкин был инициатором создания ИАМ - института авиационных моторов (он автор и самой аббревиатуры ЦИАМ, поскольку "приказное" наименование "ОАМ" считал абсолютно неприемлемым) и первым руководителем созданного в ЦИАМ отдела бензиновых двигателей (ОБД). Им была создана теория теплового расчета авиационных двигателей и методика построения наземных и высотных характеристик. Борис Сергеевич основатель нескольких коллективов теоретиков и расчётчиков.



Б.С. Стечкин

Постольку поскольку всю свою научную и творческую деятельность ЦИАМ проводил в тесном контакте с коллективами, разрабатывающими и серийно производящими авиационные двигатели, совершенно естественно, что ряд ведущих специалистов ЦИАМ были направлены в образованные (начиная с 1935 г.), опытно-конструкторские бюро на моторостроительных заводах. Они впоследствии стали выдающимися создателями отечественных двигателей.

Владимир Яковлевич Климов - перешёл главным конструктором Рыбинского моторостроительного завода. Он впоследствии создал своё ОКБ, в котором довелось создавать как рекордные модели поршневых двигателей, выпускавшиеся большими сериями во время Войны, так и первые советские ГТД. ОКБ существует и работает по сию пору, так же как и ОКБ, созданное А.А. Микулиным (о чём мы уже здесь писали).



В.Я. Климов

Владимир Алексеевич Добрынин - стал работать главным конструктором ОКБ завода № 24 им. Фрунзе. Ему также удалось создать свой творческий коллектив в Рыбинске, существующий до настоящего времени.

Сергей Константинович Туманский - был основателем и главным конструктором ОКБ на Запорожском заводе № 29. Во время войны предприятие было эвакуировано в Омск, а после войны воссоздано в Запорожье. Сейчас работают обе организации, а С.К. Туманский, как разработчик ГТД и генеральный конструктор долгое время работал на созданном А.А. Микулиным ОКБ "Союз", во многом определив его стиль работы.

Константин Иванович Жданов - один из наиболее известных руководителей и главных конструкторов ОКБ-150, г. Ступино. Сейчас это - НПП "Аэросила".

Олег Николаевич Фаворский - руководил Микулинским ОКБ "Союз" после смерти С.К. Туманского. Он создал несколько новых направлений в создании ГТД как больших, так и сверхмалых размеров, работал также с газодинамическими импульсными системами. Всё созданное им имеет развитие в системах, выпускаемых и по сие время. Сейчас он зам. академика-секретаря созданного в своё время Б.С. Стечкиным отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления Российской Академии наук.

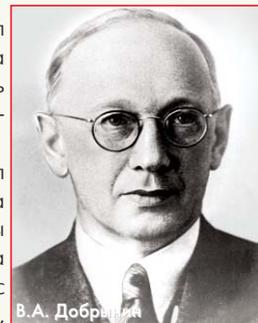
Многие разработки, начатые в ЦИАМ как исследовательские научные работы, впоследствии заняли своё место в ряду производимых промышленностью изделий. Во вновь организованных ОКБ были продолжены традиции ЦИАМ, ставшие основой их научно-исследовательских и проектных работ.

Владимир Васильевич Уваров еще в 1928 г. предложил впервые в мире начать работу по созданию высокотемпературного ГТД. В 1930 г. в ЦИАМ под его руководством были развернуты работы по теории и конструкции авиационных газовых турбин. Он создал научную школу инженеров и ученых-турбинистов, внесших существенный вклад в развитие отечественного авиадвигателестроения. В 1935 г. в издательстве академии им. Н.Е. Жуковского вышла монография В.В. Уварова "Газовые турбины".

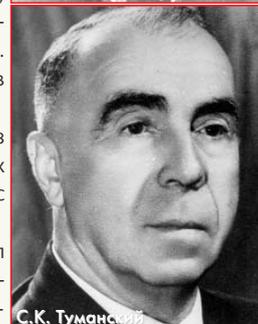
Среди выдающихся продолжателей школы турбинистов следует особо выделить некоторых учёных, оставивших наибольший вклад в своей области деятельности.

Виктор Христофорович Абианц - человек, который из довольно неплохо известной уже к 50-м годам XX века теории паровых турбин сумел создать теорию газовых турбин - с совершенно иными мощностями, температурами рабочего тела, материалами конструкции и напряжениями в них. Он - инициатор и участник первого непрерывного испытания опытной одноступенчатой газотурбинной установки. В 1953 г. издано учебное пособие В.Х. Абианца "Теория авиационных газовых турбин", используемое до настоящего времени.

Сергей Михайлович Шляхтенко - принял активное участие в реализации программы создания газотурбинной техники в ОКБ. Автор научно-исследовательских работ по выбору



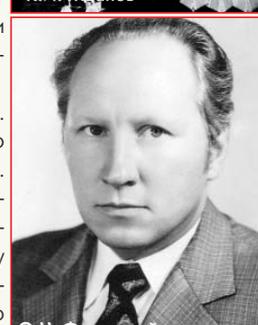
В.А. Добрынин



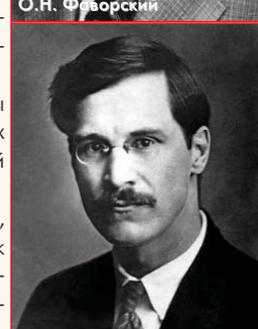
С.К. Туманский



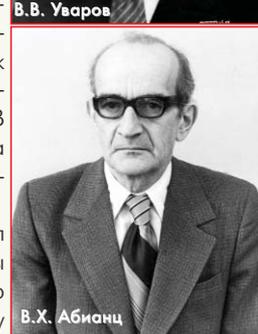
К.И. Жданов



О.Н. Фаворский



В.В. Уваров



В.Х. Абианц



С.М. Шляхтенко

ГД для сверхзвуковой пассажирской авиации. В дальнейшем - начальник ЦИАМ и руководитель целой серии совершенно пионерских работ в разных отраслях деятельности. Скажем - в исследовании жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).

Под руководством В.В. Уварова выросли научные работники высокой квалификации, блестяще разбирающиеся в теории и конструкции газовых турбин, - М.И. Востриков, О.И. Голубева, В.Е. Михальцев. Отделом турбин ЦИАМ руководили и сотрудничали с ним видные отечественные учёные: К.М. Попов, В.Д. Венедиктов, М.Я. Иванов, С.В. Харьковский (в настоящее время - руководитель отдела), В.Я. Гуров, В.Т. Митрохин и многие другие.



Г.Н. Абрамович

Генрих Наумович Абрамович - один из основоположников теории турбулентных струй и прикладной газовой динамики. Работы Г.Н. Абрамовича позволили создать методику аэродинамического расчета камер сгорания ГТД. Его "число "А" как действующий фактор при расчёте центробежных жидкостных форсунок применяется разработчиками всего мира. Генрих Наумович до конца дней вёл кафедру ГТД на двигателем факультете МАИ, воспитав не одно поколение газотурбостроителей.

Г.Н. Абрамович почти 20 лет проводил в ЦИАМ Всесоюзные семинары по "Проблемам турбулентных струйных течений". Является автором всемирно известного учебника "Прикладная газовая динамика". Под его руководством выросла целая группа исследователей турбулентных течений: А.Н. Секундов, С.Ю. Крашенинников, О.В. Яковлевский, С.Ю. Крашенинников, А.Б. Ватажин, А.Н. Крайко (к настоящему времени сам - организатор школы расчетчиков сложных газодинамических процессов в двигателях) и др.



В.С. Серенсен

Владимир Сергеевич Серенсен - один из новаторов и руководителей отечественной школы по конструкционной прочности материалов и деталей авиационных двигателей. Школа прочнистов ЦИАМ признаваема и авторитетна во всём мире.

В.С. Серенсен является инициатором создания ряда лабораторий по вопросам прочности в авиадвигателестроительные ОКБ, где многие научные направления в области прочности возникли под влиянием творческих идей В.С. Серенсена и развивались при его активном содействии.

Формирование и развитие научных направлений школы прочности и надежности связаны с именами таких выдающихся ученых, как И.Ш. Нейман, И.А. Биргер, В.Я. Натанзон, К.В. Житомирский, А.А. Коломийцев, В.М. Даревский и многих других талантливых инженеров и ученых.

Среди последователей, а также соратников в области прочности авиадвигателей следует отдельно выделить непосредственного ученика В.С. Серенсена - Бориса Федоровича Балашова, а также и, главным образом, Роберта Семеновича Кинасошвили и Исаака Ароновича Биргера.



Р.С. Кинасошвили

Роберт Семенович Кинасошвили разработал способы и методы расчета на усталостную прочность основных деталей поршневых и газотурбинных двигателей. При активном участии Р.С. Кинасошвили были разработаны первые отечественные регламентирующие документы, ставшие основой прочностных расчетов ГТД. Р.С. Кинасошвили воспитал целое поколение прочнистов-авиационников, сочетающих в себе преданность делу с научными знаниями. Р.С. Кинасошвили является автором широко известного курса "Сопротивление материалов".

Исаак Аронович Биргер детально разработал методы расчета на прочность рабочих лопаток компрессоров и турбин, дисков роторных и корпусных деталей и ряда других деталей авиадвигателей. Под его руководством были проведены работы по обеспечению прочности первых турбореактивных и турбовинтовых двигателей.

Большая заслуга И.А. Биргера в создании отечественных Норм прочности. Под его руководством подготовлено несколько докторских и большое число кандидатских диссертаций. Он был инициатором и первым руководителем разработки отраслевой системы автоматизированного проектирования авиадвигателей. Идеи В.С. Серенсена, Р.С. Кинасошвили, И.А. Биргера получили дальнейшее развитие в работах Б.Ф. Шорра, Б.Ф. Балашова, В.М. Даревского, А.Н. Петухова, Ю.А. Ножницкого (руководителя отделения прочности в настоящее время), Ю.М. Темиса и в работах многих других научных сотрудников ЦИАМ.



И.А. Биргер

Георгий Петрович Свищёв был инициатором создания максимально приближенных к натурным условиям испытаний двигателей на стендах.

Г.П. Свищёв совместно с В.М. Акимовым организовали систематические исследования надежности авиационных ГТД. Был разработан комплекс методик специальных стендовых испытаний двигателей пассажирских самолетов. Среди новых направлений исследований, основоположником которых был Г.П. Свищёв, относятся работы по ресурсу, авиационному шуму, стоимости. Под руководством и при непосредственном участии Г.П. Свищёва введен в эксплуатацию уникальный высотно-скоростной экспериментальный комплекс ЦИАМ в подмосковном Тураево. Проведены фундаментальные исследования по перспективам развития авиации.



Г.П. Свищёв

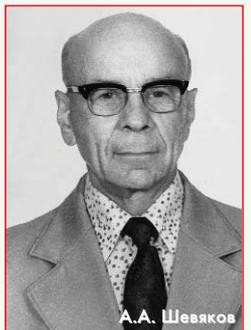
Владимир Михайлович Акимов создал и возглавил новое направление научных исследований по экономике, вопросам надежности, ресурса, диагностики и эксплуатации двигателей "по техническому состоянию". Проводил большую работу по созданию методов долгосрочного планирования и прогнозирования научных исследований в авиадвигателестроении.

Основные положения, идеи и методики в дальнейшем были развиты в работах С.А. Мирзояна, А.А. Морозова, А.Я. Локштанова, И.В. Егорова и др.

Невозможно не упомянуть ЦИАМовскую школу по автоматике и системам управления (САУ) ГТД. В ней столь большое количество ярких имён, что весьма затруднительно выделить наиболее значительные. До начала 50-х годов, работы с газотурбинными двигателями, это были группы, занимающиеся регуляторами разного рода - карбюраторов подачи топлива - К.А. Старикова, непосредственного впрыска С.А. Косберга (позже - руководителя двигательного ОКБ по ЖРД), систем автоматики под руководством Н.Г. Дубравского и других. С 1952 года руководить автоматиками назначается **Алексей Андреевич Шевяков**, которому удалось за короткое время создать мощный творческий коллектив, осваивающий совершенно неизвестные ранее задачи по управлению ГТД. В нём трудились такие известные учёные как В.А. Боднер (основатель одноимённой кафедры в ВВИА им. Жуковского), С.А. Сиротин (впоследствии - зам. начальника ЦИАМ), Д.А. Огородников (будущий начальник ЦИАМ и сам основатель школы по исследованию гиперзвукового полёта), Л.Н. Гецов, В.М. Калинин, А.В. Форафонов, Ю.С. Белкин, Г.П. Степанов, В.А. Шерстянников, Ф.Н. Олифи-



В.М. Акимов



А.А. Шевяков



Д.А. Огородников

ров, О.С. Гуревич (в настоящее время руководящий отделением САУ ЦИАМ).

И ещё одно научное сообщество ЦИАМ, много сделавшее для всей отечественной промышленности, причём - не только для авиационной. Отдел, который в ЦИАМ занимался сперва тематикой ЖРД, а после - гиперзвуковым полётом, по сути дела возложив в стране объединение нескольких научных и производственных предприятий, работавших в этом направлении. Общее руководство работами осуществлял начальник ЦИАМ начала 80-х годов **Донат**

Алексеевич Огородников. По этой тематике с творческим коллективом сотрудничали академик Г.Г. Чёрный и многие видные учёные: Г.Н. Абрамович, В.Р. Левин, А.Н. Крайко, В.И. Копчёнов, А.С. Рудаков, В.Л. Семёнов и многие другие. Многолетняя совместная работа многих привела к закономерному успеху: проблемы гиперзвукового атмосферного полёта получили-таки разрешение.



Д.Я. Коломацкий

Д.Я. Коломацкий - специалист мирового уровня по топливам и маслам, применяемым в авиации, ещё в середине 30-х годов создал одну из крупнейших в мире школ по химмотологии. Тогда были разработаны бензин Б-78 и масло МС, которые использовались на самолёте АНТ-25 с двигателем АМ-34РД при выполнении перелётов в Америку. Позже - нового бензина Б-95/130, а при начале работ с ПД - отечественное стандартное реактивное топливо Т-1, длительное время являвшееся основным для дозвуковой и сверхзвуковой авиации, а также для ракет с ЖРД и реактивные топлива ТС-1 и Т-2. На базе отдела от ЦИАМ

отпочковался в своё время ЦИАТИМ (Центральный институт авиационных топлив и масел, ныне - ВНИИИМП). В дальнейшем отдел разрабатывал топлива и смазки, на которых работает вся современная авиация. Проблема криогенных углеводородных топлив разрабатывалась в отделе химмотологии ЦИАМ Л.С. Яновским (возглавляющим этот отдел в настоящее время) и Н.Ф. Дубовкиным.

Леонид Иванович Седов - один из создателей отечественной школы механиков. Большое значение для теории лопаточных машин имеют результаты работ Л.И. Седова по теории решеток профилей. Исключительно велик вклад Л.И. Седова в разработку теории подобия и размерностей. Он в течение ряда лет направлял и координировал работу отделов ЦИАМ, занимающихся разработкой компрессоров, турбин, камер сгорания, диффузоров, реактивных сопел и др. Под руководством Л.И. Седова в ЦИАМ работал общеинститутский семинар, сыгравший большую роль в деле углубления научных исследований и воспитания научных кадров.

Одним из ближайших учеников, а затем и соратником Л.И. Седова является **Горимир Горимирович Чёрный**. Г.Г. Чёрный основал научную школу по теоретической газовой динамике, воспитал ученых, внесших существенный вклад в развитие гиперзвуковой аэродинамики, физической газовой динамики, магнитной гидродинамики, ученых в совершенстве владеющих современными теоретическими, экспериментальными и вычислительными методами исследования.

Под его руководством и непосредственным участии (совместно с Л.И. Соркин) исследованы течения в воздухозаборниках ПД, совместная работа воздухозаборника и двигателя, течения в выходных устройствах ПД.

Среди учеников Л.И. Седова в ЦИАМ следует отметить **Григория Михайловича Бам-Зеликовича**, который впервые сформу-

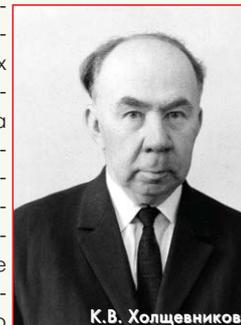


Г.Г. Бам-Зеликович

лировал условия отрыва пограничного слоя в критериальной форме.

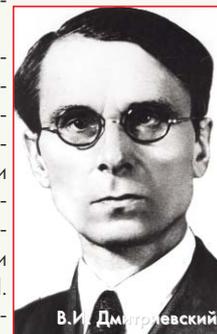
Работы Л.И. Седова, Г.Г. Чёрного получили дальнейшее развитие в работах А.Б. Ватажина, А.Н. Крайко, М.Я. Иванова, Д.А. Огородникова, и др. Следует, полагаю, отметить крупный вклад, который внесли в научный фундамент ЦИАМ известные видные ученые: К.К. Холщевников, В.И. Дмитриевский и М.М. Масленников.

Константин Васильевич Холщевников является создателем научной школы по теории авиационных лопаточных машин и газотурбинных двигателей. Свою работу в ОБД ЦИАМ он начал с исследований компрессоров для наддува авиационных двигателей. В 1938 г. в соавторстве с В.И. Дмитриевским он выпустил монографию "Нагнетатели и наддув авиационных двигателей". В 1949 г. выходит его книга "Выбор параметров и расчет осевого компрессора", где впервые систематически излагается новый метод расчета проточной части компрессора по материалам продувки плоских решеток. В 1954-1955 гг. в изданиях ЦИАМ были опубликованы две работы К.В. Холщевникова (в соавторстве с О.Н. Фаворским), которые были посвящены теории, методам расчета и регулирования ТРД с двухкаскадными компрессорами. В 1952 г. К.В. Холщевниковым была установлена фундаментальная связь между газодинамическими, кинематическими параметрами компрессора и турбины ТРД с учетом ограничений по прочности рабочих лопаток турбины, названная комплексным параметром согласования. В 1970 г. вышел его учебник-монография "Теория и расчет авиационных лопаточных машин",



К.В. Холщевников

Вячеслав Иосифович Дмитриевский - основоположник и руководитель работ в области лопаточных машин и агрегатов наддува. В.И. Дмитриевский с группой ученых ЦИАМ приняли самое активное участие в создании ТРД с центробежными компрессорами, улучшению характеристик которых он уделил особое внимание. Глубокое изучение характера течения в каналах проточной части центробежного компрессора, проведенное В.И. Дмитриевским, позволило разработать совершенные методы расчета и профилирования.



В.И. Дмитриевский

Михаил Михайлович Масленников в составе ОБД руководил термодинамической бригадой по исследованию рабочего процесса 4-тактных авиационных бензиновых двигателей жидкостного охлаждения. По его инициативе и под его руководством было выполнено большое число экспериментальных работ, посвященных исследованию теплового состояния двигателей, имеющих различную конструктивную схему. Разработанная Михаилом Михайловичем схема инжекторной подачи топлива в авиационных двигателях сейчас считается классической и общеприменима. В дальнейшем М.М. Масленников осуществлял научное руководство в области малоразмерных газотурбинных двигателей. За многие годы работы в ЦИАМ он воспитал большую группу ведущих специалистов института и промышленности.

Большой вклад в развитие газотурбинной тематики института, внесли последующие поколения ученых: В.А. Сосунов, А.Я. Черкез, Л.Н. Дружинин, В.О. Боровик, Л.И. Соркин, Л.Е. Ольштейн, В.Т. Митрохин, С.А. Сиротин, Л.А. Клячко, Ю.Ф. Дитякин, В.Э. Сарен, В.М. Калнин, В.А. Шерстянников, О.С. Гуревич, Б.М. Силин и много, много других славных представителей научных школ ЦИАМ, которых мы упоминали и не упоминали в данной статье.

Институт растёт и развивается, меняется и структура его научных интересов. Появляются - и, надо думать, ещё появятся - новые школы научных исследований. Так что, тема научных школ ЦИАМ в отечественном авиадвигателестроении никогда не будет дописана полностью. **А**



М.М. Масленников

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГИИ И УСЛОВИЯ СОВМЕСТИСТИ С ТЕРМОДИНАМИКОЙ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

С учетом введения тензора Князева в аксиоматику гидродинамики и перехода к полевым переменным, уравнение движения Навье–Стокса не изменилось, но потребовалось уточнение уравнения энергии с целью совместности его с требованиями термодинамики. Сформулирована теорема Крокко для вязких сжимаемых течений, на основании которой получено уравнение энергии для сверхзвуковых течений.

In view of the introduction of the Knyazev tensor axiomatic in hydrodynamics and cross-over to the field variables, the Navier–Stokes motion equation has not changed, but in terms of compatibility with the requirements of thermodynamics it needed clarification. Crocco's theorem for viscous compressible flows formulated, and equation for the energy of supersonic flows obtained on its basis.

Ключевые слова: турбулентность, уравнение энергии, термодинамика, тензор, вязкость, сжимаемость..

Keywords: turbulence, energy equation, thermodynamics, tensor, viscosity, compressibility.

Исследуя турбулентные течения, неминуемо сталкиваешься с анализом и решением уравнения Навье–Стокса. Оно - это уравнение - дает возможность получить поле скоростей потока в рассматриваемой конструкции. Но, как было показано в [1], для его решения требуется максимум еще два уравнения, чтобы "избавиться" от плотности, давления и оставить три неизвестные в виде проекций скоростей. Так как плотность пропорциональна дивергенции скорости, то она сразу может быть исключена. А вот с давлением не так все просто. Традиционно применяют для этого уравнение энергии. Очень часто для "идеальных задач" принимают приращение энтропии равно нулю. Конечно, это - слишком модельное условие. Это очень грубое приближение, взятое из теоремы Крокко. Кстати, и теорема Крокко является достаточно грубым приближением практически к любому реальному случаю, так как она доказана для "идеального", то есть невязкого и несжимаемого случая. Но! Самая важная проблема, которая обойдена современной наукой - это неучет принятой аксиоматикой особенностей свойств исходного бесконечно малого объема при выводе уравнений движений. На сами уравнения движений Навье–Стокса неучет этих свойств не повлиял, так как разница в скоростях в центре массы, заключенной в этом объеме, и в непосредственной близости от этого центра, с точки зрения высшей математики равна нулю, поскольку объем $dxdydz$ равен бесконечно малой величине. Однако другие параметры, такие как момент количества движения и особенно энергия, не могут быть такими же, как в центре массы. Материальная точка, при стремлении названного объема к нулю, имеет физические свойства, такие как масса, плотность, функция распределения молекул и, в общем-то, протяженность. Обладает вязкостью, теплопроводностью, диффузией и подчиняется началам термодинамики и молекулярной физике. Математическое понятие точки ограничивается неким философским представлением о примерном местоположении в пространстве данного физического объема.

Вот почему использование в качестве аксиомы вместо реального вещества, заключенного в бесконечно малом объеме некоего твердого вещества без изменяющихся свойств, неправомочно с точки зрения соответствия законам термодинамики. В таких условиях решение векторного уравнения Навье–Стокса (повторяем, оно правильное) может иметь области с уменьшающейся энтропией. С целью исключения этого казуса следует в период применения уравнения энергии учитывать особенности внутренних процессов, происходящих с молекулами в объеме. Правильное понимание этих процессов позволяет различить диссипацию и тривиальное приращение энтропии. В первом случае, случае традиционного стоковского подхода, они равны, что будет показано ниже. Во втором [2],

где использована гипотеза, исключающая искусственное превращение подвижной среды из континуальной, в некую абстрактную с постоянными свойствами, соответствующими предельным, при которой диссипация, то есть рассеянная мощность внешних сил и приращение энтропии как необратимой мощности внутренних сил, не равны. Более того, от их разницы зависит устойчивость в естественном процессе. Другими словами, обеспечивается совместность гидрогазодинамики с требованиями термодинамики.

Проще говоря, при замыкании системы уравнения сплошной среды необходимо, помимо использования только фундаментальных законов физики, активно применять соотношение совместности принятой аксиоматики и термодинамики.

Аксиоматика Князева

Традиционная гидрогазодинамика Навье–Стокса базируется на представлении реальных рабочих тел в виде континуума - сплошной материальной среды. В отличие от классической ньютоновской механики в гидрогазодинамике не оперируют понятием математической точки, заменяя ее некоторым твердым материальным элементом с постоянными свойствами. В этом случае уравнение импульсов дает только информацию о скорости центра масс. Внутренние движения - движения "внутри" этой точки игнорируются, так как они элементарно не предусмотрены аксиоматикой. Дивергенция от формально введенного тензора Князева $\text{div}K = \rho \nabla V$ даёт возможность представить на всем пространстве течение в виде единого континуума. Другими словами, наделять в том числе бесконечно малый, элементарный объем среды свойствами реальной жидкости. Введенный тензор K предполагает новую модель сплошной среды, где переменными могут быть только полевые функции - функции точки непрерывного пространства.

Традиционно импульс представляется как некоторое произведение полевой переменной скорости и "скалярной" плотности, которая (плотность) не являлась таковой (полевой), так как ее необходимым атрибутом является некоторая мера (масса или протяженность элемента жидкой и газообразной среды). Динамический тензор Князева в корне меняет подход к рассмотрению подвижной среды, превращая все переменные в полевые. Его поток

$$\oint K \cdot \vec{n} dS$$

на некоторую замкнутую поверхность равен импульсу тела, ограниченного этой поверхностью, а дивергенция уже автоматически характеризует скорость центра масс рассматриваемого тела. Тогда, как легко увидеть получается, что введенный тензор связан с тензором напряжения Π через уравнение импульсов некоторого жидкого или газообразного тела.

$$\frac{d}{d\tau} \oint K \cdot \vec{n} dS = \oint \Pi \cdot \vec{n} dS.$$

Элементарные преобразования приводят к традиционной записи уравнения движения:

$$\rho \frac{d\vec{V}}{d\tau} = \text{div} \Pi,$$

из которого видно, что применение динамического тензора не меняет вида локального уравнения импульса, поскольку внутреннее движение относительно центра масс и внутренние силы не изменяют импульса тела.

В классической гидродинамике показывается, что тензор напряжения должен быть симметричным, реологическое соотношение (для несжимаемой жидкости) принимается в соответствии с гипотезой Стокса в виде:

$$\Pi = 2\mu D.$$

где μ - коэффициент динамической вязкости, а D - тензор скоростей деформации, симметричная часть тензора градиента скорости $\text{grad} \vec{V}$ [3].

В такой постановке получается уравнение Навье-Стокса и, как уже отмечалось, оно совпадает с аналогичным уравнением, полученным с использованием полевых переменных. Что же теперь делать с уравнением энергии? Ведь по смыслу оно будет отличаться от широко предлагаемого традиционного уравнения, где не учитываются особенности новой аксиоматики. По-видимому, следует еще раз на него посмотреть в сравнении с новым [2]. Прежде чем это сделать, отметим еще раз основные положения теории Стокса, заложенные при разработке системы уравнений движения сплошной среды.

1. При формировании аксиоматики используется гипотеза псевдоотверждения жидкой точки. При этом переменные рассматриваются не как функции поля. Это приводит к нарушению первого начала термодинамики.

2. Считается, что тензор деформации симметричен, при этом диссипация отождествляется с приростом энтропии, что может приводить в особых случаях к нарушению второго начала термодинамики.

Уравнения энергии с позиции представления среды в виде полевой функции точки

Будем пользоваться логикой Князева. Вначале воспроизведем традиционную схему вывода уравнения энергии. Для этого скалярно умножим уравнение движения на вектор скорости. Опуская аксессуары, получим скалярное уравнение для кинетической энергии:

$$\rho \frac{d}{d\tau} \frac{\vec{V}^2}{2} = \vec{V} \cdot \text{div} \Pi.$$

Интегрируя его по некоторому объему, с целью получения выражения для работы внешних сил, получаем "уравнение живых сил":

$$\frac{d}{d\tau} \int \rho \frac{\vec{V}^2}{2} d\tau = W^e - \int \Phi d\tau,$$

где $W^e = \oint \vec{V} \cdot \Pi \cdot \vec{n} dS$ - работа внешних сил; $\Phi = D : \Pi \equiv \Sigma (D_i \cdot \Pi_i)$ - бискалярное произведение тензоров, характеризующее диссипацию, то есть рассеянную мощность внешних сил.

Это же уравнение можно получить из закона сохранения энергии, когда изменение суммы энергии при движении тела и внутренней энергии равно сумме мощностей внешних сил и потока тепла. Причем в соответствии с первым началом термодинамики изменение внутренней энергии U тела равно сумме мощностей внутренних сил W^i и потока тепла Q^e :

$$\frac{dU}{d\tau} = W^i + Q^e.$$

В свою очередь мощность внутренних сил состоит из обратимой W_0^i и необратимой $W^i = \int \sigma d\tau$, где σ - статистическая энтропия.

Опуская дальнейшие выкладки, приведенные в [2], представим окончательное уравнение для изменения кинетической энергии E_K , совпадающее в точности с написанным выше. И далее, используя соотношения для механической энергии движения E , полу-

чим уравнение энергии относительного движения:

$$\frac{d}{d\tau} (E - E_K) = \int (\Phi - \sigma) d\tau.$$

Принимая гипотезу Стокса псевдоотверждения жидкой точки, то есть, пренебрегая энергией движения частиц среды в этой "материальной точке" относительно центра масс, получим равенство $E = E_K$ и тогда $\sigma = \Phi$. То есть последнее выражение утверждает, что необратимая мощность внутренних сил σ , которая в естественном процессе должна быть неотрицательной, равна диссипации Φ , то есть рассеянной мощности внешних сил, которая всегда неотрицательна.

Курьез данного вывода заключается в том, что делается утверждение (анализ уравнения Неймана [4]) о совместимости любого динамически возможного течения, совместимым с требованиями термодинамики. То есть делается сомнительный вывод о том, что необратимая мощность в естественном процессе остается всегда неотрицательной.

Введение Князевым понятия динамического тензора дало возможность с помощью полевых переменных объяснить разницу между σ и Φ . Записывая уравнение импульсов через тензор Князева, получаем интегральное уравнение движения:

$$\oint \left(\frac{d}{d\tau} K + T - \Pi \right) \vec{n} dS = 0.$$

Здесь второй член в скобках $T = \vec{V} \text{div} \vec{V}$ является диадой [5]. Умножая каждый элемент $\vec{n} dS$ скалярно на вектор скорости \vec{V} , очевидно получим, что в общем случае равенство нулю интегрального соотношения будет нарушено ($\neq 0$). И тогда, сравнивая его с уравнением энергии для несжимаемой жидкости:

$$\frac{d}{d\tau} E = \int \vec{V} \cdot \Pi \cdot \vec{n} dS - \int \sigma d\tau,$$

получим:

$$\int \vec{V} \cdot \left(\frac{d}{d\tau} K + T - \Pi \right) \vec{n} dS = - \int \sigma d\tau.$$

В случае сжимаемой жидкости обратимая мощность W_0^i будет связана с изменением параметров состояния термодинамической системы. Эта ситуация требует специального анализа.

В последнем уравнении левая сумма в скобках под интегралом характеризует изменение энергии среды в объеме, а интеграл произведения с тензором напряжений мощность внешних сил. Причем последний интеграл разлагается на диаду и диссипацию $\Phi = D : \Pi$:

$$\oint \vec{V} \cdot \Pi \cdot \vec{n} dS = \int (\vec{V} \text{div} \Pi + \Phi) d\tau.$$

Для стоковского режима, когда остается только симметричная часть тензора $\text{grad} \vec{V}$, то есть тензор деформаций, диссипация равна $\Phi = 2\mu \cdot (D : D)$. Но! Если тензор $\text{grad} \vec{V}$ содержит несимметричную часть, тогда $\Phi = \text{grad} \vec{V} : \Pi$. И тогда локальное уравнение движения относительно точки центра масс в жидком или газообразном элементе может в соответствии с [2] быть представлено в виде:

$$\text{grad} \vec{V} : \frac{d}{d\tau} K + D : T = \Phi - \sigma.$$

Из последнего уравнения следует нетождественность необратимой мощности внутренних сил и диссипации. В естественном процессе согласно второму началу термодинамики, необратимая мощность внутренних сил должна быть неотрицательной величиной (положительное производство энтропии), в то время как диссипация всегда неотрицательна. Из этого следует, что темп изменения энергии относительно движения "жидкой" точки не может превышать диссипации. Иными словами, не всякое динамически возможное течение оказывается совместимым с требованиями термодинамики.

Для стационарного неустановившегося потока уравнение энергии относительно движения будет иметь вид:

$$D : T = \Phi - \sigma.$$

Из него следует, что динамически возможное движение совместимо с требованиями термодинамики, если

$$\Phi - D : T > 0$$

Это - центральный результат применения динамического тен-

зора Князева.

Итак, формулировка гидродинамики на базе аксиоматики Князева приводит в системе уравнений естественных течений:

1. Уравнение неразрывности;
2. Уравнение движения;
3. Реологическое соотношение $\Pi = -P \cdot I + 2\mu D$;
4. Уравнение энергии относительно движения жидкой точки
 $D : T = \Phi - \sigma$.

Дополнительно необходимо сформулировать краевые условия с учетом особенностей решения задач.

Уравнение энергии и теорема Крокко для вязкого сжимаемого газа

Представление уравнений в задачах газовой динамики в виде тензорных соотношений весьма удобно при численных реализациях. Главное - правильно провести индексацию строк и столбцов. Но часто для анализа нагляднее записывать уравнение в векторном виде. Так, уравнение Навье-Стокса можно записать в виде:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \text{grad} \frac{\vec{V}^2}{2} + \frac{1}{\rho} \text{grad} p - \frac{4}{3} \nu \text{grad} \text{div} \vec{V} + [\text{rot} \vec{V} \cdot \vec{V}] + \nu \text{rot} \text{rot} \vec{V} = 0.$$

Третий член этого уравнения с учетом первого и второго начал термодинамики для обратимых процессов (замкнутая термодинамическая система) можно выразить через энтропию S . Причем необходимо иметь ввиду, что $S = K_B \cdot \sigma$, где K_B - константа Больцмана.

$$\frac{1}{\rho} \text{grad} p = \text{grad} h - T \text{grad} S = \text{grad} h - \text{grad} Q.$$

Здесь h и Q - статическая энтальпия и тепло.

Тогда теорема Крокко может быть записана с учетом вязкости и сжимаемости:

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial \tau} + \text{grad} \left(h_0 - Q - \frac{4}{3} \nu \text{div} \vec{V} \right) + [\text{rot} \vec{V} \cdot \vec{V}] + \nu \text{rot} \text{rot} \vec{V} = 0.$$

Эта теорема устанавливает связь энтропии с параметрами вращения и кручения потока. Она учитывает сжимаемость и вязкость. Если на это уравнение воздействовать векторным оператором дивергенция, то можно получить соотношение для энергии:

$$\Delta \left(h_0 - \int T dS - \frac{4}{3} \frac{\nu}{\rho \alpha^2} \frac{dp}{d\tau} \right) + \vec{V} \cdot \text{rot} \text{rot} \vec{V} - \text{rot} \vec{V} \cdot \text{rot} \vec{V} = 0.$$

Для стационарных ламинарных течений уравнение энергии вдоль линий тока может быть записано в виде:

$$h_0 - \int T dS - \frac{4}{3} \frac{\nu \vec{V}}{\rho \alpha^2} \text{grad} p = 0.$$

Это уравнение справедливо при расчетах сверхзвуковых течений. Если для этого случая считать, что полная энтальпия вдоль



Турбулентность под вертолетом

линий тока не изменяется, тогда можно утверждать, что изменение энтропии будет определяться только сжимаемостью и вязкими эффектами.

Одновременно следует отметить, что в сверхзвуковом потоке выполняется теорема о соотношении элементарных движений.

Для незамкнутой термодинамической системы прирост энтропии будет состоять из вклада, поступающего из окружающей среды, и вклада, возникающего в самой системе. Тогда уравнение производства энтропии может быть записано в виде:

$$\frac{\partial(\rho S)}{\partial \tau} = - \text{div}(\rho \vec{V} S - q_S) + \omega_S, \quad \omega_S > 0.$$

Здесь первый член в скобках под дивергенцией учитывает перенос энтропии с газом через границу объема, второй - другие возможные виды переноса. Параметр ω_S характеризует "рождение" энтропии внутри объема. Уравнение можно переписать также через полную производную:

$$\frac{d(\rho S)}{d\tau} = - \text{div} q_S + \omega_S.$$

Проделанный анализ уравнения энергии говорит о сложности процессов, происходящих внутри объема подвижной среды в условиях реальных событий.

Изучение данного процесса еще до конца не завершено, и, по-видимому, помимо использования только фундаментальных законов физики для полного замыкания системы уравнения движения гидродинамики сплошной среды необходимо привлечение дополнительных гипотез.

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальное граничное условие сопровождения и новая постановка краевой задачи вязкой газовой динамики // Двигатель № 5, 2015 г.
2. В.А. Князев. Гидромеханика без гипотезы псевдоотверждения жидкой точки, изд. LAP LAMBERT Academic Publishing, Германия, 2014 г.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальные тензоры газовой динамики // Двигатель № 1, 2015 г.
4. Дж. Серрин. Математические основы классической механики жидкости. М. изд. Иностранной литературы, 1963 г.
5. Н.Е. Кочин. Векторное исчисление и начало тензорного исчисления. М. изд. Академии наук СССР, 1951 г.

Связь с автором: swgeorgiy@gmail.com



Турбулентность в атмосфере



Турбулентность во льдах

реклама

ЕДИНСТВО ВО МНОЖЕСТВЕ



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



**Объединенная
двигателестроительная
корпорация**

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

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

(Продолжение. Начало в 4, 5 - 2015)

КАК ВО ГОРОДЕ БЫЛО ВО КАЗАНИ

А теперь самое время вернуться в осень 1939 года, когда Глушко начал работать в спецтюрьме при Тушинском авиазаводе № 82. После полутора лет, проведённых Глушко в тюремных камерах, условия содержания в спецтюрьме оказались существенно лучше, чем можно было бы ожидать для осуждённого "врага народа". Заключённые содержались на территории завода в отдельном одноэтажном корпусе, где находились их рабочие места, столовая и спальные комнаты. У каждого имелась отдельная кровать с еженедельной сменной белья, имелась возможность регулярно пользоваться душевой кабиной. К этому следует добавить трёхразовое питание на уровне хорошей заводской столовой, рабочий день продолжался с 9 до 20 часов с перерывом на обед. После ужина в свободное время читали книги, свежие газеты, играли в шахматы, домино, на бильярде. В отдельных помещениях корпуса работали вольнонаёмные техники и копировщицы, контактировать с ними можно было только при необходимости по вопросам выполняемой работы и в присутствии охранника.

Одновременно с Глушко в тушинской спецтюрьме находились известные в области авиационного моторостроения специалисты: А.Д. Чаромский разрабатывал авиационный дизельный мотор, А.М. Добротворский - многоцилиндровый двигатель внутреннего сгорания, Б.С. Стечкин - проектировал турбоагрегат для работы авиамоторов на больших высотах. Каждый из упомянутых специалистов возглавлял небольшую группу инженеров, которые разрабатывали технические проекты по указанным темам. Рядом с ними работали бывшие главные конструкторы авиамоторных заводов М.А. Колосов и А.С. Назаров.

Работу для себя Глушко предложил сам. Зная о возможности у заключённого в спецтюрьме досрочно получить освобождение после успешного выполнения порученного ему проекта, Глушко взялся за разработку мощного газогенератора, получившего обозначение ГГ-3, предназначавшегося для привода двигателя быстроходной глассирующей морской торпеды. Подобный проект применения газогенератора ГГ-1 уже имелся в практике работ

Глушко в 1936 г. Обладая методикой для выполнения термодинамического расчёта, навыками конструирования и учитывая относительно небольшой объём расчётов и чертежей, Глушко решил заниматься реализацией собственного предложения индивидуально, что, по его мнению, должно было способствовать повышению его значимости и авторитету у руководства 4-го Спецотдела НКВД.

В течение последних месяцев 1939 г. и первого квартала 1940 г. Глушко разработал конструкцию двухкамерного газогенератора, выпустил комплект чертежей и необходимые расчёты, а также описание конструкции газогенератора. Вся текстовая часть проекта была объединена под общим названием "Краткий расчёт и описание газогенераторной установки для морской торпеды" общим объёмом около 170 листов. Но проект торпеды к реализации принят не был. Так что Глушко ошибся в выборе своего первого предложения: газогенератор был составной частью вновь разрабатываемого технического объекта и конечная оценка разработки газогенератора определялась востребованностью всего комплекса, т.е. новой торпеды, а её проект оказался не актуальным.

Итоги первой самостоятельной работы в заключении огорчили Глушко, но рук он не опустил. Это был для него первый жизненный урок работы в условиях тюремного КБ, первое постижение науки выживания. А в науке отрицательный результат - тоже результат. Глушко уяснил, что выбор предлагаемого технического проекта не может быть основан только на собственных возможностях, на располагаемом опыте разработки новой техники. Нужно предложить проект, который был бы интересен государственным структурам и в первую очередь для вооружения Красной Армии. Само место для приложения творческих сил - авиационный завод - подсказывало возможное решение. Как только выяснилась бесперспективность дальнейших работ с газогенератором ГГ-3, Глушко начинает вести предварительные проработки по созданию нового ЖРД. Он понимает, что сам по себе новый ЖРД не нужен, нужна его работа в составе летательного аппарата, лучше всего в дополнение к силовой установке винтомоторного самолёта. И Глушко предложил разработать ракетный ускоритель без существенного изменения конструкции самолёта, понимая, что это наиболее быстрый и надёжный путь по срокам окончания работ, а это, безусловно, является главным критерием для заключённого специалиста, жаждущего скорейшего освобождения. Этот вариант был наиболее привлекательным, т.к. зависел только от сроков разработки ЖРД, который предполагалось устанавливать на серийно изготавливаемый самолёт.

Идея предложения Глушко корреспондировалась с интересами военной авиации: после опыта боёв в небе Испании перед авиаконструкторами была поставлена задача получения нового качества боевых самолётов. Знал Глушко ещё по работе в НИИ-3 и о совместном заключении кафедры тактики и кафедры огневой подготовки ВВА им. Н.Е. Жуковского: "Самолёты с ракетными двигателями дают вполне реальные основания предполагать, что в них могут быть осуществлены лётно-технические данные, дающие резкое

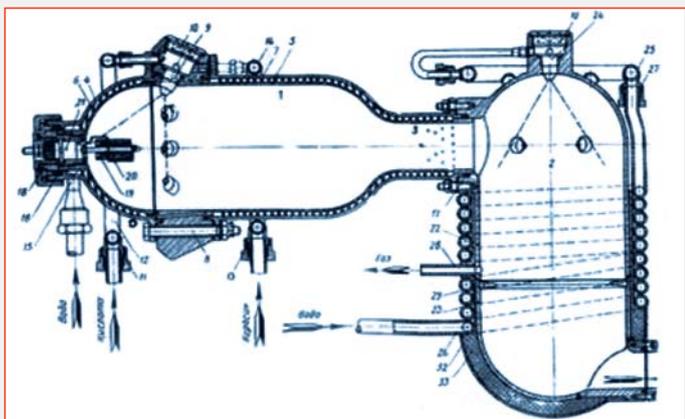


Чертёж газогенератора ГГ-3

превосходство над самой совершенной техникой противника".

Своё видение использования в авиации ракетных двигателей в качестве ускорителя полёта Глушко оформил в виде "Технических предложений" для представления в ВВС на техническую экспертизу. Обосновывая целесообразность установки ракетного ускорителя, в "Технических предложениях" указывалось: "Если обычный боевой самолёт снабдить дополнительной ракетной установкой, способной существенно увеличить скорость его движения в решающие моменты боя, то такой самолёт обретёт тактическое преимущество, поскольку он может настигнуть уходящего противника или с меньшим риском уходить из боя. Естественно, что по условиям задачи необходимое время работы ракетного двигателя может быть очень небольшим и измеряться несколькими минутами.

С целью выяснения степени целесообразности установки на самолёт ракетного двигателя с указанным целевым назначением выполнен ориентировочный расчёт для конкретного случая. За основу взят ракетный двигатель на жидком топливе (конструкция автора) ОРМ-65, прошедший стендовые испытания и принятый специальной комиссией".

В завершающей части "Технических предложений" Глушко указал: "Использование ракетного двигателя в качестве вспомогательной установки на самолёте является лишь первым этапом использования этого класса двигателей в авиации. Накопив опыт эксплуатации ракетного двигателя на самолёте, можно будет поставить вопрос о проектировании чисто ракетного самолёта типа скоростного истребителя, рассчитанного на большие скорости и большую высотность, ибо в этом случае применение ракетного двигателя окажется наиболее эффективным".

Разработанные Глушко "Технические предложения", получившие наименование "Ракетная установка как средство сообщения самолёту добавочной скорости в полёте", руководство 4-го Спецотдела НКВД направило на экспертизу в Технический комитет ВВС, который дал положительную оценку представленным материалам, хотя в них отсутствовали подробные технические характеристики, а, в основном, декларировалась техническая целесообразность выполнения предполагаемого проекта. Условностям технических предложений, как правило, соответствовали и технические отзывы на них. И в нашем случае, положительный отзыв Техкомитета ВВС вовсе не означал, что на предложенный проект немедленно последует техническое задание на разработку. Научно-промышленные предприятия, организованные НКВД, были внесистемными образованиями в структуре государства. Осуждённые крупные специалисты научно-технических отраслей страны сами предлагали к разработке свои проекты, которые получали одобрение у руководства НКВД. Представители государственных структур, преимущественно оборонного направления, давали технический отзыв на поступающие из 4-го Спецотдела НКВД технические проекты. Чаще всего это были положительные отзывы, т.к., во-первых, это не обязывало дающего отзыв непосредственно заниматься разработкой проекта, а, во-вторых, пересматривать позицию руководства НКВД, которое уже приняло решение работать над таким проектом, было рискованно, т.к. можно было самим оказаться "вредителем", отвергающим разработку "нового и нужного" (по мнению спецов из НКВД) вооружения для укрепления мощи Красной Армии. Такая система разработки новой техники имела и положительную сторону, т.к. безусловно ускоряла технический прогресс в случае работ над действительно стоящей технической новинкой. В те годы у НКВД всегда были средства и квалифицированные люди для работ над любым проектом. Конечно, это была антигуманная, варварски нарушающая права человека система. Но так это было. Всё имеет две стороны оценки.

Изложенная в "Технических предложениях" идея применения ЖРД в авиации стала технической программой для работы Глушко во все годы его работы в заключении.

По совету находящихся в тушинской спецтюрьме конструкторов из ОКБ Роберта Бартини для установки ЖРД были выбраны самолёты, разработанные в этом ОКБ. Сам Р. Бартини тоже находился в заключении, но только в другом городе.

Расчёты показали, что установка ЖРД на ближний истребитель "С-100" увеличивает его скорость при включении ускорителя на 150 км/ч, а на бомбардировщик дальнего действия ДБ-240 (военная модификация пассажирского самолёта "Сталь-7") - на 65...70 км/ч. Для проведения этой работы по заявке Глушко из НИИ-3 были доставлены чертежи ОРМ-65 и ряд технических расчётов. Работал Глушко вместе с несколькими заключёнными, но ни один из них до этого никакого понятия о ЖРД не имел. Но не только это помешало развернуть работу в Тушино. Осенью 1940 г. Глушко перевели в другую спецтюрьму, расположенную при казанском моторостроительном заводе №27. О подробностях этого перевода существует, в моём понимании, легенда, хотя в мемуарной литературе этот сюжет приводится как фактическое событие. Собственно, отличий в существе дела нет, перевод Глушко состоялся, но для истории представляет интерес и сопровождающие событие подробности.



ДБ-240

В соответствии с легендой, после года работы в спецтюрьме при заводе № 82, по вызову начальства 4-го Спецотдела НКВД Глушко доставили на Лубянку. На этот раз посещение этого зловещего места было обставлено на уровне приёма уважаемого гостя. Хозяин кабинета любезно предложил занять одно из мягких кресел, угостил папиросами "Казбек" и предложил на выбор продолжить работу в одном из отделений Техбюро 4-го Спецотдела НКВД, расположенных в Москве, Ленинграде или Казани, где недавно ввели в строй авиадвигательный завод № 27. Последнее обстоятельство показалось Глушко привлекательным, т.к., по его мнению, на новом заводе будет легче встроиться в текущее производство его новую тематику. Хозяин кабинета почему-то выбор Казани обрадовал, он похлопал Глушко по плечу и пожелал ему успехов в работе на новом месте. Так Глушко попал в казанскую спецтюрьму при заводе № 27.

Почему я считаю этот сюжет легендой? Во-первых, сомневаюсь в вызове Глушко на Лубянку для предоставления ему выбора города для дальнейшего пребывания в спецтюрьме. К этому времени Глушко ещё ничего не сделал привлекательного для 4-го Спецотдела НКВД, чтобы его выделяли из общей массы заключённых. Фактически он предложил продолжить свою работу, которая в процессе следствия была оценена в качестве "вредительской". А, во-вторых, в казанскую спецтюрьму вслед за Глушко в течение 2-х - 3-х месяцев были переведены А.Д. Чаромский и А.М. Добротворский вместе с работавшими с ними конструкторами, а также тесно сотрудничавший в Тушино с Глушко доктор технических наук, профессор Г.С. Жирицкий. Несколько позднее в Казань был переведен со своей "командой" и Б.С. Стечкин. Вряд ли им всем предлагался выбор места последующего заключения, и они единодушно выбрали Казань. Видимо, спецтюрьму при заводе № 82 решили передислоцировать в Казань на завод № 27. А причина такого решения - завод № 82 был маломощным, занимался ремонтом и изготовлением небольших самолётов, для развёртывания изготовления новой продукции был малопригоден. А новый завод № 27 нуждался в использовании опыта, квалификации и знаний осуждённых, находящихся в спецтюрьме в Тушино. Ведь значительная часть заключённых, находящихся в казанской спецтюрьме, работала в цехах и лабораториях завода мастерами, технологами, металлургами, химиками и на других инженерно-технических должностях по основной тематике завода - изготовлению авиационных моторов М-105. Прибытие новых специалистов укрепляло бы техническую помощь производству, нашлось бы место и для ведения работ по тематике 4-го Спецотдела НКВД.

Новая для Глушко спецтюрьма при казанском авиамоторном заводе № 27 располагалась в арендуемом НКВД боковом крыле 4-этажного здания заводоуправления самолётостроительного завода, расположенного рядом с заводом № 27. На первом этаже располагалась охрана и служебные помещения служащих НКВД. Второй и частично третий этажи использовались в качестве производственных помещений спецтюрьмы. Остальные помещения третьего этажа и весь четвёртый этаж были предназначены для содержания заключённых. Здесь были расположены столовая, спальни и бытовые комнаты. На втором этаже находились кабинеты технического руководителя спецтюрьмы, в то время имеющего звание капитана госбезопасности с дипломом инженера-металлурга В.А. Бекетова и его заместителя старшего лейтенанта госбезопасности Д.Г. Кобеляцкого, ведавшего административно-хозяйственными делами. На окнах имелся традиционный атрибут всех тюрем - железные решётки.



Заводоуправление Казанского авиазавода № 22

После перевода заключённых из Тушино с их тематическими работами казанская спецтюрьма получила статус Особого конструкторского бюро (ОКБ) 4-го Спецотдела НКВД. Положение заключённых в системе "ОКБ 4-го Спецотдела НКВД - завод № 27 НКАП" имело организационно-административную двойственность. Административно-правовые вопросы были в компетенции начальства ОКБ. Оно отвечало за все бытовые вопросы: обеспечение помещениями для "жилья" и работы, питанием, а также канцелярско-чертёжным оборудованием и организацией "свободного" времяпрепровождения - прослушивание радио, чтение книг и газет, игры в шахматы и домино. Охрану заключённых обеспечивало территориальное управление НКВД ТАССР. По производственно-технической деятельности заключённые подчинялись руководству завода, в заводской организационной структуре контингент заключённых фигурировал как отдел № 28. Разрабатываемые в ОКБ технические проекты входили в план опытно-конструкторских работ завода. Заключённые инженеры, не занятые работами по выполнению проектов, утверждённых 4-м Спецотделом НКВД, работали в цехах, в технических отделах и лабораториях завода. В основном они исполняли работу среднего инженерно-технического звена. Установленная в соответствии со штатным расписанием для этих должностей зарплата за вычетом суммы, определённой на содержание заключённого в спецтюрьме, переводилась на их личные счета в казанском госбанке.

После прибытия Глушко в казанскую спецтюрьму, её руководитель Бекетов по распоряжению, поступившему из 4-го Спецотдела НКВД, организовал из заключённых инженеров отдельную группу под руководством Глушко для работ над двигателем ракетной установки (РУ) - ускорителя полёта. Поскольку кроме положительного заключения на "Техническое предложение" от ВВС никакого техзадания не последовало, Глушко вынужден был приступить к разработке проекта на основе собственных представлений о предъявляемых требованиях к самолётным РУ. Напомним, что в основе РУ предлагалось использовать ранее разработанный Глушко двигатель ОРМ-65. Однако дополнительные расчёты показали, что в этом случае сохранить камеру двигателя ОРМ-65 с тягой 175 кгс невозможно, для реальных самолётов нужна большая тяга, чем для ракетоплана РП-318. И он решил увеличить тягу до 300 кгс, основываясь на имеющемся у него положительном опыте разработки ОРМ-52 на такую же тягу. На большее увеличение тяги в условиях работы в тюрьме Глушко, видимо, не решился. Выбор сделан по принципу "синица в рукавице".

Учитывая малочисленность группы конструкторов и отсутствие у них какого-либо опыта разработки ЖРД, Глушко посчитал полезным начать работы по собственному техзаданию, при выполнении которого его подопечные получают конкретные знания и навыки разработки новой для них техники. Одновременно он обращается к руководству 4-го Спецотдела НКВД с просьбой направить в казанскую спецтюрьму Клеймёнова, Лангемака и Королёва. Он резонно посчитал, что такие специалисты после осуждения должны были находиться в системе 4-го Спецотдела. Опережая события, укажем, что только после повторного запроса в 1942 г. он получил ответ, что Клеймёнова и Лангемака нет в живых, а Королёва разыскивают. А пока приходилось работать с тем контингентом, который был выделен Бекетовым. Существенную помощь группа Глушко получила в феврале 1941 г. после перевода в казанскую спецтюрьму из колымского ИТЛ заключённого Д.Д. Севрука. Так в разработке чертежей и проведении расчётов прошла первая половина 1941 года. И настал день, который разделит жизнь каждого человека в СССР, независимо, был ли он на свободе или в тюрьме, на "до" и "после". 22 июня 1941 г. началась Великая Отечественная война с фашистской Германией.



Д.Д. Севрук

Грозное дыхание войны вскоре достигло тыловой Казани. Лавина немецкой армии неожиданно быстро продвигалась на восток, захватывая территории, на которых находились заводы, производящие военную технику. В этих условиях Государственный Комитет Обороны (ГКО) 26 июля 1941 г. принимает решение об эвакуации научных и промышленных предприятий из западных и центральных областей вглубь страны. Казань стала одним из крупнейших тыловых центров, принявших эвакуированные предприятия. Население города за несколько недель увеличилось более чем на 100 тысяч человек и достигло численности 515 тысяч. Так в октябре 1941 г. на территорию завода № 27 прибыли первые эшелоны с оборудованием воронежского авиамоторного завода № 16 во главе с его директором М.М. Лукиным. Строительство новых цехов велось по общепринятой в то время технологии: на пустыре закладывались фундаменты, на них устанавливались станки, к станкам подводились закреплённые на шестах силовые электрокабели и начиналось изготовление продукции. Строительные работы велись весь световой день при любой погоде силами работников эвакуированных заводов и мобилизованных жителей города. Стены и крыша возводились во вторую очередь.

Объединённый завод получил наименование "Завод № 16 НКАП", директором завода назначили М.М. Лукина. С этого времени казанская спецтюрьма получила официальное наименование "ОКБ 4-го Спецотдела НКВД СССР при заводе № 16 НКАП", а Бекетов стал начальником этого ОКБ. В нашем повествовании это учреждение будем именовать "ОКБ-16".

В ноябре 1941 г. на территорию рядом расположенного самолётостроительного завода был эвакуирован московский завод № 22 с его конструкторским бюро во главе с В.М. Петляковым. Объединённый завод получил наименование "Завод № 22 НКАП" и начал освоение выпуска фронтальных пикирующих бомбардировщиков Пе-2. Директором завода № 22 стал видный организатор авиапромышленности В.А. Окулов.

Эвакуация авиазаводов в Казань, беспрецедентные темпы и метод их становления для выпуска продукции для фронта захватили и заключённых в ОКБ-16. Казалось бы, незаслуженно лишённые свободы, обиженные и униженные властью, в этих условиях могли бы если не саботировать, что было небезопасно, но уж не проявлять повышенную активность и старательность в работе. Но в спецтюрьмах в большинстве своём была собрана трудовая интеллигенция, составляющая цвет отечественной науки и техники,

для которой патриотизм не был пропагандистским лозунгом, а составлял основу мировоззрения.

Война наложила свой отпечаток и на темпы работы группы Глушко. Работа велась напряжённо, без выходных и отвлечения на посторонние разговоры, но и без вечерних переработок. Последнему обстоятельству способствовало строгое соблюдение режима работы основного контингента ОКБ. Шутливое выражение "война - войною, а обед по расписанию" весьма точно характеризовало режим рабочего дня заключённых. Их кормили три раза в день, на качество пищи они не жаловались, в девять часов вечера, после окончания рабочего дня, они поднимались на четвёртый этаж и там проводили "свободное" время. В военные годы их бытовые условия по сравнению с вольнонаёмными были существенно лучше. Но не всё определяется только бытом. Большинство осуждённых из состава ОКБ-16 находились в заключении уже более трёх лет. И все эти годы они испытывали ограничения личной свободы, были лишены элементарных человеческих прав: общения с родными и близкими людьми, свободы передвижения и тайны переписки, возможности получать и доставлять маленькие человеческие радости... Полная зависимость и подконтрольность органам НКВД угнетающе сказывалось на их моральном состоянии и главным фактором угнетения являлась угроза быть переведённым в ГУЛАГ, об условиях жизни и работы в котором все были хорошо осведомлены, а некоторые испытали это сами. Но чтобы это не случилось, не нужно самому подавать каких-либо поводов. А для этого надо трудиться, работать аккуратно, без явных ошибок. Это было как раз в духе характера Глушко. К такому режиму жизни он приучил себя с детства. Сейчас он занимается своим любимым делом. Если бы только не эти решётки на окнах, да выход из здания в сопровождении охраны... Остаётся только призвать на помощь старый философский афоризм: *"Свобода - это состояние души"*. Если забыть в работе, неуклонно идти к намеченной цели, не позволять себе морально и физически опуститься, то и время идёт быстрее, работа веселее. Подлинное удовлетворение от выполняемой работы приходит тогда, когда она является не только частью жизни, а её целью, смыслом существования. Воспитанная с детства аккуратность в тюрьме получила дополнительный импульс: каждый день бриться, регулярно гладить костюм, следить за порядком на рабочем столе, не обращать внимания на бытовые неудобства - и жизнь уже не будет казаться такой потерянной. Таким запомнился Глушко людям, работавшим рядом с ним в те годы и поделившимися своими воспоминаниями о встречах с ним.

К осени 1941 г. была разработана принципиальная схема двигателя, конструкция камеры, система зажигания топлива, проведены термодинамический и тепловой расчёты. Но по-прежнему не было главного - технического задания от ВВС с требованиями по энергетическим и эксплуатационным характеристикам. А без этого проведение дальнейших работ теряло практическое значение. Однако, как бы предвидя возможность такого положения, Глушко при выпуске в Тушино "Технических предложений" предусмотрительно указал: *"В случае положительного заключения авиационных тактиков и самолётных конструкторов, после уточнения с ними потребной тяги двигателя и времени его работы, можно будет приступить к разработке ракетной установки для конкретного самолёта"*. В той обстановке, которая сложилась в стране в первые месяцы войны, заключённым в Казани до *"авиационных тактиков"* было далеко, а вот *"самолётные конструкторы"* были рядом, на заводе № 22.

При содействии начальника ОКБ-16 Бекетова Глушко получил консультацию у конструкторов самолётного КБ при заводе № 22. Профессиональные самолётчики убедительно показали, что заложенная в первоначальном проекте тяга двигателя в 300 кгс является явно недостаточной для автономного самолётного двигателя. Кроме того, различные режимы полёта: взлёт, посадка, крейсерский полёт, барражирование, режим атаки и т.д. - требуют различной тяги, диапазон которой может меняться в течение одного вылета в 5...10 раз. И в дополнение к этому: лётно-

технические характеристики выбранного для установки РУ самолёта также могут оказывать заметное влияние на требования, предъявляемые к двигателю-ускорителю.

Взвесив все обстоятельства, Глушко и его сотрудники пришли к выводу, что при отсутствии технического задания и неопределённости типа самолёта конструкция двигателя должна быть универсальной, пригодной для установки на любой тип самолёта. И в то же время не следует уходить от уже наработанных конструкций.

Так родилась идея создания 4-камерного автономного самолётного двигателя с турбонасосной подачей топлива. По новому проекту реактивный двигатель РД-1 (такое наименование двигателю дали его авторы) имел четыре унифицированных автономно работающих камеры, питающиеся от одного турбонасосного агрегата. Турбина приводится в действие продуктами сгорания основного топлива, отбираемого из одной из камер. Горячий газ разбавляется для снижения температуры водой. Двигатель имеет топливные клапаны, агрегаты пуска и органы управления режимами работы. Управление работой двигателя ведётся из кабины пилота переключением сектора газа, включение двигателя - от одной кнопки.

Четыре автономно работающих камеры, каждая из которых работает в диапазоне изменения тяги от 100 кгс до 300 кгс, дают возможность двигателю РД-1 работать в широком диапазоне изменения тяги. На форсированном режиме, когда работают все камеры, тяга двигателя составляет 1200 кгс, номинальная тяга - 1000 кгс, минимальный режим тяги - 100 кгс - обеспечивается постоянной работой одной камеры, из которой производится отбор газа для привода турбины.

Поскольку двигатель РД-1 по замыслу авторов предназначался для установки на один из серийно выпускаемых самолётов, компоновка двигателя разрабатывалась по блочному типу, позволяющему размещение агрегатов двигателя в существующей конструкции самолёта без значительных её изменений, в том числе и центровки самолёта. Это в первую очередь обеспечивалось автономностью камер, которые имели связь с другими агрегатами только посредством трубопроводов питания и электрических кабелей управления, поэтому камеры могли быть установлены на любом месте самолёта в зависимости от его конструкции.

Использование конструкторского задела из предыдущего проекта позволило достаточно быстро разработать общий облик двигателя и оперативно составить техническое описание конструкции двигателя, предназначенного для высотного истребителя. Представленные в 4-й Спецотдел НКВД проектные материалы были одобрены, начальник ОКБ-16 получил указание приступить к проектированию двигателя РД-1. Для осуществления технического руководства работами по двигателю РД-1 и для повышения ответственности за выполнение этих работ Глушко в конце 1941 г. приказом 4-го Спецотдела НКВД, согласованным с НКПА, был назначен главным конструктором двигателя РД-1 в ОКБ-16.

Ранее, в 1936 г. Глушко во время работы в НИИ-3 уже имел это высокое звание - главный конструктор института по ЖРД, затем, с марта 1938 г., был вынужденный перерыв. И вот вновь, в тюрьме (!) он получил это звание, которое будет достойно нести до конца своих дней (с мая 1974 г. по январь 1989 г. - генеральный конструктор).

В казанском ОКБ-16 было собрано много ярких талантливых личностей. Но и среди них Глушко выделялся своей целеустремлённостью, умением из множества технических результатов выделить основные, определяющие пути дальнейшей работы над создаваемой конструкцией. Конечно, сказывалась его профессиональная подготовка. Хотя некоторые специалисты из его группы имели научные степени и звания: Г.С. Жирицкий - доктор технических наук, профессор, А.И. Гаврилов, К.И. Страхович, В.В. Пазухин - профессора, а другие были высококвалифицированными профессионалами в различных отраслях техники: Д.Д. Севрук, А.С. Назаров, Н.Л. Уманский, В.А. Витка, Н.А. Желтухин, А.М. Бельский, но ни один из них ранее не занимался созданием жидкостных ракетных двигателей. Так что в вопросах разработки реактивного двигателя для самолётов Глушко был признанным лиде-

ром, он сочетал в себе теоретические знания, навык разработки конструкции, владел методикой расчёта процессов в камере сгорания и имел опыт проведения огневых испытаний. На начальном этапе совместной работы Глушко затратил много времени и сил на передачу знаний и опыта своим коллегам в новом для них научно-техническом направлении. Но это не было односторонним обучением. Сотрудничество с высококвалифицированными в различных научно-технических отраслях специалистами обогащало знания самого Глушко и восполняло те пробелы, которые, естественно, имелись в образовании молодого ещё инженера. При этом разносторонние знания специалистов в группе Глушко позволяли повысить уровень конструкторско-технологической разработки ЖРД по сравнению с достижениями второй половины 30-х годов в РНИИ и НИИ-3.

Перевод промышленности на военные рельсы оказал влияние и на условия работы заключённых в спецтюрьмах НКВД. Режим содержания заключённых претерпел существенные изменения. Война задала новые темпы работ, заставила НКВД пересмотреть ранее написанные инструкции и для ускорения работ по проектам, имеющим оборонное значение, в спецтюрьмы были допущены вольнонаёмные инженеры и техники. Численность ОКБ-16 увеличилась, состав стал смешанным. В числе первых новобранцев, влившихся в состав КБ, был И.И. Иванов, вольнонаёмный техник, ставший впоследствии главным конструктором двигательного КБ в составе ОКБ М.К. Янгеля, доктором технических наук, членом-корреспондентом АН УССР, Героем Социалистического труда. Пришедшие вольнонаёмные работники давали подписку, что их общение с заключёнными будет ограничиваться только производственными вопросами, никаких разговоров о политике, о биографических подробностях жизни заключённых вести не разрешалось. Считалось, что заключённые знают только по имени - отчеству, фамилиями интересоваться было запрещено. Фамилии заключённых являлись "собственностью" НКВД. Своей фамилией заключённые могли пользоваться только при обращении в инстанции НКВД, для внутривоздушных надобностей каждому из них был присвоен индивидуальный номер, который "подписывались" чертежи. По воспоминаниям бывших работников ОКБ-16 у Глушко был номер 800. Став главным конструктором в ОКБ-16, Глушко получил факсимильную печатьку "№ 800", которой он и "подписывал" чертежи. Графа в штампе чертежа выглядела так: "Главный конструктор - № 800". Но в административно-распорядительных документах - приказах, распоряжениях по ОКБ-16 - заключённые указывались пофамильно, зачастую даже с инициалами.

В рабочие помещения ОКБ-16 посторонние не допускались, даже работникам ОКБ заходить в помещения подразделений, занимающихся другой тематикой, не разрешалось. Исключение делалось только для Стечкина, которой свободно передвигался внутри ОКБ-16, давал советы, вёл разговоры на отвлечённые темы, рассказывал весёлые истории, чем вносил оживление в монотонную работу конструкторов.

В начале 1942 г. в ОКБ-16 было направлено несколько выпускников МАИ. Студенты-дипломники моторного факультета, проходящие практику на тушинском заводе № 82, были эвакуированы в Казань, на завод № 27. Они участвовали в строительных работах по возведению цехов будущего завода № 16 и в ноябре-декабре 1941 г. без защиты диплома по постановлению СНК СССР им было присвоено звание инженеров-механиков по авиационным моторам с выдачей соответствующих дипломов.

Следующее пополнение произошло за счёт "внутренних резервов". После декабрьского разгрома немецкого наступления под Москвой и стабилизации линии фронта на этом направлении в столицу стали возвращаться некоторые спешно эвакуированные в октябре 1941 г. предприятия. Эта волна захватила и А.Д. Чаромского, которого руководство 4-го Спецотдела НКВД с группой сотрудников в феврале 1942 г. перевело в Москву, а его тема в ОКБ-16 была закрыта. Оставшиеся заключённые и вольнонаёмные, работавшие с Чаромским, были подключены к работам, выполняемых группой Глушко.

Увеличение численности и, главным образом, смешанность состава вызвало необходимость проведения в ОКБ-16 организационно-структурных мероприятий. Были созданы по каждому тематическому проекту конструкторские бюро с закреплённым штатом сотрудников и организационной структурой. Такая организация работ позволяла чётче контролировать выполнение планов, связывать работу заключённых и вольнонаёмных. Так в начале 1942 г. в ОКБ-16 появились КБ-1 (главный конструктор Б.С. Стечкин) и КБ-2 (главный конструктор В.П. Глушко). В организационную основу КБ-2 был положен предметно-функциональный принцип, т.е. разработкой каждого крупного агрегата занималась группа конструкторов, возглавляемая инженером, наиболее опытным и знающим это направление техники.

В структурном отношении КБ-2 выглядело следующим образом.

Главный конструктор КБ - В.П. Глушко.

Начальник КБ - Д.Г. Кобеяцкий.

Заместитель главного конструктора по конструкторским работам - Г.С. Жирицкий.

Заместитель главного конструктора по экспериментальным работам - Д.Д. Севрук.

Начальник группы разработки камер - А.И. Гаврилов.

Начальник группы разработки редукторов и насосов - Н.Л. Уманский.

Начальник группы топливной автоматики - В.А. Витка.

Начальник группы расчётов - К.И. Страхович.

В каждой группе работало 5-6 заключённых и 3-4 вольнонаёмных.

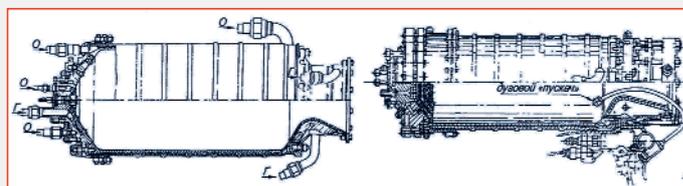
Летом 1942 г. состоялась встреча Глушко с будущим конструктором ракетных двигателей А.М. Исаевым. Напомним, что идея создания самолёта с реактивным двигателем в конце 30-х - начале 40-х годов имела широкое распространение среди авиационных инженеров. В начале 1941 г. два молодых инженера Л.Я. Березняк и А.М. Исаев из авиационного ОКБ В.Ф. Болховитинова в инициативном порядке взялись разрабатывать реактивный истребитель-перехватчик. Этот самолёт получил обозначение БИ - ближний истребитель, но в мемуарной литературе эта аббревиатура чаще всего расшифровывается как "Березняк-Исаев". В качестве двигателя им был предложен находящийся ещё в стадии разработки под руководством Л.С. Душкина в НИИ-3 ЖРД Д1-А-1100 тягой около 1100 кгс, работающий на азотной кислоте и траторном керосине.

После начала войны ОКБ Болховитинова было эвакуировано в посёлок Билимбай Свердловской области, а разработчики двигателя в составе НИИ-3 в это время находились в Свердловске. Кроме территориальной разобщённости продолжению отработки двигателя Д1-А-1100 мешала занятость Душкина разработкой нового двигателя для реактивного самолёта по проекту "302".

В этой обстановке Болховитинов вынужден был назначить Исаева ответственным за доводку двигателя и для оказания ему технической помощи добился разрешения посетить ОКБ-16 в Казани и получить консультацию у Глушко. Встреча Исаева с Глушко стала стартовой площадкой для формирования Исаева в выдающегося двигателя, создавшего собственное направление в



Л.С. Душкин



Чертежи двигателей Л.С. Душкина



БИ-1

отечественном ракетном двигателестроении. Начальный период его становления как разработчика ЖРД прошёл под влиянием знакомства с работами Глушко и поэтому уместно коротко рассказать об их встречах и работах в области реактивной авиации в тот период. В августе 1942 г. Болховитинов и Исаев посетили ОКБ-16. В этой командировке в Казань Исаев не только получил конкретную помощь и ответы на свои вопросы, но и составил более полное представление о тех трудностях, которые ему предстоит преодолеть на пути отработки ЖРД. А самым главным итогом встречи с Глушко было приобретение Исаевым уверенности, что новый двигатель, обладающий "взрывным" характером, можно "укротить" и получить необходимые характеристики.

О первой встрече Глушко и Исаева в мемуарной литературе имеется ряд воспоминаний, которые дают некоторое представление об условиях жизни и работы Глушко в казанской спецтюрьме.

В книге "Ракеты и люди. Фили - Подлипки - Тюратам" (Москва, "Машиностроение", 1996 г.) Б.Е. Черток так вспоминает о посещении Болховитиновым Казани: "Вместе с Исаевым они на несколько дней слетали в Казань и там встретились с Валентином Глушко. Вернувшись, Исаев восторженно рассказал об этой встрече. По его словам, за два дня общения с заключённым Глушко и его сотрудниками они с патроном узнали о ЖРД больше, чем за весь предыдущий период общения с РНИИ."

Живут эти зеки - рассказывал Исаев - лучше нас. Они имеют стелды, лаборатории, производство, о котором мы и мечтать не смеем. Охраняют их так, что откровенного разговора о жизни не получилось. Но зато и кормят их намного лучше, чем нас, свободных. Самое главное - двигатели у них работают куда надёжнее.

Это первое свидание с Глушко в Казани в 1942 г. определило дальнейшую судьбу Исаева. Он до конца дней остался верным принятому тогда решению - созданию надёжных ЖРД".

Сам Исаев в своей книге: "Первые шаги к космическим двигателям" (Москва, "Машиностроение", 1979 г.) писал: "На авиационном заводе, в конструкторском бюро В.П. Глушко с готовностью показал свои стелды, участки производства, конструкции, разъяснил методику термодинамического расчёта и охлаждения, словом всё, что он знал сам, а новым двигателям казалось, что он знает всё. Под руководством этого человека была так хорошо организована работа, что наше прежнее кустарничество не могло идти с ней ни в какое сравнение. Окрылённым вернулся Исаев от Глушко. Почувствовав, что может разобраться в новом деле, он начал действовать смелее".

И ещё одно воспоминание Исаева приводит Б.Е. Черток в книге "Однажды и навсегда" (Москва, "Машиностроение", 1998 г.): "Мы тут мучаемся, изобретаем и делаем открытия, которые для заключённого Глушко давно пройденный этап. В этой тюрьме для создания надёжных ЖРД больше возможностей, чем имеем мы на свободе".

Но не только для Исаева оказалось полезным посещение ОКБ-16, Глушко тоже извлёк из этого визита пользу. В беседе с Болховитиновым он рассказал, что разработка двигателя РД-1 ведётся в инициативном порядке без технического задания и других технических документов от потенциального заказчика - ВВС. Такие документы обычно выдаются на разработку нового авиационного мотора заказывающим управлением ВВС и согласовыва-

ются с исполнителем - ОКБ при авиамоторостроительном заводе. Учитывая, что у разработчиков двигателя РД-1 нет даже представления о форме и содержании исходных технических документов на разработку авиационной техники, Болховитинов составил проект комплекта документов, необходимых для ведения работ по созданию авиационного двигателя: тактико-технические требования (ТТТ), краткое описание двигателя РД-1 (в основном, выполнено Глушко) и объяснительную записку к ТТТ. Эти документы предполагалось направить в ВВС для подписания.

Несколько фрагментов из этих документов приводится ниже:

"Тактико-технические требования на реактивный двигатель РД-1. РД-1 опытный реактивный двигатель на жидком топливе предназначен в качестве основного движителя для истребителя-перехватчика ближнего действия.

Тяга двигателя у земли - 1200 кг (max) и 100 кг (min).

Двигатель состоит из 4-х камер, работающих одновременно на режимах форсажа (разбег, набор вертикальной и горизонтальной скоростей и т.д.).

Двигатель допускает работу на одной камере (режим горизонтального полёта, посадки, рулёжки и т.д.) и развивает тягу 300 кг.

Для уточнения характеристик двигателя РД-1 необходимо провести стендовые испытания однокамерной установки".

"Объяснительная записка к ТТТ на реактивный двигатель РД самолёта-перехватчика.

Самолёт-перехватчик с реактивным двигателем имеет коренное отличие от самолёта-истребителя с винтомоторной группой.

1. Отношение тяги и веса перехватчика близко к 1 вместо 0,3 и менее для истребителя.

2. Большая величина тяги относительно геометрических размеров, определяющих его лобовое сопротивление, позволяет получить большие скорости, ограничиваемые только волновым кризисом.

3. Потолок перехватчика ограничен только запасом топлива.

Эти основные отличия приводят к тому, что перехватчик, сидя на земле и увидя на расстоянии 5000 м противника, затратит на запуск, отрыв, разгон, набор высоты и догон от 80 до 180 сек. Избыток скорости и скороподъёмность позволяет ему занять выгодную для атаки позицию и не разрешит противнику уклониться от него. Кратковременность догона обеспечивает внезапность атаки. Быстрота изготовления к действию разрешает отражать внезапные налёты противника.

Всё это позволяет перехватчику выполнять возлагаемые на него задачи - охрану определённого участка от самолётов противника - в очень короткое время, измеряемое минутами, и избавляет его от необходимости дежурить в воздухе, ожидая противника. Поэтому сравнивать работу перехватчика и истребителя по времени полёта было бы неверным. Правильнее сравнивать их по количеству полётов с полным израсходованием запаса топлива".

Комплект документов был подписан 24 августа 1942 г. начальником Особого КБ завода № 16 Бекетовым, директором и главным конструктором авиазавода № 293 Болховитиновым и направлен в 4-й Спецотдел НКВД СССР и Техническое Управление ВВС.

Поддержка видного авиаконструктора Болховитинова воодушевило Глушко и работников КБ-2. Сентябрь и октябрь 1942 г. прошли в интенсивных работах по изготовлению камеры сгорания и первого ноября состоялась её первое стендовое огневое испытание. С этого дня началось выполнение программы стендовой отработки агрегатов двигателя.

Все работы по двигателю РД-1



В.Ф. Болховитинов

находились в поле зрения военпредов ВВС при заводе № 16, которые регулярно докладывали о состоянии дел в Техническое управление ВВС. На базе этой информации, а также учитывая положительную оценку работ в КБ-2 видным авиаконструктором Болховитиновым, подписавшим тактико-технические требования на разработку двигателя для перехватчика, в НИИ ВВС были подготовлены "Тактико-технические требования на жидкостной реактивный двигатель РД-1 конструкции 4-го Спецотдела НКВД СССР", которые 5 ноября 1942 г. утвердил Главный инженер ВВС Красной Армии генерал-лейтенант ИАС А.К. Репин.

Выдача официальных ТТТ от ВВС являлось признанием разрабатываемого в КБ Глушко проекта самолётного ЖРД, однако самого самолёта для установки двигателя определено не было. Главные конструкторы самолётных ОКБ занимались модернизацией серийно выпускаемых самолётов, усовершенствуя их лётно-тактические характеристики.

Шёл ноябрь 1942 г., немецко-фашистская армия вышла к Волге в районе Сталинграда и обе противоборствующие стороны в ожесточённых боях перемалывали живую силу и боевую технику. Это был второй критический для страны момент после наступления немцев на Москву осенью 1941 г.

В такой обстановке ведущие авиационные КБ с осторожностью относились к новому направлению в авиации. Государственный Комитет Обороны требовал от Наркомата авиационной промышленности обеспечения бесперебойного массового изготовления самолётов для фронта

для завоевания господства в воздухе, руководству Авиапрома было не до внедрения новинок. В качестве подтверждения такой позиции можно привести следующее. 7 марта 1942 г. академик С.А. Чаплыгин обратился к наркому Авиапрома А.И. Шахурину с предложением поставить перед ЦАГИ задачу разработать самолёт с реактивным двигателем. Из НКАП 11 марта 1942 г. последовал ответ, которым ЦАГИ обязывался не распыляться по тематике, а сосредоточить свои усилия на улучшении лётных характеристик серийных самолётов.



А.И. Шахурин

Авиаконструктор А.С. Яковлев в книге "Цель жизни" (Политиздат, 1972 г.) так вспоминает об этом времени: *"На протяжении всей войны мы улучшали качество серийных самолётов, стремясь к тому, чтобы наши лётчики всегда имели превосходство над неприятелем, особенно в области истребительной авиации. Когда же полное господство в воздухе было завоевано, нас, конструкторов, не особенно прижимали по части дальнейшего повышения боевых качеств самолётов."*

Конструкторы не раз говорили о том, что откладывать развёртывание перспективных работ не следует, особенно в области реактивной техники... Однако каждый раз нам отвечали, что главное сейчас - обеспечить выпуск максимального количества боевых самолётов, удовлетворяющих по своим качествам фронт, а "перспектива подождёт".

Неоднозначным было отношение к реактивным самолётам и у командования ВВС. Оно высоко оценивало сильные стороны самолёта с ЖРД, его скороподъёмность, существенное увеличение потолка и скорости полёта, однако непривычно короткое время активного полёта заставляло относиться к перспективе получения на вооружение такого самолёта с осторожностью, его боевое применение требовало разработки новой тактики ведения боя. Кроме того, эксплуатация самолёта с ЖРД требовала создать наземную инфраструктуру заправки новым для авиации топливом, в состав которого входит агрессивная и токсичная азотная кислота.

И всё же выдача ТТТ на двигатель, обещающий создание качественно нового самолёта, стало закономерным шагом ВВС. За-

дача получения новой, более совершенной военной техники всегда стояла перед военно-техническими структурами любой армии, а уж для ведущей напряжённые боевые действия возможность получения оружия, превосходящего имеющегося у противника, является первостепенным делом. В нашем случае ВВС, выдавая ТТТ только на двигатель, исходили из того положения, что наиболее трудоёмкой и длительной работой при создании реактивного самолёта является его двигатель, а планер самолёта можно будет подобрать из находящихся в серийном производстве истребителей или быстро изготовить по специально разработанному проекту. Об этом свидетельствовал опыт создания перехватчика БИ, у которого специально разработанный планер был изготовлен в течение полутора месяцев, а определить сроки окончания отработки двигателя не представляется возможным и по истечению уже более года. Так же сложилась и история разработки перехватчика по проекту "302" под общим руководством Костикова. Для предлагаемого перехватчика было последовательно разработано два планера - вначале под руководством М.К. Тихонравова, а затем М.Р. Бисновата, в то время как разработка двигателя так и не была окончена.



Перехватчик по проекту "302"

Так что до установки двигателя РД-1 в самолёт предстояло пройти сложный путь его наземной отработки. До первого полёта самолёта с реактивной установкой должно пройти ещё долгих два года, два года мучительных поисков и находок, технических удач и горьких разочарований... А первый полёт - это всего лишь первый. Чтобы двигатель стал по-настоящему неотъемлемой частью самолёта, предстояло ещё два долгих года доводки его конструкции до тех кондиций, когда его технические характеристики и безотказная работа будут полностью удовлетворять тактико-техническим требованиям, предъявляемым к двигателям боевых самолётов.

(Продолжение следует.)

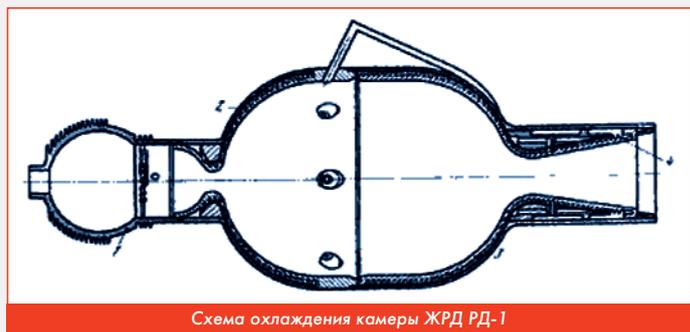
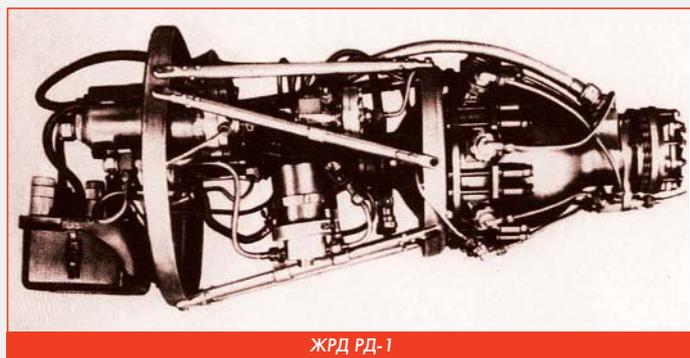


Схема охлаждения камеры ЖРД РД-1



ЖРД РД-1

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

ПУБЛИКАЦИИ 2015 г. ПО ИСТОРИИ АВИАЦИИ

Материал подготовлен библиографической группой Политехнической библиотеки

- "Всё для фронта"... "Салют" в годы Великой Отечественной войны // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 70-74. - Из истории авиаотборного завода.
- "Цеппелины" тяжелее воздуха // Авиация и космонавтика. 2015. № 2. С. 49-54. Бомбардировщики фирмы "Цеппелин".
- Зигуненко С.Н. 100 великих рекордов авиации и космонавтики. М.: Вече, 2015. - 318 с.
- Адамцов А. Ещё раз о знаменитой "Пешке" // М-Хобби. 2015. № 10. С. 29-37. - О самолёте Пе-2.
- Анцелиович Л.Л. Русские крылья Америки. "Громоверзцы" Северского и Картели. М.: Яуза, 2015. - 384 с.
- Арасланов С. "Утки" Рутана // Авиация общего назначения. 2015. № 12. С. 17-30.
- Арсеньев Е. МиГи в годы войны // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 149-181.
- Арсеньев Е. Экспериментальная "Утка" ОКБ-155 // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 138-156.
- Арсеньев Е. Истребитель-перехватчик Як-50 // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2015. № 3. С. 16-22; № 4. С. 24-31.
- Бакурский В. Легендарному "Москито" - 75 лет // Авиация и космонавтика. 2015. № 11. С. 35-40.
- Бакурский В., Фирсов А. Р-40 - солдат без наград // Авиация и космонавтика. 2015. № 5. С. 30-41.
- Баландин Василий Петрович // Крылья Родины. 2015. № 4-5. - Воспоминания о моторостроении в годы Великой Отечественной войны
- Бирюков М. Огненный дождь над "Тиграми" // Техника-молодёжи. 2015. № 1-2. С. 8-9. - О главном конструкторе ЦКБ-22 И.А. Ларионове, разработавшем лёгкую противотанковую авиабомбу кумулятивного действия.
- Битва за скорость и высоту // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 66-69. - Работы ЦИАМ в период Великой Отечественной войны.
- Бомбардировщику В-17 "Летающая крепость" - 80 лет // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2015. № 7. С. 17-20.
- Бурдин Е.А., Прохоров А.В. Авиационный гигант на Волге: становление Ульяновского авиационного промышленного комплекса (1975-1985 гг.) // История науки и техники. 2015. № 1. С. 59-69.
- Быков В. Первые реактивные транспортные самолёты // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 202-219.
- Вайсберг И. Пассажирские и транспортные "Илы" зарождались в военные годы // АвиаСоюз. 2015. № 2. С. 14-16.
- Величко И. Ми-28 против АН-64 "Апач": догоняющий всегда отстаёт? // Наука и техника. 2015. № 9. С. 52-62; № 10. С. 32-35; № 11. С. 28-34. - О российском вертолёте Ми-28 и американском АН-64, 1960-е гг.
- Вениаминов Р. "Рамы" небесные // Авиация и космонавтика. 2015. № 12. С. 50-55. Самолёты с балочным оперением.
- Вениаминов Р. К 50-летию со дня первого полёта серийного вертолёта Ми-8 // Авиация и космонавтика. 2015. № 10. С. 38-42.
- Волобуев В.С., Горбушин А.Р. Первые аэродинамические весы России // Труды ЦАГИ. Вып. 2744. М., 2015.
- Дёмин А. "Летающие тигры". Р-40 в боях // Авиация и космонавтика. 2015. № 7. С. 31-37; № 8. С. 16-23.
- Дмитриев М. Французские корабельные // Техника-молодёжи. 2015. № 3. С. 18-20. - Из истории французских самолётов палубного базирования, с 1913 г.
- Дмитриев М. Морские "Котики" и "Лисы" // Техника-молодёжи. 2015. № 11. С. 52-54. - Самолёты палубной авиации Великобритании 1940-х гг.
- Дмитриев М. Смертоносные "рыбки" // Техника-молодёжи. 2015. № 12. С. 52-54. - Об английских самолётах палубной авиации 1940-х гг.
- Дмитриев М. "Акулы" королевского флота // Техника-молодёжи. 2015. № 5. С. 52-54; № 9. С. 52-54. - Об английских самолётах палубной авиации первой половины XX в.
- Дмитриев М. Крылатые "гладиаторы" Британии // Техника-молодёжи. 2015. № 13. С. 52-54. - Об истребителях 1930-1940-х гг.
- Дмитриев М. От "Гурду-Лезера" до "Луара" // Техника-молодёжи. 2015. № 4. С. 52-54. - О французских поплавковых гидросамолётах 1926-1935 гг.
- Дмитриев М. Первые палубные // Техника-молодёжи. 2015. № 1-2. С. 52-54. - О палубной авиации 1910-1918 гг.
- Дмитриев М. Самолёты "Беарна" // Техника-молодёжи. 2015. № 6. С. 52-54. - О французской палубной авиации 1920-1930-х гг.
- Дмитриев М. Эскадрилья авианосца "Арк Ройал" // Техника-молодёжи. 2015. № 10. С. 52-54. - Английские самолёты палубной авиации 1930-х - начала 1940-х гг.
- Дорошенко Ю. Ту-110 или несбывшиеся надежды // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 220-240.
- Дроздов С. Была такая авиация... [BBC СССР в 1970-1980-е гг.] // Авиация и космонавтика. 2015. № 9. С. 6-11; № 10. С. 6-13; № 11. С. 11-16; № 12. С. 12-17.
- Дроздов С. Основной пассажирский "Антонов" // Авиация и время. 2015. № 3. С. 4-20. Самолет Ан-24.
- Дроздов С.В. Нестареющая "восьмёрка" // Авиация и время. 2015. № 5. С. 4-20, 25-27: ил. - Вертолёт Ми-8.
- Дроздов С.В. Глубокие модификации: потерянное поколение птиц стальных // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 174-182. - Из истории создания модификаций уже существующих самолётов.
- Дьяконова П. Первые итальянские перелёты в СССР // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 31-62.
- Зоблотский А. "Этот день мы приближали как могли..." // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 54-58. - Вклад таганрогских авиастроителей в Победу
- Захс Л. Первым делом, первым делом самолёты... // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 44-53. - Воспоминания о работе ОКБ Лавочкина над истребителями ЛаГТ-3 и Ла-5
- Зотучный А.М., Ригмант В.Р., Синецкий П.М. Тулолев-144. М.: Фонд "Русские витязи", 2015. - 551 с.
- Зоммерфельд А. Планерист Фердинанд Шульц: из периода зарождения планеризма в Германии. Калининград: "Страж Балтики", 2015. - 137 с.
- Иванов Д.В. НПП "Темп" им. Ф. Короткова: вчера, сегодня, завтра: (к 75-летию уникального предприятия ОПК) // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 80-83. - Предприятие по производству систем автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями.
- Ил-28У - учебная парта реактивной авиации // Крылья Родины. 2015. № 3. С. 114-116.
- Ил-96 - пути становления и признания // Крылья Родины. 2015. № 1. С. 44-51; № 7-8. С. 26-27; № 11. С. 42-48; № 12. С. 42-47.
- Ильин В. Вторая жизнь ветерана (Самолёт Ту-95К) // Авиация и космонавтика. 2015. № 12. С. 12-17.
- Ильин В.Е. Истребитель-бомбардировщик Fiat G.91 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделлист-конструктор". 2015. № 10. С. 1-32.
- Йоканович С. Красная молния: охота за "Лайтнинг" // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 183-187.
- Йоканович С. Проект "Альфа": Як-23 в США // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 182-191.
- История "Черной акулы" глазами создателей // Авиация и космонавтика. 2015. № 2. С. 3-11; № 3. С. 5-15; № 4. С. 13-20; № 6. С. 47-53; № 7. С. 11-15; № 8. С. 8-10; № 9. С. 34-42; № 11. С. 50-57; № 12. С. 30-33.
- История государственной фальсификации // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 217-253. О дате "Дня авиации".
- Кириндас А. "Бумажный аэробус" // Моделлист-конструктор. 2015. № 8. С. 24-25. - Из истории постройки пассажирского самолёта "Аэробус", 1926 г.
- Клундук П. Ту-154Б-2 глазами моделиста // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 235-264.
- Ковалёв С. Хроника больших советских перелётов 1925-1930 // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 50-69.
- Кожеников Д. Юбилей первого полёта легендарного Ил-18В // Русский инженер. 2015. № 1. С. 34-37.
- Комиссаров С. Высотный биплан Авианито // Крылья Родины. 2015. № 1-2. С. 138-144.
- Комиссаров С. УТИ для перевёрнутого полёта (проект УТИ-М49) // Крылья Родины. 2015. № 6. С. 130-139.
- Комиссаров С.Д. Як-42 как "грузовик" (проектные варианты) // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 208-216.
- Котельников В. Самолёт Юнкерс W33 // Моделлист-конструктор. 2015. № 1. С. 29-32.
- Котельников В.Р. Палубный истребитель Хокер "Си Фьюри" // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделлист-конструктор". 2015. № 6. С. 1-32. - Английский палубный истребитель, начало 1950-х гг.
- Кравченко И.Ф. К 70-летию ГП "Ивченко-Прогресс" // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 88-90. - Запорожское машиностроительное конструкторское бюро "Прогресс" им. академика И.Г. Ивченко.
- Кузнецов К. "Трасюгузка" - автожир для подводной лодки // Моделлист-конструктор. 2015. № 6. С. 23-27. - О немецком автожире Fa-330 1943 г.
- Кузнецов К. Оружие последней надежды. Специальные штурмовые самолёты Японии // Моделлист-конструктор. 2015. № 8. С. 13-18.
- Кузьмин Ю. Производство самолетов в США в XX веке // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 3-16.
- Кузьмин Ю. Сколько было Junkers Ju 87? // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 129-137.
- Кузьмин Ю. Сколько самолётов построено в XX веке? // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 3-16.
- Лаврентьев Пётр Денисович - от технолога до директора // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 76-81. - Полученные из архива НПО "Сатурн" воспоминания бывшего директора завода № 26 Лаврентьева
- Латыпова Е. Музей цеппелинов Фридрихсхафен // Воздухоплаватель. 2015. № 1. С. 13-16.
- Линевич Д. ДБ-3Ф - взгляд изнутри // М-Хобби. 2015. № 1. С. 34-39.
- Лисов М. Музей BBC Чехии // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2015. № 8. С. 45-49.
- Лукин В.П. Крылатое имя - Чкалов: экскурсионный очерк-путеводитель по мемориальному музею В.П. Чкалова. Нижний Новгород: Кварц, 2015. - 95 с.
- Максимов В. Шуршалов А. Як-3 - оружие Победы // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 30-35.
- Марковский В., Приходченко И. Самолёты разведки Ту-16 // М-Хобби. 2015. № 2. С. 38-46.
- Марковский В., Приходченко И. Самый крупный калибр // М-Хобби. 2015. № 4. С. 46-47; № 5. С. 40-49; № 6. С. 40-46. - Об авиабомбах сверхкрупных калибров 1940-х гг.
- Маслов М. "Чайка" Поликарпова // Авиация и время. 2015. № 2. С. 4-25. - Истребитель ИИ-153.
- Медведь А. Вооружение самолётов Н.Н. Поликарпова // Крылья Родины. 2015. № 6. С. 120-128.
- Медведь А. Вооружение самолётов В.Г. Ермолаева // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 190-197.
- Менькова Н.Н. Рождённый для победы // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 92-94. - О работе в годы войны ОАО "Аэроприбор-Восход" и его главных конструкторах Н.К. Матвееве и Р.Г. Чаичьяне.
- Мороз С. Полёт "Стрижа" // Авиация и космонавтика. 2015. № 11. С. 17-27. Беспилотный разведчик ОКБ Туполева.
- Мороз С. Возвращение в океан // Наука и техника. 2015. № 8. С. 58-65. - Об американских самолётах с противокорабельными ракетами 1960-х гг.
- Мороз С. На И-16 против "мессеров" и "фокке-вульф" // Наука и техника. 2015. № 8. С. 20-27.
- Морозов В. F-14: от "Томэста" до "Али-Кэста" // Авиация и космонавтика. 2015. № 12. С. 40-49.
- Морозов В. Р-40 с красными звёздами // Авиация и космонавтика. 2015. № 5. С. 21-29; № 6. С. 24-29.
- Морозов И. Рекорды высоты 20-х годов // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 17-30.
- Морозов И.В. К заоблачным высотам. История высотных полётов. Долгопрудный: Интеллект, 2015. - 240 с.
- Околелов Н. F-91 - гидросамолёт от Fairchild // Крылья Родины. 2015. № 1-2. С. 126-137.
- Околелов Н., Чечин А. Лев пустыни. Израильский истребитель "Кфир" // Моделлист-конструктор. 2015. № 3. С. 24-28.

Околелов Н., Чечин А. Истребитель F-86 Sabre // Моделист-конструктор. 2015. № 4. С. 29-33.

Петров Г. Техника особой секретности // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 73-100. - Планторпеды Валка, 1930-е.

Пичугин Д. Музей авиации в Коттбусе // Авиация и космонавтика. 2015. № 3. С. 41-45.

Поляченко В.А. Самолёты-снаряды Челомя - первые в стране // Наука и техника. 2015. № 8. С. 4-7.

Правда о том, как и когда родилась авиация России // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 3-17.

Проклов В. ОКБ П.О. Сухого. История продолжается // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 157-182.

Проклов В. Сталинское задание // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 123-148. - Самолет ББ-1.

Пуков В.Н. Энциклопедия авиации: от первых аэропланов до современных истребителей. 2-е изд. М.: Эксмо, 2015 - 271 с.

Путников М. "Громовержец". Тактический самолёт ВВС Швеции SAAB 37 Viggen // Авиация и космонавтика. 2015. № 9. С. 18-31; № 10. С. 27-37.

Растренин О. Противотанковый "Пегас" для ВВС Красной Армии // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 100-128.

Растренин О. ТИС. Самолёт "тройного назначения" для ВВС Красной Армии // Авиация и космонавтика. 2015. № 2. С. 12-26.

Растренин О. Угол зрения или перископ с видом на поле боя // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 188-234. Из истории самолетов-штурмовиков.

Растренин О.В. Штурмовик Ил-2 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 3. С. 1-32; № 4. С. 1-32.

Резиновый самолет для подводных лодок // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 197-204.

Реставрация истребителя Ла-7 Ивана Кожедуба // Авиация и космонавтика. 2015. № 5. С. 54-55.

Ригмант В.Г. Самолёты ОКБ А.Н. Туполева в Великой Отечественной войне // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 20-28.

Ригмант В.Г. Стратегический бомбардировщик М-4 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 9. С. 1-32.

Самсонов А.Ю. Аэропорт нашей победы // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 112-115. - Об аэропорте "Внуково".

Саукке М.Б. Ведущие авиаконструкторы и их самолёты в Великой Отечественной войне // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 198-207; № 9-10. С. 162-171.

Саукке М.Б. Предвоенное десятилетие // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 160-167. - Из истории советских ВВС.

Семенов А., Борисенко А. Он стоит в стороне // Авиация и время. 2015. № 5. С. 42-43. - О самолёте Ту-114, ставшем музеем.

Скоренко Т. Железная чайка // Попул. механика. 2015. № 6. С. 68-71. - О самолётах, крылья которых имеют характерный "чаячий" излом, с 1930-х гг.

Соболев Д. Самолёты "Сталь-6" и "Сталь-8" РЛ. Бартини // Легенды и мифы авиации. Вып. 6. М., 2015. С. 63-72.

Соболев Д.А. Экспериментальные самолёты России, 1912-1941. М.: Русавиа, 2015 - 295 с.

Солдатова О.Н. Из фондов архива. Авиация. О полете на дальность самолёта РД-2 с мотором М-34Р 12-15 сентября 1934 г. // История науки и техники. 2015. № 12. С. 15-33.

Сухоросов С. Винты Победы // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 110-111. - Воздушные винты, спроектированные в ОКБ, известном впоследствии как НПП "Аэросила".

Терец Н., Хаустов А. "Москито" - шедевр Джеффри де Хэвилленда // Авиация и время. - 2015. № 1. С. 4-21, 28-30. - Британский истребитель времён Второй мировой войны.

Толоконников В.М. Взгляд на историю с точки зрения Третьего ГУ Минавиапрома СССР // Двигатель. 2015. № 3. С. 32-34; № 4. С. 60-62.

Труба начинается с "веляки"? // Новости ЦАГИ. 2015. № 5. С. 11-16. - Из истории создания первых аэродинамических труб в России.

Тыртов А. История пассажирских перевозок в районе Персидского залива в 1920 - 1940 годах // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С.70-81.

УМПО: 90 лет на высоте // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 58-62. - К юбилею Уфимского моторостроительного завода.

Филиппов Ю.Н. Реактивные до реактивных. 3 марта 2015 г. исполнилось 70 лет с начала летных испытаний отечественных истребителей с воздушно-реактивным двигателем-ускорителем // Двигатель. 2015. № 1. С. 10-11.

Фирсов А. Истребитель Р-51 "Мустанг" - 75 лет // Авиация и космонавтика. 2015. № 10. С. 14-19.

Фирсов А.А. Истребитель Локхид Р-80 "Шутинг Стар" // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 8. С. 1-32. - Американский реактивный истребитель, принимавший участие в войне в Корее.

Фирсов А.А. Тяжёлый истребитель Мессершмитт Bf 110 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 12. С. 1-32.

Харук А. Следопыт из племени мохауков // Наука и техника. 2015. № 8. С. 44-51. - О самолётах-разведчиках фирмы "Грумман", США.

Царскосельский аэродром // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 135-145.

Чечин А., Околелов Н. "Бальзак" // Авиация и время. 2015. № 2. С. 38-40. - Французский самолёт вертикального взлёта, 1960-е гг.

Чечин А., Околелов Н. Ревущий зверь Серванти (перехватчик Trident) // Авиация и время. 2015. № 3. С. 30-35.

Чечин А., Околелов Н. Истребители на сэконоленные деньги // Авиация и время. 2015. № 5. С. 37-41. - Об американских истребителях 1939-1944 гг.

Чечин А., Околелов Н. Истребитель-перехватчик F-94 Starfire // Моделист-конструктор. 2015. № 2. С. 22-27. - Американский самолёт конца 1940-х гг.

Шемонаева Е.С. История кафедры "Технология производства летательных аппаратов" // Кузнец-штамповоч. пр-во. Обработка металлов давлением. 2015. № 2. С. 3-6. - К 75-летию кафедры МАТИ им. К.Э. Циолковского.

Шепель А. "Воздухоплавательный снаряд" Можайского в истории древних русских крыльев // Наука и техника. 2015. № 7. С. 59-63.

Шишкин В. Посадка с горящими двигателями (из истории Ту-22М) // Авиация и космонавтика. 2015. № 12. С. 18-22.

Энтузиасты отечественного моторостроения // Крылья Родины. 2015. № 6. С. 58-60. - К 70-летию НТЦ МКБ "Гранит". Предприятие разрабатывает авиационную технику и обеспечивает конструкторское сопровождение авиационных двигателей.

Як-125Б: аэроархив // материал подгот. М. Никольский // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2015. № 1. С. 38-41.

Якубович Н. Истребители Семёна Алексеева // Моделист-конструктор. 2015. № 12. С. 32-34. Якубович Н. "Стрела", не оправдавшая надежд // Моделист-конструктор. 2015. № 10. С. 23-28. - О немецком самолёте Do 335 времён Второй мировой войны.

Якубович Н. Истребитель-разведчик Як-27Р // Моделист-конструктор. 2015. № 6. С. 12-18. Якубович Н. Учебно-тренировочный самолёт УТ-3 // Моделист-конструктор. 2015. № 11. С. 26-29.

Якубович Н.В. Истребитель МиГ-3 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 1. С. 1-32.

Якубович Н.В. Транспортный самолёт Ил-14 // Авиаколлекция: прил. к журн. "Моделист-конструктор". 2015. № 11. С. 1-32.

ПЕРСОНАЛИИ

Антонов О.К.
Дорфман Г. Знакомство с Антоновым // Двигатель. 2015. № 2. С. 18-20.

Баландин В.П.
Баландин Василий Петрович. Воспоминания о моторостроении в годы Великой Отечественной войны (Из архива музея НПО "Сатурн", запись сделана в декабре 1969 года) // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 82-86. - Организатор авиационной промышленности.

Картвели М.
Анцелиович Л.Л. Русские крылья Америки. "Громовержцы" Северского и Картвели. М.: Яуза-пресс, 2015. - 384 с.

Ламберт Ш.
Восьмой лётчик мира, первый авиатор России // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 39-64. Шарль Ламберт

Лещинер Д.В.
Создатель облика самолёта: к 100-летию со дня рождения авиаконструктора Дмитрия Владимировича Лещинера // Крылья Родины. 2015. № 3. С. 79-81.

Марков Д.С.
Вениаминов Р. Скромный гений: к 110-летию Д.С. Маркова // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. 2015. № 9. С.13-17. - Авиаконструктор.

Микоян А.И.
Медведь А.Н. К 110-летию со дня рождения авиаконструктора Артёма Ивановича Микояна // Крылья Родины. 2015. № 7-8. С. 164-172.

Можайский А.Ф.
Шепель А. "Воздухоплавательный снаряд" Можайского в истории древних русских крыльев // Наука и техника. - 2015. - №7. - С.59-63: ил.

Нобиле У.
Дьяконова П. Нобиле в СССР // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 99-122.

Новожилов Г.В.
Таликов Н.Д. Авиаконструктор века // Крылья Родины. 2015. № 9-10. С.12-18

Пальмен Л.Я.
Баронесса-моторостроитель // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 147-158.

Седов Г.А.
Амирьянц Г.А. Легенда мировой авиации // Крылья Родины. 2015. № 3. С. 68-51; № 4-5. С. 142-153. - Лётчик-испытатель.

Северин Г.
Кантор Б.Д. Звёздный путь Гая Северина. М.: Аргументы недели, 2015. - 284 с.

Северский А.
Анцелиович Л.Л. Русские крылья Америки. "Громовержцы" Северского и Картвели. М.: Яуза-пресс, 2015. - 384 с.

Сикорский И.И.
Немого о Сикорском // Соловьёв А.Б. Секреты петербургских архивов. СПб., 2015. С. 113-128.

Сироткин О.С.
Сироткин Олег Сергеевич: 75 лет со дня рождения // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2015. № 2. С. 134-135. - Учёный в области технологии производства летательных аппаратов.

Сухой П.О.
Лукшин М.А. Научная школа Павла Осиповича Сухого // Наука и технологии в промышленности. 2014. № 1-2. С. 136-143.

Проклов В.С. В окопах Первой мировой войны. (Страницы биографии П.О. Сухого) // Крылья Родины. 2014. № 6. С. 35-57.

Проклов В. П.О. Сухой - к 120-летию со дня рождения // Авиация и космонавтика. 2015. № 7. С. 2-10.

Таликов Н.Д.
Новожилов Г.В. Николай Дмитриевич Таликов // Крылья Родины. 2015. № 4-5. С. 118-121. - К 70-летию авиаконструктора ОКБ им. С.В. Ильюшина.

Тищенко М.Н.
Самсонова И.В. Марат Николаевич Тищенко. О выдающемся конструкторе вертолётов // Моск. журн. 2015. № 4. С.4-19.

Циолковский К.Э.
Архипцева Е. К.Э. Циолковский и "летающий пролетарий" Калуги // Легенды и мифы авиации. Вып. 7. М., 2015. С. 39-49.

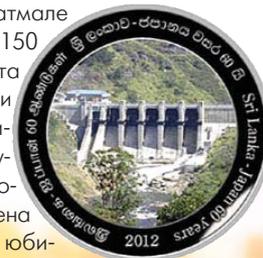
Челомя В.Н.
Поляченко В.А. Самолёты-снаряды Челомя - первые в стране // Наука и техника. 2015. № 8. С. 4-7. К биографии Владимира Николаевича Челомя.

ЭНЕРГЕТИКА НА МОНЕТАХ

Андрей Викторович Барановский

Монета - полномочный представитель своей страны в нашем мире. Через рисунки, отчеканенные на монетах, можно узнать, что для данного государства в данный момент является сокровенным, очень важным и чем оно гордится. Для монархий это всегда профиль царствующей особы. Любят себя отображать на монетах и диктаторы, хотя самые великие из них, правившие в XX веке, были выше этого. Но наибольшее количество стран предпочитает изображать флору и фауну, которые абсолютно аполитичны.

Махавелли. Эта же страна в 2012 г. отчеканила также и памятную монету (явно коллекционного вида) с ГЭС в районе Верхнего Катмале мощностью 150 Мвт. Монета из серебра и имеет номинал 1000 рупий. Сама монета посвящена 60-летию юбилею установления дип-



Шри Ланка 1000 рупий 2012

ломатических отношений между Коломбо и Токио. Особенность монеты в том, что на реверсе её в цвете показана названная гидроэлектростанция.

Московский Монетный двор в 2007 г. в серии "К 300-летию добровольного вхождения Хакасии в состав России" выпустил тиражом 100 экземпляров (что тоже явно не предполагает хождение этого шедевра в обороте) золотую килограммовую монету номиналом 10 000 рублей "Саяно-Шушенская ГЭС". На реверсе монеты изображена плотина этой ГЭС - уникальное по размерам и сложности возведения гидротехническое сооружение. Конструкция высоконапорной арочно-гравитационной плотины не имеет аналогов в мировой и отечественной практике; её высота - 245 м, ширина по гребню - 25 м, длина по гребню - 1070 м.



Россия 10 000 рублей 2007

Второй раз плотина Саяно-Шушенской ГЭС появилась на разменных знаках из серебра и никеля номиналом 10 рублей. Этот знак выпущен на Санкт-Петербургском монетном дворе по заказу объединения "Арктикуголь", которое многие десятилетия функционирует на Шпицбергене. Появление знака связано... с аварией на этой ГЭС, случившейся 17 августа 2009 г. Тогда в результате техногенной катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС погибло 75 человек. Станция была временно остановлена для устранения последствий аварии. Выпуск монеты компанией, добывающей сырьё для ТЭЦ, как бы напоминает, что энергетическую безопасность может обеспечить только использование всего спектра возможностей энергетических станций.



Россия 10 рублей 2007

Хорошо, что никому в голову не пришло выпустить монету с Чернобыльской АЭС или станцией "Фукусима-1".

Украина помещала изображение Днепрогэса на своих монетах три раза. В первый раз это было в 2002 г., когда отмечался 70-летний юбилей этой ГЭС. Монета биметаллическая и имеет номинал 5 гривен. На аверсе её изображена турбина с аркой машинного зала ГЭС. На её реверсе - плотина и здание ГЭС-1. Два последующих выпуска монеты связаны с 70- и 75-летием Запорожской области, на территории которой и находится Днепрогэс. Номиналы монет две и пять гривен.



Украина 5 гривен 2002



Украина 2 гривны 2009

Мы уже не один выпуск нашей подборки посвящаем объектам техники на монетах. Впрочем, энергетические мотивы среди прочего встречаются на монетах не часто. В основном это или нефтяные вышки для стран, экономика которых строится на добыче "черного золота", или плотины ГЭС.

Первые можно видеть на монетах ОАЭ (восьмиугольная и круглая монеты разного номинала), Кувейта (2 динара) и социалистической Румынии, которая на медно-никелевой монете в 3 леи изобразила ещё нефтехимический комбинат.

Самые внушительные из энергетических объектов - плотины ГЭС, эти пирамиды сегодняшнего дня, изображаются на монетах многих стран. Особенно - развивающихся. Для них гидростанции являются символом экономической независимости и прорыва в "индустриальное общество". Обычно все эти монеты не относятся к классу "регулярных", то есть находящихся в повседневном обращении. Они чеканятся в расчете на коллекционеров и... для поднятия национального духа. Кстати, это относится к большинству монет со сложным изображением (особенно - цветными эмалевыми и полиметаллическими вставками, особенно категории "proof". Впрочем, и здесь бывают исключения. Так, Парагвай в 1980- 1995 гг. большими тиражами чеканил монету в 50 гуарани, на ре-



ОАЭ 25 филс



ОАЭ 50 филс



Кувейт. 2 динара



Румыния 3 леи



Парагвай 50 гуарани 1998



версе которой изображена плотина ГЭС на р. Акарай. Она пущена в эксплуатацию в 1968 г. и имеет мощность 45 тыс. кВт. Также и Шри-Ланка в 1981 г. выпустила большим тиражом в обращение 2 рупии из медно-никелевого сплава с изображением ГЭС на р.



Шри Ланка 2 рупии 1981



Приднестровье 1 рубль 2014

Ещё раз Днепрогэс мы можем видеть на российской серебряной памятной монете номиналом 3 рубля, посвященной... сберегательному делу в России. Приднестровье, имеющее свою валюту, в 2014 г. в серии "Города Приднестровья" выпустила монету "Дубоссары". Главная и составляющая экономики города- Дубоссарская ГЭС мощностью 48 МВт. Номинал монеты - один рубль. Она стальная с никелевым покрытием.



Уругвай 100 Новых песо 1981



Если же говорить о целой серии монет, посвященной одной ГЭС, то здесь "чемпионы" Уругвай и Египет. Первый в 1981 г. на чилийском монетном дворе в Сантьяго заказал две серебряные монеты номиналом 100 и 500

новых песо и две золотые номиналом 5000 и 20 000 новых песо с изображением аргентинско-уругвайской ГЭС "Сальто-Гранде" на реке Уругвай. Строительство началось в 1974



Уругвай 5000 Новых песо 1981

году, а производство электроэнергии - в 1979 году. ГЭС оборудована 14 генераторами, которые могут производить в общей сложности 1 890 МВт, что делает гидроэлектростанцию второй по важности в Аргентине. Отметим, что на ГЭС "Сальто Гранде" работает оборудование, которое было поставлено нашей страной еще во времена СССР.

Вторая "энергетическая звезда мировой нумизматики" - Асанская ГЭС на Ниле - вообще строилась на советский кредит, и на ней, естественно, установлены советские турбины и оборудование. Удалось найти 8 монет двух типов с изображением этой ГЭС (плотина и плотина с отходящей от станции ЛЭП). Монета самого мелкого номинала - 10 пиастров из недорогого металла выпуска 1964 г. была в массовом обращении. Монеты в 25 и 50 пиастров, в 1 и 5 египетских фунтов - из серебра и 5 и 10 фунтов - из золота.



Египет. Монеты, посвященные Асанской ГЭС

Высоковольтная ЛЭП нашла свое отражение на монете Мозамбика. Для этой африканской страны, где на реке Замбези работает ГЭС Каборо-Бассу, уходящие от нее линии электропередач означают отказ от керосиновой лампы. ГЭС Каборо-Басса - крупная гидроэлектростанция, построенная на реке Замбези. Она имеет мощность 2075 МВт. Это до 90 % электро-



Мозамбик 5000 метикаль 1998

энергии Мозамбика. В 2006 году было выработано около 1,920 МВт электроэнергии. Для передачи электроэнергии построена высоковольтная линия постоянного тока между гидроэлектростанцией Кабора-Басса и Йоханнесбургом, ЮАР. ЛЭП постоянного тока может передавать мощность до 1920 МВт при напряжении 533 кВ и силе тока 1800 ампер.

Из стран Западной Европы Финляндия поместила в 2013 г. на биметаллических 5 евро стилизованное изображение ГЭС Иматранкоски. ГЭС расположена на одноименном водоскате, что на реке Вуокса. Эта ГЭС - самая большая гидроэлектростанция Финляндия. Строительство её началось в 1922 году и мощность составляет сегодня 156 МВт. Впрочем, предполагается увеличение мощности в ближайшие годы за счёт модернизации оборудования.



Финляндия 5 евро 2013

Спуск воды на Иматранкоски - это целое шоу, сопровождаемое исполнением музыкального произведения "Карелия" Яна Сибелиуса и световыми эффектами. Он привлекает огромное число туристов. Интернет пестрит фотографиями бегущих по водоспуску потоков.

Австрия в 2010 г. отчеканила биметаллическую монету номиналом 25 евро "Возобновляемая энергия". Особенность этой, да и некоторых других биметаллических монет альпийской республики в том, что центральная часть её выполнена из ниобия, а внешнее кольцо - из серебра. На аверсе, в центральной части помещено изображение дерева - как образа всего растительного мира. Выходящая из его корней спираль отражает непрерывный, замкнутый цикл четырех стихий мира: земли, огня, ветра и воды. На реверсе - изображения основных типов источников возобновляемой энергии, используемых сегодня: солнечная батарея, турбина ГЭС, геотермальный источник тепла земли, современная ветровая электростанция.



Австрия 25 евро 2010

Заметим, что ветряные мельницы или как их ещё называют ветряки, появились ещё на античных монетах. Так, в Керченском музее есть первые пантикапейские монеты V века до н. э., имеющие на лицевой стороне голову льва, а на обороте - изображение крыльев ветряной мельницы. Правда, не стоит грешить: античные ветряки использовали производимую энергию тут же на месте, перемалывая зерно в муку. Сведениями о применении электроэнергии две с половиной тысячи лет назад историческая наука не располагает.

В наше время больше всего монет с ветряками связано с... Дон Кихотом Ламанчским. Ведь именно он боролся с ними, утверждая, что это - великаны. Естественно, что здесь на первом месте стоит Испания. Кроме того, Куба, Мексика, Тувалу, Палау и США посвятили монеты этому литературному герою. На заднем плане некоторых из них изображены ветряные мельницы. Это сделала Испания, когда в 2005 г. торжественно отмечалось 400-летие первого издания прославленного романа Сервантеса - биметаллической монете номиналом 2 евро позади Дон Кихота изображены ставшие афористичными ветряные мельницы. Монета вышла тиражом 8 млн. штук. Естественно, эти источники чистой энергии в таком виде также сложно связать с энергосистемой мира, хотя они - несомненно её часть. Это же самое можно сказать и обо всех мельницах, упомянутых далее.



Испания 2 евро 2005

Продолжаю тему "рыцаря печального образа", раз уж мы её затронули. В 2008 году появилась серебряная монета, казалась бы, всем своим видом претендующая на звание "Самая



необычная монета года". Номинал её - 5 долларов. Страна-эмитент - Республика Палау. В центре реверса изображена голова Дона Кихота в шлеме конкистадора. Но! Как ветряные мельницы, выгравированные на монете, были для странствующего идадьго иллюзией присутствия великанов, так и для внимательного зрителя лицо рыцаря - сплошная иллюзия.

Если взглянуть повнимательней, то вместо лица можно разглядеть силуэты, едущих верхом Дон Кихота и его оруженосца.

Реальные исторические мельницы поместили на своих монетах Барбадос, Нидерланды, Россия, тихоокеанский остров Палау, Чехия. Первый на 25 центов регулярного чекана изобразил мельницу Моргана Льюиса, которая использовалась в производстве сахара. Нидерланды и Палау в 2014 г.



Барбадос 25 центов 1990

выпустили монеты, посвященные мельницам из Киндердейка. Голландская из серебра имеет номинал 5 евро, островная 5 долларов также из серебра, но с мультикольным покрытием. Ветряные мельницы в количестве 19-ти Киндердейка (деревни в Нидерландах в провинции Южная Голландия), возведены примерно в 1740 году. Голландские мельницы, как известно, никак не связаны с хлебопечением: они являются приводом насосов, откачивающих воду из осушенных низин - полейдеров, отделённых от моря дамбами. В 1997 году этот комплекс был занесен в список всемирного наследия ЮНЕСКО.



Нидерланды 5 евро 2014



Россия 25 рублей 2006



Чехия 2500 крон 2009 года

выстроена в 1873 году в классическом голландском стиле - с четырехлопастным колесом и поворотной крышей. Спустя несколько лет она сильно пострадала от бури. В 1884 году владелец мельницы Кирилл Вагнер установил на нее новую турбину Халлады, более устойчивую к сильным ветрам. Турбина названа в честь ее изобретателя и инженера-конструктора - американского фермера Даниэля Халлады. Она представляет собой вертикально установленное на крыше колесо с регулируемыми лопатками, изменяющими наклон в зависимости от направления ветра. Устойчивости ей придают лопасти раздвоенного хвоста. Мельница в Рупрехтове давно стала достопримечательностью страны, её изображение можно встретить на почтовых марках, открытках и т.д.



Австрия 2 евро 2012

Современные ветровые электростанции или сокращенно ВЭС (это уже чисто энергетические объекты в привычном нам смысле) помещены среди прочих промышленных объектов на одной из юбилейных биметаллических монет номиналом в 2 евро. Её отчеканили все страны ЕС в 2012 г. по случаю введения в оборот наличного евро, как бумажного, так и металлического (монеты).



Израиль 2015

И наконец, солнечная энергетика. Израиль посвятил серию из трех серебряных и золотых монет, выпущенных в 2015 г., которая так и называется "Солнечная энергия в Израиле". Из золота выполнена монета номиналом 10 новых шекелей, из серебра - 2 и 1 шекель. Монеты имеют одинаковый рисунок и на реверсе их показаны солнце и солнечная батарея.

Географическое положение Израиля очень выгодно для производства солнечной энергии: 300 дней в году в пустыне Негев, которая занимает около 60% территории страны, не выпадает ни капли дождя. Юг Израиля расположен ниже 30 градусов северной широты, на которой годовая плотность потока солнечного излучения достигает 2000 киловатт на кв. м. Страна является крупнейшим в мире потребителем солнечных водонагревателей на душу населения.



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, www.innovexpo.ru,
e-mail: mail@archimedes.ru, mail@innovexpo.ru
Телефон / факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44





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, 1-5 - 2015)



4 Танки в годы второй мировой войны

К началу второй мировой войны условия возможного боевого применения танков существенно изменились. Появилась эффективная противотанковая артиллерия - легкие, небольших размеров пушки калибра 37...50 мм с бронебойными снарядами. Рост численности танков и невозможность с помощью менее подвижной противотанковой артиллерии отражать маневренные действия танков делали неизбежным столкновение танков противоборствующих сторон. Стремление наилучшим образом использовать заложенные в танках качества привело к формированию самостоятельных танковых соединений с целью массированного применения танков и развития наступательных операций на большую глубину и в высоких темпах.

Все эти изменения потребовали создания танков с принципиально иным сочетанием боевых свойств: с длинноствольной пушкой, способной поражать броню танков противника; с противоснарядной броней, надежно защищающей от огня противотанковой артиллерии, и, наконец, с увеличенными скоростями и запасом хода по топливу, позволяющими проводить операции на большую глубину и в высоких темпах.

На формирование перечисленных требований большое влияние оказала советская военная теория, правильно определившая роль и место танков в системе вооружения Сухопутных войск в условиях возможной войны. Считалось, что кроме применения танков с пехотой для прорыва обороны необходимо также использование крупных масс танков совместно с другими родами войск для развития тактического успеха в оперативный, и для самостоятельных действий в оперативной глубине. С этой целью в СССР перед войной были созданы механизированные корпуса. На формирование новых требований к танкам оказал определенное влияние и опыт гражданской войны в Испании, где наши образцы Т-26 и БТ вследствие слабой защищенности показали себя не лучшим образом.

Рассмотренные изменения условий на поле боя потребовали качественной реорганизации танкового парка, создания принципиально новых образцов.

Применительно к новым условиям сложилось представление о необходимости иметь на вооружении следующие типы танков:

- **средний** - универсальный, способный одинаково успешно решать задачи прорыва и развития успеха, наиболее многочисленный, приспособленный к массовому производству; облик среднего танка сформировался уже в ходе войны;

- **тяжелый** - танк качественного усиления, предназначался первоначально для решения задачи прорыва, а затем и борьбы с танками противника. Ценой некоторого снижения подвижности на этих машинах реализовался по сравнению со средними танками более высокий уровень защиты, а в дальнейшем и более мощное (по калибру и баллистике) вооружение. Эти танки были более трудоемкими и дорогими и потому не были массовыми;

- **легкий** - в этой группе различались два подтипа: легкий танк сопровождения пехоты и легкий танк для выполнения задач разведки, охранения и т.п. В начальный период войны легкие танки производились в значительном количестве еще и из-за необходимости в условиях острой потребности в танках использовать промышленную базу, которая не могла производить средние танки.

В ходе войны взаимодействие средних и тяжелых танков, их место в боевом порядке существенно изменились. Если в первый период (до осени 1943 г.) в первой линии находились тяжелые тан-

ки, а средние действовали под их прикрытием, то на последующем этапе в первой линии уже действовали средние танки, а тяжелые поддерживали их своим более мощным (и дальнобойным) вооружением, находясь во второй линии.

Родоначальником нового этапа в мировом танкостроении был средний танк Т-34, созданный на Харьковском паровозостроительном заводе (№ 183) под руководством главного конструктора М.И. Кошкина и его преемника А.А. Морозова (Кошкин скончался в 1940 г.). Освоением серийного производства Т-34 руководил И.А. Кучеренко. Этот танк был принят на вооружение в декабре 1939 г. Его опытные образцы были доставлены в Москву своим ходом для демонстрации руководству в начале 1940 г. Завод № 183 до этого занимался производством и модернизацией танков БТ и выпускал в ограниченном количестве Т-35. Появлению Т-34 предшествовала проработка на заводе экспериментальных образцов А-20 (колесно-гусеничных) и Т-32 (чисто гусеничных). Отказ от весьма сложного колесно-гусеничного движителя (привод на трех из четырех опорных катков) позволил упростить трансмиссию и сэкономить массу, которая была обращена на усиление защиты. Но главное заключалось не в этом. В ходе проработок сформировалось и окончательно оформилось в конструкции танка Т-34 принципиально новое сочетание огневой мощи, защищенности и подвижности, наиболее полно отвечающее сложившимся условиям на поле боя. Необходимо заметить, что в формировании этого сочетания и тем более весьма удачного технического облика танка Т-34 конструкторский коллектив сыграл более активную роль, чем заказчик. До начала войны предполагалось, что основным массовым танком будет легкий Т-50, обладающий для своего класса весьма удачным сочетанием боевых свойств. Однако опыт войны показал, что в наибольшей степени условиям на поле боя соответствует именно Т-34. Руководством было принято решение взять за основу в ходе перестройки промышленности танк Т-34. В какой-то мере этому способствовали и трудности с освоением конструкции Т-50.

В танке Т-34 удалось осуществить весьма удачное сочетание боевых свойств. При массе 28 т танк имел надежное противоснарядное бронирование с эквивалентной толщиной в носовой части до 90 мм. Оригинальные формы броневой конструкции с большими углами наклона впоследствии были воспроизведены на ряде иностранных танков. На Т-34 была установлена длинноствольная (для своего времени) 76-мм пушка с начальной скоростью снаряда 662 м/с и боекомплектом в 100 выстрелов. Она обеспечивала поражение любого танка того периода и имела некоторый запас по бронепробиваемости. Машина обладала высокими показателями подвижности - максимальная скорость 55 км/ч, запас хода по шоссе 300 км - благодаря установке мощного специального танкового дизеля, применению индивидуальной подвески и широких гусениц. Следует подчеркнуть, что подавляющее большинство зарубежных танков имело бензиновые (карбюраторные) двигатели. Создание танкового дизеля на заводе № 183 под руководством Я.Е. Вихмана и К.Ф. Чолпана (в 1939 г. производство двигателей было выделено в самостоятельное предприятие - завод № 75) стало весьма важным событием. Показатели двигателя (удельная мощность, экономичность, надежность, технологичность конструкции) оказались настолько удачными, что это позволило путем проведения последующих модернизаций оснащать им различные образцы танков и других боевых машин в течение многих десятилетий, вплоть до настоящего времени.



Колонна Т-34 образца 1940 года.

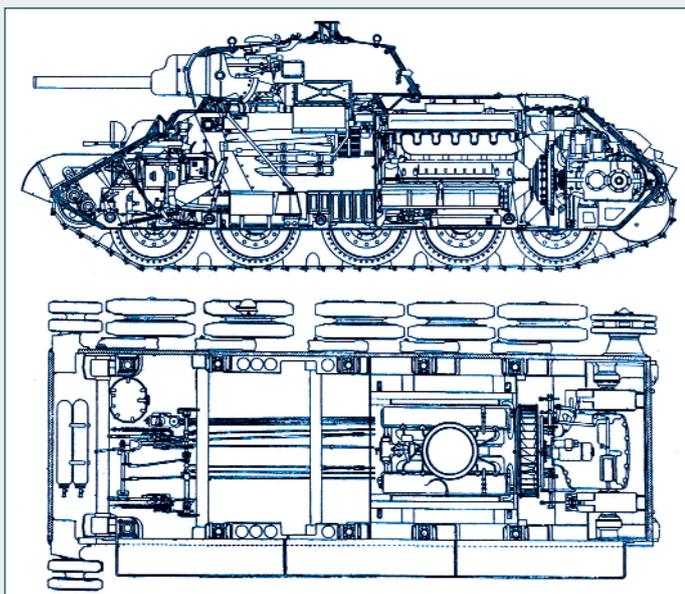
У первого танка башня литая, у второго сварная. Танки, выпускавшиеся в 1940 г., имели боевую массу 26,8 т и были вооружены 76-мм пушкой Л-11 образца 1939 г., длиной ствола 30,5 калибров. Противооткатные приспособления пушки были защищены оригинальной бронировкой, а сама пушка не выступала за переднюю часть корпуса. Первые башни были сварными из катаных броневых листов, боковые и задние стенки имели угол наклона к вертикали 30°. Позднее на части танков устанавливались литые башни с увеличенной до 52-мм толщиной брони. Танки первых выпусков имели носовую часть корпуса обтекаемой, только этим машинам свойственной формы. Верхний и нижний 45-миллиметровые броневые листы крепились гужонами (с головками впотай) к поперечной стальной балке. Оригинальной формы был люк с откидной крышкой для механика-водителя. В крышке имелся смотровой перископический прибор, а слева и справа от нее размещались дополнительные смотровые приборы, позволяющие водителю в определенных пределах вести обзор влево и вправо. Траки гусениц гладкие, шириной 55 см. Кормовой лист корпуса съемный, на болтах, крепился к боковым стенкам. На крыше башни находился один большой люк трапецевидной формы. Радиостанция устанавливалась не на всех танках



Серийный танк Т-34 выпуска 1940 года с 76-мм пушкой Л-11, установленной в сварную башню



Т-34 образца 1941 г. Эти машины стали вооружаться пушкой Ф-34 (длина ствола 41,3 калибра). Башня сварная. Ширина траков гусеницы была уменьшена с 55 до 50 см и они получили развитую поверхность. В результате улучшились маневренные свойства танка за счет лучшего зацепления гусениц с грунтом



Компоновка танка Т-34 образца 1940 года с пушкой Л-11



Т-34 с пушкой Ф-34 (на заднем плане танк КВ-1). На танках 1941 года выпуска перешли к безбалочному креплению передних краев лобовых броневых листов. Теперь они соединялись сварным швом. Изменилась форма бронировки откатных приспособлений пушки. По аналогии с машинами ранних выпусков стала устанавливаться литая башня, впрочем, сохранившая форму предыдущей - сварной. Изготовление литой башни облегчило производство и позволило увеличить выпуск танков



Т-34 1942 года. Вооружался 76,2-мм танковой пушкой Ф-34 и двумя пулеметами ДТ (башня литая или штампованная). Для увеличения свободного объема в башне опоры цапф пушки были вынесены вперед, что привело к появлению на башне выпуклой наделки. Литая или штампованная башня получила шестигранную форму. Устанавливаемая пятискоростная коробка передач (вместо четырехскоростной) улучшила тяговые характеристики двигателя. Катки употреблялись либо с обрезинкой, либо с внутренней амортизацией, как сплошные, так и облегченные, с ребрами жесткости, к тому же в разных сочетаниях. Радиостанция теперь устанавливалась на всех танках, а не только на командирских (9-Р вместо менее мощной 71-ТК-3)



Испытание Т-34 на устойчивость к воздействию зажигательной смеси



Опытный средний танк Т-34 с 57-мм танковой пушкой ЗИС-4 (Т-34-75) во время испытаний на Софринском полигоне в июле 1941 года.

Пушка ЗИС-4 была способна пробить с максимальной дистанции броню толщиной 73...82 мм, а с минимальной броню толщиной 83...98 мм. Всего было выпущено 10 машин, затем выпуск танков был приостановлен ввиду «избыточной мощности» этих пушек.

Только в 1943 году, с появлением у немцев новых танков было решено возобновить производство Т-34-57, но уже с орудием ЗИС-4М (отличие в унифицированном затворе, упрощенном механизме полуавтоматики и креплении муфты в люльке орудия). В боекомплекте этой пушки был мощный снаряд, пробивавший на расстоянии 1000 м броню толщиной 96 мм. Три танка были отправлены на фронт для испытаний, но их результат уже никого не интересовал. Осенью 1943 года приоритет получили 85-мм орудия, и серийного производства Т-34-57 не произошло

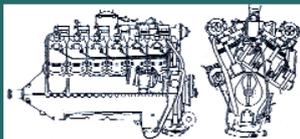


Огнеметный танк ОТ-34 1942-1944 гг. Вооружался 76,2-мм танковой пушкой Ф-34, пулеметом ДТ и огнеметом АТО-41 или АТО-42, который устанавливался справа от механика-водителя. Выброс зажигательной смеси (10 л жидкости в каждом выстреле: 60 процентов мазута и 40 процентов керосина) осуществлялся под давлением пороховых газов от сгорания обычного заряда к патрону 45-мм пушки, толкавших поршень в рабочем цилиндре огнемета. Дальность огнеметания достигала 60...65 м. (для специальной смеси - до 90 м.). Всего было выпущено 1170 ОТ-34



Т-34 1941-1942 гг. Вооружен 76,2-мм танковой пушкой Ф-34 и двумя пулеметами ДТ. Вместо дизельного двигателя В-2 устанавливался авиационный карбюраторный двигатель М-17Т-34.

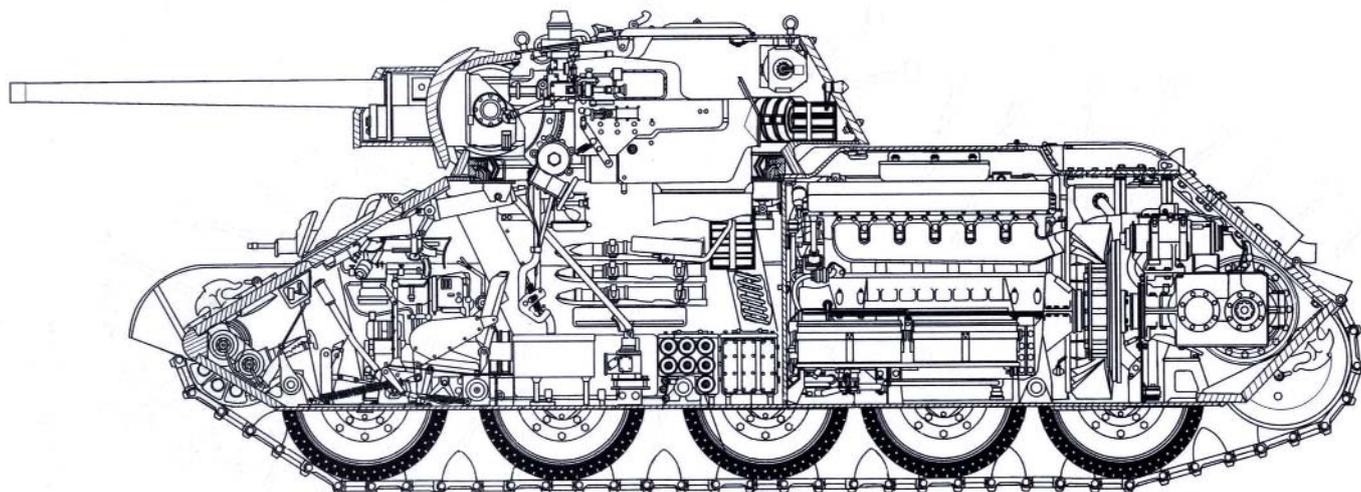
Еще до войны, предвидя проблемы с производством дизеля В-2, Наркомат среднего машиностроения было предусмотрено использование бензинового танкового двигателя М-17Т или авиационного М-17Ф. Когда недостаток дизельных двигателей стал ощутимым, приказом по НКТП № 15сс от 18 сентября 1941 г. было отдано распоряжение об отработке в пятидневный срок документации на установку авиамотора М-17 на танк Т-34 и обеспечить заводы СТЗ и № 112 необходимыми чертежами. На заседании ГКО, состоявшемся 4 октября 1941 г., это решение было одобрено. Из всех Т-34, выпущенных в 1941-1942 годах, карбюраторные моторы были установлены на 1201 танк



Т-34 с литой шестигранной башней. Отличается от штампованной (см. фото ОТ-34) тем, что её рёбра не закруглены



Т-34 с М-17Т Сормовского завода №112



Компоновка Т-34 с пушкой Ф-34

Танк Т-34 настолько превосходил по всем показателям танки фашистской Германии - III и IV, а также танки Англии и США, что прошел всю Отечественную войну без существенных изменений. Лишь в декабре 1943 г. его вооружение было усилено установкой 85-мм пушки, а лобовая броня новой башни, в которой размещались три члена экипажа, доведена до 90 мм. Масса танка Т-34-85 возросла до 32 т. Это усовершенствование дало танку Т-34-85 даже некоторое превосходство в огневом отношении над новым немецким танком "Пантера". Среди других изменений следует отметить командирскую башенку, улучшившую обзорность, и 5-ступенчатую коробку передач с постоянным зацеплением шестерен, повысившую надежность и упростившую управление танком.

На базе Т-34, начиная с 1943 г., выпускались огнемётные танки ОТ-34, а затем ОТ-34-85 для борьбы с живой силой в укреплениях и зданиях. Огнемёт располагался на месте носового пулемёта в корпусе, пушка была сохранена.

В ходе войны непрерывно велась работа по улучшению технологичности и упрощению конструкции танка, трудоёмкость изготовления была снижена в 2,4 раза. В 1942 г. велись работы и по созданию более совершенного образца Т-43 (усиленная защита, торсионная подвеска), но они были приостановлены в связи с необходимостью обеспечить массовое производство танка Т-34.

Очень ценными качествами танка Т-34 были его относительная конструктивная простота и хорошая отработанность агрегатов и механизмов, что позволило в тяжёлые годы войны, в условиях, когда был потерян ряд танковых заводов (Ленинград, Харьков, Сталинград), развернуть на Урале и в других регионах массовое производство танков, а также успешно восстанавливать поврежденные танки в полевых условиях. Налаживанию массового производства способствовало и освоение автоматической сварки броневых листов. Головным заводом по дальнейшему совершенство-

ванию танков Т-34 и разработке новых образцов средних танков оставался завод № 183, эвакуированный в Нижний Тагил и размещенный на базе Уральского вагонного завода. Он получил название Уральский танковый завод. Кроме Харькова до начала войны успели развернуть производство Т-34 на Сталинградском тракторном заводе. Всего к началу войны было выпущено 1225 машин. В годы войны производство танков Т-34 было развернуто в Нижнем Тагиле, в Горьком (завод "Красное Сормово"). С 1942 по 1944 г. Т-34 выпускал также Челябинский Кировский завод, сокративший выпуск тяжелых танков. Корпуса Т-34 изготавливались на Уралмаше в Свердловске, агрегаты и механизмы Т-34, а затем и танки - в Омске, куда был эвакуирован завод № 174.

Танк Т-34 был признан и нашими противниками, и нашими союзниками лучшим танком второй мировой войны. Он обладал высокой боевой эффективностью (соотношение "качество - количество"). Весьма велик вклад этого танка в достижение победы над фашистской Германией - две трети всего выпуска танков в СССР в годы войны - это Т-34 и другие боевые машины на его базе.

В самом конце войны Уральский танковый завод, используя накопленный опыт и имея больше возможностей для совершенствования танков, разработал под руководством А.А. Морозова новый образец Т-44 для замены Т-34. На этом образце благодаря более плотной компоновке (поперечное расположение двигателя, сокращение экипажа до 4 человек, перемещение боекомплекта с пола боевого отделения в носовую часть) удалось довести носовую броню корпуса до 180 мм и перенести ослаблявший защиту люк водителя на крышу корпуса. Башня сохранилась от Т-34 с 85-мм пушкой. Производство Т-44 развернулось уже после окончания войны. 

(Продолжение следует.)

Т-34-85 с пушкой Д-5



Танковые сражения на Курской дуге показали, что наступила пора установить на Т-34 более мощную пушку. В июне 1943 г. были представлены пушки Д-5 и С-53, а также пушки того же калибра С-50 и ЛБ-1. В ходе испытаний было выявлено, что пушка Д-5 имеет преимущество по сравнению с С-53, но её установка в танке требовала больших переделок. Так как на заводе №183 разрабатывали новую башню с уширенным погоном диаметром 1600 мм вместо прежних 1420, то были проведены работы по размещению обеих пушек в этой башне.

А пока шли конструкторские работы этим же летом на полигоне под Горьким были испытаны Т-34 с новой пушкой, установленной в штатной башне. Результаты были неудовлетворительными: два человека в башне не могли успешно обслуживать пушку. Вывод был один - обе пушки требуют переделки одновременно с башней. В результате была создана (в течение одного месяца) новая пушка ЗИС-С-53, в которой были устранены недостатки "прародительских" систем. Пушка была испытана и показала отличные результаты. Но сконструированная литая башня с погоном 1600 мм на заводе №112 под неё не подошла: в ней был ограничен угол вертикальной наводки пушки. После непростых согласований между конструкторами и круглосуточной работы техническая документация была готова.

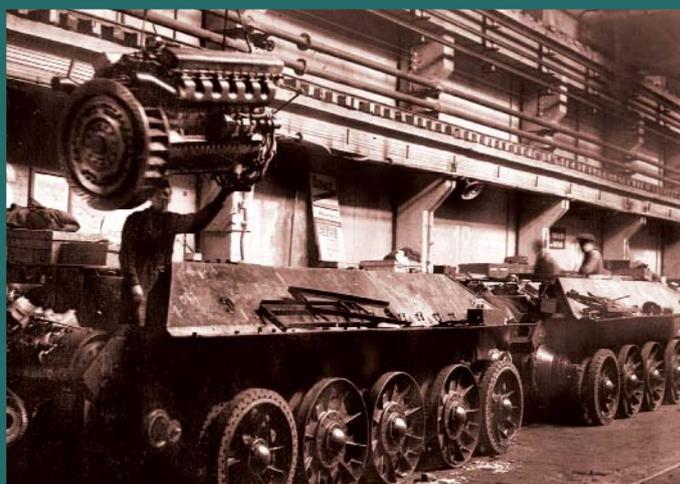
В декабре 1943 г. два танка с новыми башнями прибыли на московский артиллерийский завод для установки пушки ЗИС-С-53. И после непродолжительных испытаний уже 15 декабря ГКО принял на вооружение модернизированный танк Т-34-85 с пушкой ЗИС-С-53. Однако дальнейшие испытания выявили ряд недоработок в конструкции пушки. Поэтому было принято решение об установке пушки Д-5Т (танков с этой пушкой в конце 1943 - начале 1944 гг. было выпущено до 500 единиц) и одновременно доработать пушку ЗИС-С-53.

Первые танки с 85-мм пушкой еще до конца года стал выпускать завод №112. Танки с пушкой ЗИС-С-53 имели электропривод поворота башни с

Т-34-85 с пушкой ЗИС-С-53



управлением от командира танка и от наводчика. Получив новую 85-мм пушку, Т-34 мог успешно бороться с новыми немецкими танками. К ней помимо осколочно-фугасного и бронебойного был разработан и подкалиберный снаряд. Несмотря на то, что масса Т-34-85 выросла почти на 6 тонн, его динамические характеристики практически не изменились



Установка дизельного двигателя В-2 в корпус танка Т-34

КОЛЕСНЫЕ ПАРОХОДЫ

НА ЗАРЕ ВЕКА ПАРА
И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Виктор Сергеевич Шитарёв,
капитан дальнего плавания

(Продолжение. Начало в №№ 1-5 - 2015)

И теперь о начале пароходостроения в России.

Пароход Чарльза Берда

Первым начал строительство пароходов в России петербургский заводчик Чарльз Берд на своем заводе, основанном в 1792 году. Вначале завод располагался на Гутуевском острове, позже его перенесли на левый берег Большой Невы. Зная о привилегии Р. Фултона, он приступил к постройке парохода на свой страх и риск. Серийный выпуск паровых машин к тому времени был налажен в Англии фирмой М. Болтона - Д. Уатта. Поэтому проблем с двигателем у Ч. Берда не возникало, на своих судах он использовал уаттовские машины с низким расположением балансира.

В начале XIX в. Россия стремилась наладить их выпуск на собственных предприятиях и, как мы потом узнаем, небезуспешно: хорошие машины строил Ижорский завод и Пожвинский чугуноплавильный и железоделательный завод близ Перми видного русского промышленника В.А. Всеволожского. В общем, Россия была готова к строительству пароходов, а Ч. Берд оказался таким же предприимчивым, энергичным и удачливым человеком, как и Р. Фултон в Америке.

Итак, 26 мая 1815 г. Ч. Берд обратился в министерство внутренних дел с прошением выдать ему привилегию на "введение пароходов в России", к прошению был приложен "отчетный чертеж" строившегося парохода. Подав прошение, Ч. Берд не терял время зря, все лето пароход совершал плавания по Неве. Кроме того, изобретатель не отказывал всем желающим осматривать судно и все его закоулки, всячески рекламируя свое детище, а 2 сентября 1815 г., в круглом пруду у Таврического дворца было устроено катание для августейших особ.

Как писала пресса: "Новость сего явления, местоположение и прекрасная того дня погода привлекли необыкновенное множество зрителей". В те времена почти 70 % всего грузооборота осуществлялось через Кронштадт, а сам Петербург был больше речным, нежели морским портом. Морским он стал

после вступления в строй Морского канала (1874-1885), поэтому основание пароходной линии Петербург - Кронштадт сулило Ч. Берду ощутимые выгоды. Поэтому уже 3 ноября 1815 г. он решил опробовать свой пароход в деле.

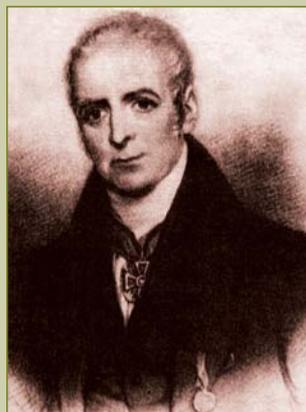
Рано утром судно отошло от причала завода на реке Пряжке и направилось вниз по Неве. В 7 часов утра пароход вышел на траверз Петербургской брандвахты, с этого момента пошел отсчет времени первого рейса. Тихий южный ветер к восьми часам утра посвежел и зашел к зюйд-осту, так продолжалось в течение всего плавания. Но уже в 12 часов 15 минут пароход был в Военной гавани. Переход занял 5 часов 20 минут, а средняя скорость оказалась 9,3 км/ч. В журнале "Дух журналов" и газете "Сын Отечества" появились обширные публикации об успешной эксплуатации парохода Ч. Берда.

"На Купеческую гавань привлечены были многие для любопытства зрители, перед которыми теперь пароход делал небольшие разъезды, объезжая несколько раз вокруг стоящего между Кроншлотом и гаванью брандвахтенного фрегата". Судно посетил командир кронштадтского порта адмирал Антон Васильевич Моллер (1764-1848) со свитой офицеров, был среди присутствовавших выдающийся кораблестроитель первой половины XIX в. генерал-лейтенант Иван Петрович Амосов (1772-1843).

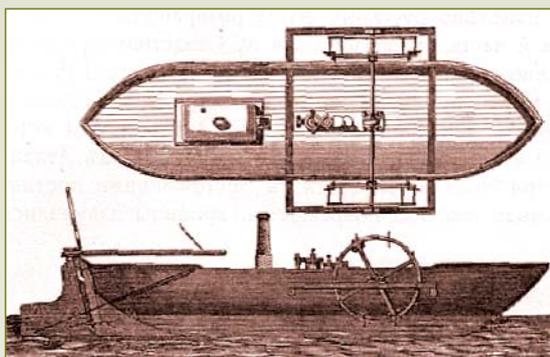
Что же представлял собой первый русский пароход? Вот как об этом событии писал "Сын Отечества" в статье, озаглавленной "Стиробот на Неве": "...Берд не построил для приложения паровой машины к судостроению нового судна..., а только вделал сию машину в обыкновенную Тихвинскую лодку. Снаружи видно, что она имеет палубу с возвышающеюся посреди плоскою крышею трюма (в котором находится машина); в кормовой части поставлены скамьи с парусинным навесом для посетителей, а впереди по обеим сторонам видны дощатые футляры, в которых движется по колесу. Движение их приметно только по сильному волнению и пенному следу, который за ним остаётся. Впрочем, судно идет весьма ровно. Посредине судна возвышается железная труба диаметром около фута, а вышиною футов 25. При попутном ветре труба сия служит вместо мачты для поднятия паруса. Дыму, выходящему трубою, не видно. Вся лодка имеет длину 60, а в ширину 15 футов и ходит в воде на два фута..."

Надо сказать, что в своем описании автор статьи был близок к истине. Правда, сам Берд указывает высоту трубы около 35 футов, т.е. около 10,5 м. Высота корпуса над основной плоскостью (ОП) была 2,44 м. Диаметр гребных колес имел ту же величину - 2,44 м, они имели по 6 плиц шириной по 4 фута (1,22 м). Их вращала машина мощностью 16 л.с. со скоростью 40...50 об./мин. Скорость судна в различных источниках различна и лежит в пределах от 9,5 до 15 верст в час. И в этом ничего удивительного нет,

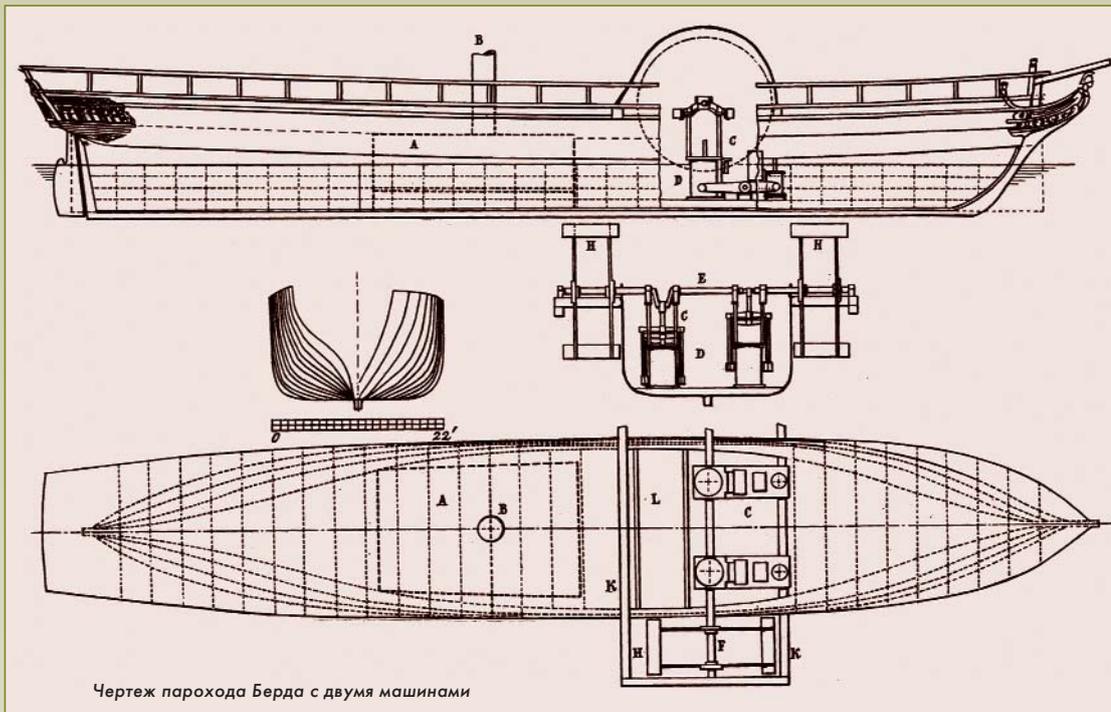
"Н.В. Гоголь" - последний колесный пароход Советского Союза и России



Ч. Берд



Проект первого парохода Ч. Берда.
На чертеже дымовая труба изображена кирпичной



Чертеж парохода Берда с двумя машинами

т.к. в зависимости от калорийности топлива пар в котле может производиться лучше или хуже, а это неминуемо скажется и на скорости хода. Здесь же может сказаться и опыт кочегаров и механиков.

С 3 июля 1815 г. Ч. Берд был произведен в обербергмейстеры 7 класса, что соответствовало флотскому чину капитана второго ранга. Свой первый пароход он использовал для регулярного сообщения между Петербургом и Кронштадтом. Недостатка в пассажирах не было, и в 1816 г. он строит второй такой же пароход, организовав тем самым регулярную пакетботную линию. Но внимание Ч. Берда привлекали не только пассажирские перевозки, своими пароходами он начинает успешные буксировки лихтеров между Петербургом и Кронштадтом. В навигацию 1819 г. на линии работало уже 4 парохода Ч. Берда.

Появлению термина "пароход" мы, видимо, обязаны Петру Ивановичу Рикорду (1776-1855), который употребил его в статье "Первая поездка из Петербурга в Кронштадт и обратно в 1815 г.", опубликованной в газете "Сын Отечества" в том же году. Все пароходы Ч. Берда названия не имели, о том свидетельствуют и материалы дела от 1826 г. "О нарушении строя Гвардейской эскадры пароходом Берда". В рапорте командира эскадры М.Н. Лермонтова говорится, в частности, о том, что для выяснения, какой пароход Берда и под командованием какого шкипера допустил это нарушение, был отправлен специально офицер с эскадры. В своем докладе он непременно записал бы номер или название парохода.

Ч. Берд в истории пароходостроения в России оставил заметный след. Вот что писал о нем известный издатель журнала "Отечественные записки" в 1820 г. П. Свиньин: "Здесьние паровые суда устроены по правилам, вследствие коих не подвержены ни в коем случае взрыванию или загоранию, как то случилось не один раз в Америке и в Англии, а по строению своему и легкости не страшатся ни ярости волн, ни бурь; они идут против самого ветра и переходят пространство 30 верст, разделяющее Петербург от Кронштадта, с небольшим в 3 часа... Таковых паровых судов устроено ныне Бердом четыре.

Из них два равны в силе 32-м, одно 25-ти и одно же 12-ти лошадям".

Вот интересная публикация от 1835 г., помещенная в "Коммерческой газете": "Со введения в России пароходов минуло уже 20 лет. В продолжение сего времени с пароходами случались во всех государствах Европы и Америки большие несчастья, но в России ничего подобного не было, а ныне уже существует у нас 52 парохода. Сверх того, весьма примечательно, что на Неве введен пароход прежде, нежели на Темзе, и что самое значительнейшее улучшение в устройстве, употребление двух паровых машин на судне, было сделано прежде всего в России в 1816 г., даже Шотландия в этом отстала..."

Надо заметить, что Ч. Берд на своем втором пароходе установил две шестнадцатисильные паровые машины, чтобы пароход мог успешно работать и в качестве буксира. Свою привилегию на пароходостроении в России Ч. Берд получил 9 июня 1817 г. Копии с чертежа парохода снял коллежский секретарь Я.П. Семенов, переписывавший на пергамент текст привилегии. Чертежи заверены директором департамента С.С. Джунковским и начальником

Пароход Берда на Неве





В.А. Всеволожский

чертежной О.И.Шарлеманом, начертавшим дату - "Июля 6 дня 1817 г."

Надо сказать и несколько слов о самих машинах и их создателях. Заводом Ч. Берда изготавливались энергетические установки в полном комплекте - машина и котел. Широко применялись цветные металлы, например, медь; в общей массе установки они занимали около 40 %. Несмотря на то, что русские заводы выпускали самые современные механизмы, они по-прежнему оставались тяжелыми. Удельный расход металла, приходившийся на каждую л.с. мощности, лежал в пределах 0,9...1,1 т. Не трудно рассчитать, что машина мощностью в 16 л.с. имела массу около 16 т.

Как известно, медь всегда была полудрагоценным металлом, из нее делали не только механизмы, но и чеканили монету. Поэтому стоимость машин, изготовленных на заводе Ч. Берда и других предприятиях в 20-х годах XIX века, была высокой. Например, машина в 40 л.с. стоила более 27 тыс. руб. серебром; а машина мощностью в 100 л.с., изготовленная на Александровском заводе обходилась заказчику более, чем в 60 тыс. руб. серебром. Экономичность машин тоже оставалась желать лучшего, та же 100-сильная машина ежедневно "пожирала" либо 10 т каменного угля, либо около шести кубических сажен дров.

Надо отметить отличное качество машин, построенных на русских заводах, например, 30-сильная машина Ижорских заводов, изготовленная в 1821 г., прослужила 30 лет; машины парохода "Богатырь" после 10 лет эксплуатации были столь хороши, что еще могли служить столько же, как и новый корпус (судна - В.Ш.). Машиностроением в России занимались не только иностранные инженеры и механики. Среди русских было много талантливых инженеров.

Российское Адмиралтейство стало проявлять интерес к машиностроению еще в 70-х годах XVIII в., когда стали появляться образцы, пригодные для промышленной эксплуатации и установки на судах. Тогда же появились адмиралтейские машинные мастера, способные руководить и постройкой, и сборкой, и ремонтом паровых двигателей. Среди них Р. Дмитриев, Ф. Борзев, С. Разумев; машинные подмастерья Е. Кокушкин, Д. Кондратьев и др. Было в достаточном количестве и специалистов рабочих профессий - слесарей, токарей, литейщиков и пр. Одним словом, машиностроительные предприятия России начала XIX в. ничем не уступали лучшим заводам зарубежных ведущих государств.

Но были и иностранцы, преимущественно шотландского происхождения. Например, уже известный нам Ч. Берд приехал в Россию девятнадцати лет от роду, работал на Олонецких заводах, в 1789-1791 гг. под руководством К.К. Гаскойна строил Кронштадтский литейный завод. М.Е. Кларк (1776-1846) с 16 лет работал на русских казенных заводах; У. Хэндсайнд (1793-1850) с 17 лет учился машиностроению на заводе Ч. Берда; много сделал полезного для русского машиностроения английский механик Т.Т. Шервуд, приехавший в Петербург в 1818 г.

Больших успехов и уважения россиян добился еще один англичанин, Александр Яковлевич Вильсон, в семилетнем возрасте привезенный в Россию, с 13 лет учился механике на русских заводах. Разработанный им кривошипно-шатунный привод на гребной вал безбалансирной паровой машины оказался лучшим в мире. Аналогичные механизмы для английских пароходов, спроектированные и построенные Гутццемером и Нэпиром, были непригодны к работе из-за неудачной конструкции, приводившей к частым поломкам. С 1807 г. А.Я. Вильсон стал директором Ижорских заводов и Александровской мануфактуры.

Теперь рассмотрим, как определяли мощность паровых машин в те стародавние времена на конкретном примере. На американском пароходе "Рочестер" машина имела поршень диаметром 43 дюйма, следовательно, его площадь равна 1452,2 дюйм². Давление пара в котле 45 фунт/дюйм²; машина работала с расширением и отсечкой пара на половине длины хода поршня, т.е. до падения в цилиндре давления в два раза или до 22,5 фунт/дюйм². Насос холодильника в нерабочей полости цилиндра создает разрежение ниже атмосферного давления на 10 фунт/дюйм². Следовательно, полное давление на поршень цилиндра было 32,5 фунт/дюйм².

Длина хода поршня была равной 10 футам (3,048 м). На полном ходу поршень делал 27 оборотов или двойных ходов в минуту, что соответствовало расстоянию 540 футов (164,592 м). Одна лошадиная сила соответствует работе, при которой 33 000 фунтов поднимаются на высоту 1 фут в минуту. Чтобы определить нарицательную мощность машины перемножаем: 1452,2 x 32 x 540; в результате получим произведение равное 25 486 110. Эту величину делим на 33 000, получаем мощность паровой машины парохода "Рочестер", равную 772,3 л.с. Этот расчет выполнен по формуле, предложенной Д. Уаттом, в соответствии с общепринятой размерностью того времени.

Пароходы Пожвинского завода В.А. Всеволожского

Всеволод Андреевич Всеволожский - богатый предприниматель, владелец Пожвинских заводов, камергер высочайшего двора - мог составить серьезную конкуренцию Ч. Берду. Он живо интересовался машиностроением и пароходостроением и тоже хотел, как и Ч. Берд, получить привилегию. Есть сведения, что он имел справки от местных властей об успешном испытании своих пароходов, и представил их в правительственные учреждения для оформления привилегии в 1816 г. Повторилась американская история, аналогичная той, что произошла между Р. Фултоном и Дж. Стевенсом. Ч. Берд оказался впереди, как и Р. Фултон в Америке.

Разница лишь в том, что американское правительство, убедившись в невыгодности для страны при-



Теперь рассмотрим, как определяли мощность паровых машин в те стародавние времена...

вилегии Р. Фултона, отменило ее действие, предоставив тем самым свободу действия другим изобретателям. В России дело обстояло иначе. Вначале деятельность Ч. Берда играла положительную роль в развитии русского пароходостроения. Но очень быстро безраздельная бердовская привилегия на строительство и эксплуатацию пароходов на Финском заливе, Черном, Азовском и Каспийском морях, а также на всех русских реках, стала подавлять инициативу русских изобретателей и предпринимателей. Их проекты попадали на рассмотрение к Ч. Берду и, как правило, терялись в дебрях его архива. Затевалась долгая и бесплодная переписка, и деле потихоньку глухло. Немало помешал Ч. Берд и В.А. Всеволожскому, который мог бы продвинуть русское пароходостроение на новые рубежи.

О том, что дела у В.А. Всеволожского шли неплохо, свидетельствует публикация в газете "Московские ведомости" № 43 от 27 мая 1816 г., где, в частности, говорится: "...что в Пермских заводах его ... делают ... всякой величины железные котлы ... для паровых машин, да самые паровые машины отделяют со всей потребной тщательностью и возможной поспешностью. ... отделку же паровых машин... видеть можно на Макарьевской ярмарке, куда отправлен будет паровой бот, отделений на заводах его для взводки соляных людей и бархотов вверх по Волге".

Со временем Ч. Берд, видимо, понял, что производственных мощностей его завода на вою Россию не хватит, и в 1820 г. уступил свои права на строительство пароходов на Волге Д.Н. Евреинову, а В.А. Всеволожский получил его согласие на строительстве двух пароходов на Каме и Волге. Так российское пароходостроение пробивалось и утверждалось на Руси. В конце концов, Ч. Берд оставил за собой право на строительство пароходов лишь в Петербурге.

В.А. Всеволожский живо интересовался всем, что связано с машиностроением и пароходостроением, обо всех новинках техники ему сообщали сыновья, учившиеся в Петербурге. Вот, в частности, что писал ему сын Александр 19 апреля 1816 г.: "Все, что буду я знать вышедшее новое, буду присылать". В том же письме был приложен чертеж "самоновейшей паровой машины". Есть предположение, что гребные колеса для первых пароходов В.А.Всеволожского спроектировал И.П. Кулибин, который был дружен с братьями Всеволожскими.

Так или иначе, Всеволод Андреевич был уверен в успехе своего предприятия, об этом свидетельствует объявление, опубликованное им в "Московских ведомостях" № 27, 1816 г.: "...Отделку же паровых машин, изготовленных на заводе его, видеть можно на Макарьевской ярмарке, куда отправлен будет паровой бот, отделанный на заводе для наводки соляных людей и бархот вверх по Волге..."

В письме сыну Александру от 23 мая 1816 г. он писал: "...Бот мой совсем почти готов и я начинаю устанавливать паровую машину на 24 лошадей новой конструкции сделанную, которую отправлю под покровительством Никиты Всеволодовича к Макарию..." Сам же Всеволод Андреевич собирался ехать на ярмарку своим пароходом. Но работы по постройке судна затянулись до 3 октября. В том же письме он просил сына прислать ему чертежи по новой машине Ч. Берда, "... дабы сделать сравнение той и другой..."

Говорят - "первый блин комом". Вот и первый пароход В.А. Всеволожского получился неудачным. Испытания выявили множество конструктивных недостат-

ков, которые свели на нет возможность коммерческой эксплуатации судна; ярмарка, отшумевшая на левом берегу Волги ниже устья Керженца и имевшая важное торгово-промышленное значение, так и не увидела пароход. Но неудача не остановила русского предпринимателя. Зимой 1816 - 1817 гг. он строит сразу два парохода, один мощностью 36 л.с. и другой, небольшой с машиной в 6 л.с. Судостроители пытались внедрить в практику все последние достижения машиностроения того времени.

На них установили паровые машины безбалансирные, с шатуннокривошипным приводом на гребной вал и без маховиков - для того времени очень смелое инженерное решение. На большой пароход установили две машины мощностью по 18 л.с. Мотыли гребного вала располагались так, что поршень одной из машин всегда находился в рабочем положении, в то время как другой поршень в это время мог проходить мертвую точку, завершая рабочий ход. Гребные колеса вращались плавно, без рывков и ускорений.

Вот что писала по этому поводу в 1835 г. "Коммерческая газета", выходящая в Петербурге: "...Самое значительное улучшение и устройство - употребление двух паровых машин на судно было сделано прежде всего в России в 1816 г. Машина была приводной, и вращение гребного вала осуществлялось через шестеренную передачу..." Все три судна Пажвинского завода спроектировал и построил горный инженер П.Г. Соболевский, приглашенный на работу В.А. Всеволожским еще в 1815 г. Сведений о первых пароходах Пажвинского завода сохранилось сравнительно немного. Есть свидетельство пермского городничего, пристава водных сообщений пермской дистанции пути и Соликамского уездного суда Пермской губернии.

Их ходовые испытания начались летом 1817 г. Первым вышел малый пароход. В середине августа оба судна совершили пробный рейс по Пажве, Каме и Волге, 17 сентября они прибыли в Казань. В этом рейсе на борту большого парохода находился сам В.А. Всеволожский со своим многочисленным семейством, закончив вояж, он отправил суда обратно на Пажву. Обратное плавание затянулось из-за тиходности малого парохода, многочисленных остановок для пополнения запаса дров, были и мелкие поломки.

Ранний ледостав застиг суда на Каме в 140 верстах ниже Сарапула у села Тихие Горы. Суда оказались на открытом плесе, где и вмерзли в лед. Из-за малой глубины места они примерзли к грунту, и при ве-



А.Я. Вильсон

Первый пароход Пажвинского завода конструкции П.Г. Соболевского



сеннем ледоходе корпуса получили сильные разрушения, особенно корпус большого парохода, его пришлось продать на дрова. Машины демонтировали вместе с котлами, после чего подвергли тщательному ремонту. Малый пароход поставили на отстой в Сарапуле под попечительство местного городничего.

Прознав про пожвинские пароходы, Ч. Берд подал жалобу в Департамент путей сообщения на то, что деятельность В.А. Всеволожского может его, Берда, "...ввергнуть в невозвратные убытки". Разбирательство по делу приостановило на некоторое время судостроение на Пожвинском заводе, но ненадолго.

Уже зимой 1819 г. началась постройка новых корпусов под руководством С.П. Истомина и П.К. Кузнецова; машины приводили в порядок Петр Карпович и Иван Григорьевич Казанцевы. Из свидетельства заседателя Соликамского нижнего земского суда Корovina от 6 ноября 1820 г. известно: "...свидетельствованный из оных пароходов один, построенный при Пожвинском заводе, по которому оказалось: пароход построен из пильного соснового и елового леса, длиною по днищу одиннадцати (23,47 м), а по поверхности - четырнадцати сажен четырех вершков (29,86 м), ширина среди судна по днищу трех сажен, а по поверхности - трех сажен и одного аршина (6,44 м)..

Для ходу и действия оного парохода устроены при оном Пожвинском заводе две паровые машины со всеми принадлежащими к действию оных приборов каждая силою против шестнадцати лошадей, при оных из котельного катального железа котёл мерою в тысячу ведер, внутри коего для топления, из такого же железа печь, имеющая высоты шесть четвертей два вершка (1,15 м) с приведенною от оной посреди котла дымовую трубу из такого же железа сделанною".

Осадка судна порожнем была 0,4 м, а в полном грузу - 1,3 м. Предполагалось, что судно сможет буксировать баржу грузоподъемностью 5...12 тыс. пудов. Видимо, В.А. Всеволожский намеревался расширить судостроение на своем заводе, т.к. в 1821 г. пригла-

сил к себе на работу корабельного мастера Данилу Афанасьевича Вишнякова, как было зафиксировано в договоре, "...для построения при оном стимботов для плавания по рекам Каме и Волге".

Между тем, тязба с Ч. Бердом закончилась тем, что на его завод было поставлено 49 т листового железа безвозмездно, стороны пришли к взаимному удовлетворению (по ценам С. Петербургской биржи стоимость железа определялась в 18 тыс. руб.). Уже в мае 1821 г. прошли испытания нового парохода на Каме. Скорость составила 1,5...2 версты в час (1,6...2,13 км/ч). Столь низкая скорость хода объяснялась большой скоростью течения, малым числом оборотов гребных колес, малой высотой дымовой трубы "...оттого дрова в котле горят не так ярко и пары накопляются не скоро". Трубу нарастили на 5 аршин, чем довели её общую высоту до 14 аршин (9,95 м). После этих усовершенствований скорость хода возросла до 3 верст в час против течения.

Из-за того, что энергетическая установка парохода была несколько смещена к носу судна, оно имело соответствующий дифферент. Для посадки его на ровный киль в корме пришлось заложить 33 т балласта, что увеличило и среднюю осадку до 6 четвертей (1,06 м). В первый свой рейс на Рыбинск пароход вышел 12 июня 1821 г. Были устроены торжественные проводы. Судном командовал Николай Осипович Беспалов, механиком был П.К. Казанцев, а его помощниками Иван Горбунов, Яков Волков, Андрей Лопатин и Алексей Полковников, в состав экипажа входили также 2 лоцмана, кузнец, 2 столыра и 6 матросов.

Котел сундучного типа обладал очень низкой паропроизводительностью, поэтому в Казани удлиннили на метр его топку. Дело пошло лучше, и преодолев путь около 2000 км, судно 27 июля 1821 г. пришло в Рыбинск. В плавании выяснилось, что для работы в качестве буксира судно не пригодно. С него сняли машину и отправили в Петербург, корпус отправили обратно на Пожву. Там он обветшал и был разобран на дрова.

Реконструкцию пожвинского парохода выполнил корабельный инженер Н.К. Дормидонтов. В соответствии с его данными судно имело длину по КВЛ 22,9 м, ширину 5,2 м, среднюю осадку 1,05 м. Высота борта от ОП на миделе была 2,9 м. Ширина корпуса с кринолином 9 м, длина габаритная 27,7 м. Судно имело надстройку по всей длине корпуса, возвышавшуюся над главной палубой на 0,75 м. Дымовая труба возвышалась над палубой почти на 8 м. Позади машинно-котельного отделения (МКО) располагался отсек для дров. К носу и к корме от МКО и дровяного отсека в корпусе судна располагались жилые помещения.

И хотя пароходы пожвинского завода так и не были выведены на режим коммерческой эксплуатации, их роль в становлении пароходного дела в России неопределима. Приобретен опыт постройки специальных корпусов, рассчитанных на применение паровых машин; появился опыт эксплуатации паровых котлов, механики научились соотносить паропроизводительность котла с потребностями машин в паре; а главное, появились свои доморощенные механики и проектировщики паровых машин и котлов к ним.

Главный же вывод заключается в том, что Россия в области пароходостроения шла вровень с ведущими государствами Мира, ни в чем им не уступая. **П**

(Продолжение следует.)

Пароходы у Английской набережной Санкт-Петербурга



И как пример для подражания.



Чтобы стать **большим примером для подражания**, крупные размеры не требуются. Наоборот. Концепция нашего нового станка С 12 восхищает своей **компактностью**, чрезвычайной **малогабаритностью** конструкции – причем с наличием **встроенного инструментального магазина**. Он может быть оснащен **71 инструментом**. И все это в сочетании с широко известными **качеством, долговечностью и точностью** оборудования Hermle для самой современной **5-осевой технологии обработки**.

ООО Хермле Восток

ул. Полковная д. 1, стр. 6

127018 Москва, Россия

Тел.: +7 495 627 36 34 Факс: +7 495 627 36 35 E-mail: info@hermle-vostok.ru



GRIND-X

Okamoto

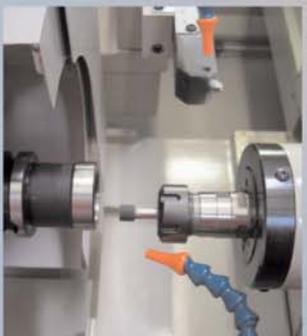
OKAMOTO PRECISION SYSTEMS

ПРЕЦИЗИОННЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

От высокоточных инструментальных решений до нанотехнологий



**80 лет
инноваций и
лидерства**



UPZ-210Li-II - ультрапрецизионный высокоскоростной
профилешлифовальный станок Okamoto
с ЛД по осям XYZ и системой КЧПУ Sodick

Sodick

www.sodick.ru

Smart Pulse & Smart Linear



**ШЕРОХОВАТОСТЬ
< Ra=0,05 мкм**

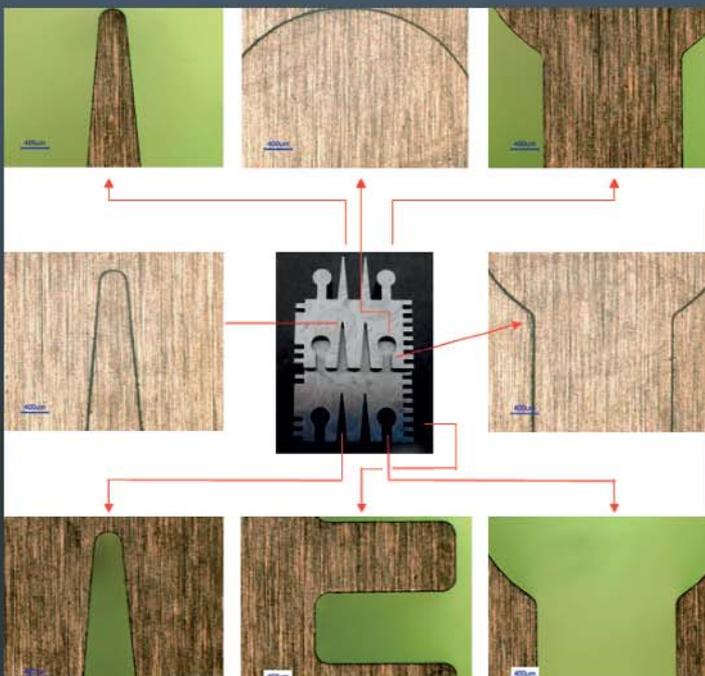


SL400G

SL600G

**ЛИНЕЙНЫЕ
ПРЕЦИЗИОННЫЕ
ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ
ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ
СТАНКИ**

**СТРАТЕГИЧЕСКИЕ
ИННОВАЦИИ
ПИОНЕРА И ЛИДЕРА
НАНОТЕХНОЛОГИЙ В
МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ**



ВИДЕОЭНДОСКОП VUCAM X0

ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АВИАДВИГАТЕЛЯ

ISSN 999-02109



**Артикуляция 130°
в любом
направлении**

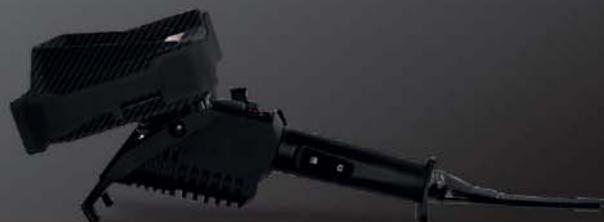
**Возможность
производить
стереоскопические
измерения
геометрических
параметров
дефектов**

Визуально-оптическая диагностика с применением видеоэндоскопа **VUCAM X0** позволяет выявить забоины, трещины, эрозионный износ, прогары, деформации, нарушение покрытий на деталях компрессора, турбины, камеры сгорания, реактивного сопла и других узлов без разборки двигателя.

Современный сенсорный дисплей
Документирование результатов контроля
Фотоснимки во время записи видео
Удобный файл менеджер

Ретроспектива записи видео изображения
Поддержка карт памяти SD
Горячие клавиши
Прочная и легкая конструкция

Источник света с пожизненной гарантией
Возможность регулировки уровня наклона монитора



Официальное представительство
viZaar industrial imaging AG
в России и странах СНГ

197022, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова 37В
+7 (812) 748-28-47

info@vizaar.ru
www.vizaar.ru