ДВИГАТЕЛЬ
Основан в 1907 г.

Двигатель

Научно-технический журнал № 1-2 (133-134 + 244) 2021

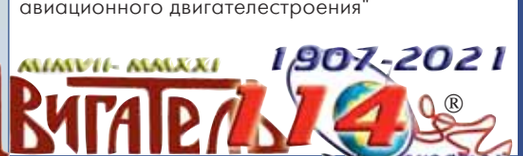
MAKS 2021

Полёт в вечность стр 2
"Фрогги"-самолёт на воздушной подушке стр 8
Турбулентность: К вихревому стр 14
Аэро - Сила! стр 18
Матрица системы элементов стр 20
Наука - самое важное и полезное стр 34
творение человеческого ума
XVIII Олимпиада по истории авиации стр 70

Е АUЁ IIIAIA, IIIAIA ADOAIA...

Редакционный совет

Агульник А.Б., д.т.н.,
заведующий кафедрой "Теория воздушно-реактивных двигателей" МАИ
Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,
профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Богуслаев В.А., д.т.н.,
Президент ПАО "МОТОР СИЧ"
Воронков Ю.С., к.т.н.,
зав. кафедрой История науки РГГУ
Гейкин В.А., д.т.н.,
заместитель генерального директора - руководитель приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения" АО "ОДК", директор филиала НИИД АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"
Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
Драгунов В.К., д.т.н.,
проректор по научной работе НИУ "МЭИ"
Жердев А.А., д.т.н.,
Декан факультета "Энергомашиностроение", руководитель Научно-учебного комплекса МГТУ им. Н.Э. Баумана
Зрелов В.А., д.т.н.,
профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
Каторгин Б.И., академик РАН
Кравченко И.Ф, д.т.н.,
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
Кутенев В.Ф., д.т.н.,
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
Ланшин А.И., д.т.н.,
научный руководитель - заместитель генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
Марчуков Е.Ю., д.т.н.,
генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Люлька
Пустовгаров Ю.Л.,
советник генерального директора АО "Вертолеты России"
Равикович Ю.А., д.т.н.,
проректор по научной работе МАИ
Рачук В.С., д.т.н.,
председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
Рогалёв Н.Д., д.т.н.,
ректор НИУ "МЭИ"
Ружьев В.Ю.,
первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
Рыжов В.А., д.т.н.,
главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
Ситнов А.П.,
президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ им. М.В. Хруничева"
Соколов В.П., д.т.н.,
Директор Российского учебно-научно-инновационного комплекса 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,
академик Международной инженерной академии
Заместитель главного редактора
Дмитрий Александрович Боев
Ответственный секретарь
Александр Николаевич Медведь, к.т.н.
Финансовый директор
Наталья Валерьевна Шевченко
Редакторы:
Александр Григорьевич Лиознов
Андрей Иванович Касьян, к.т.н.
Аделия Юрьевна Бурова
Максим Анатольевич Розсыпало
Юрий Романович Сергей, к.т.н.
Литературный редактор
Эрнст Галсанович Намсараев
Художественные редакторы:
Александр Николаевич Медведь
Владимир Николаевич Романов
Техническая поддержка
Ольга Владимировна Шаронова, к.пед.н.
В номере использованы фотографии, эскизы и рисунки:
А.И. Бажанова, Д.А. Боева, А.В. Ефимова, А.Н. Медведя, И.М. Ивановой, В.Н. Романова и др.

Адрес редакции журнала "Двигатель":

111250, Россия, Москва,
ул. Красноказарменная, 14.
Тел./факс: +7(495) 362-7891
dvigatell@yandex.ru
boeff@yandex.ru
aib50@yandex.ru
www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2020 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 информации и наличие в материалах фактов, не подлежащих разглашению в открытой печати, лежит на авторах публикаций.
Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов.
Перепечатка опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Ссылка на журнал при перепечатке обязательна.

Журнал "Двигатель", рекомендован экспертными советами ВАК по техническим наукам, механике, машиностроению и машиноведению, энергетическому, металлургическому, транспортному, химическому, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1493 в общероссийском Перечне 2020 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©
зарегистрирован в ГК РФ по печати.
Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.
23-й (114-й) год издания.
Отпечатано
ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.
Тираж 3 000 экз.
Периодичность: 6 выпусков в год.
Цена свободная.

“№ 1-2 (133-134) Январь-Апрель 2021

2 ***Полёт в вечность***
А.Л. Абасов

6 ***30 лет АССАД: полёт нормальный***
В.В. Агеев

8 ***"Фрогги" - двухместный самолёт с шасси на воздушной подушке***
В.П. Морозов

10 ***Проектирование и запуск исследовательского модуля для мониторинга параметров околоземной атмосферы***
М.А. Касьянова, М.А. Черкасова, С.Л. Березина, Д.С. Зубрицкий

12 ***К 15-летию первого в мире лётного испытания ГПВРД на жидком топливе*** ***Репринт статьи “Двигатель” № 6 2006 г.***
В.А. Виноградов, В.Л. Семёнов, Ю.М. Шихтман

14 ***Турбулентность. Переходный процесс от ламинарного к вихревому***
Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков

17 ***Информация. Электрические самолёты***

18 ***Аэро - Сила!***
В. Соколовский

20 ***Орбитально-групповая объёмная матрица периодической системы химических элементов***
А.А. Сперанский, Т.Г. Сперанская

34 ***Наука - самое важное и полезное творение человеческого ума. К 75-летнему юбилею А.А. Сперанского***
Е.М. Малитиков, В.Н. Умников, А.А. Цернант, А.И. Бажанов

41 ***50 лет первым в СССР испытаниям авиадвигателя на водороде*** ***Репринт статьи “Двигатель” № 5 2017 г.***
В.И. Гуров

42 ***Механика сплошных сред. Турбулентность сплошных сред***
А.И. Бажанов, Н.Ю. Кочетков, А.А. Сперанский

46 ***Мы и мир***
Д.А. Боев

49 ***Уравнение энергии в форме Пуассона для решения задач ламинарного течения***
М.К. Мкртчян

49 ***Информация. МАИ и ОДК-Климов договорились о сотрудничестве***

50 ***Управленческий анализ финансовой отчётности ПАО "ОДК-Кузнецов"***
И.И. Ицкович, О.В. Камакина

52 ***Особенности современных американских крылатых ракет воздушного базирования***
А.И. Касьян, И.А. Нестеров

55 ***История авиации и космонавтики в городе на Неве***
В.В. Лебедев

56 ***Зарубежные авиационные турбовентиляторные двигатели для сверхзвуковых самолётов***
В.А. Зрелов

70 ***XVIII Олимпиада по истории авиации и воздухоплавания***
С.В. Александрова, А.И. Бажанов

73 ***О первых полётах на водородном топливе*** ***Репринт статьи журнала “Двигатель” № 3 2018 г.***
Д.А. Боев

74 ***Выставка "Наши достижения" 1934 года (фотографическое наследие в фондах Политехнического музея)***
Г.С. Талипова

78 ***Танки - от и до***
О.Н. Брилёв

ПОЛЁТ В ВЕЧНОСТЬ

Александр Леонидович Абасов, к.т.н., ветеран ВС СССР, Председатель совета ветеранов Федерального государственного унитарного предприятия "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова"

Первый полёт вокруг Земли длился всего 108 минут. Это был первый шаг человечества, уверенно ступившего в будущее. Оно ещё не совсем представляло, какими будут последующие шаги. А каждый шаг был не только новым, но и трудным одновременно. Новым - потому, чтовсе делалось впервые, трудными - потому что каждый шаг был продвижением в неизвестное, познанное пока лишь умом человека. Это было продвижением к достижению общечеловеческой мечты - познанию тайн окружающего мира. Известно, что достижение мечты - это задача, связанная не только с преодолением трудностей, но и с жертвами, которые обязательно будут на этом пути. Люди, выбравшие такой путь, понимали всё это. И всё же они смело вступили на него.

Первый и значимый шаг к освоению Космоса был сделан 12 апреля 60 лет назад нашей страной, советским гражданином Юрием Алексеевичем Гагариным. Знаменитое гагаринское "Поехали!" навсегда вошло в лексикон первооткрывателей. В настоящее время полёт в Космос и длительное пребывание в нём космонавтов стали довольно частым явлением. Мы сейчас даже не знаем всех, кто совершил полёты в космическое пространство.Уже более пятисот человек побывало в космосе, совершено несколько десятков выходов открытый Космос.

Путь в Космос люди начали прокладывать задолго до полёта Ю.А. Гагарина. В произведениях фантастов, ещё в 19 веке встречаем некоторые методы решения этой проблемы - воздушные шары, мощные пушки и, наконец, ракеты. Практическая подготовка к покорению космического пространства началась с первого полёта человека на аппарате тяжелее воздуха в начале двадцатого века. Затем шло освоение скоростей и высот полёта с преодолением звукового барьера и выходом за пределы атмосферы.

В СССР реализация официально не оформленной в то время программы полёта в Космос началась с работ К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера, ГИРДовцев, Ю.В. Кондратюка и др. учёных ещё в 20-30-х годах прошлого столетия. Наверное, как первый успешный опыт серийных работ в этой области, следует отметить создание ещё до войны знаменитых "Катюш". Но рождение предприятий по разработке и производству ракетно-космической техники как отрасли промышленности, началось в СССР в годы войны, и оформилось в конце 40-х годов. После войны рождались новые производства, НИИ, лаборатории, испытательные станции и структуры управления, что позволило успешно продвигаться к намеченной цели. Этому способствовала также международная обстановка того времени: США, обладатели ядерного оружия, со своими союзниками по НАТО окружили Советский Союз сетью военных баз. Это создавало непосредственную угрозу безопасности государства. И по средствам доставки этого оружия - тяжёлым бомбардировщикам - наша страна существенно отставала. Руководство страны, учёные понимали, что противопоставить этому можно только создав в кратчайшее время ракетно-ядерный щит. Поэтому первоначально разрабатывались ракеты военного назначения, одновременно с прицелом на использование в мирных целях - для полёта человека в Космос. Как показали дальнейшие события, такая концепция оправдала себя полностью.

4 октября 1957 г. - начало космической эры. Создание ракет, обеспечивших достижение первой космической скорости, позволило Советскому Союзу вывести на околоземную орбиту первый в мире искусственный спутник Земли. Весь мир увидел его как ярко светящуюся точку, быстро перемещающуюся по небу, и услышал короткие "бип, бип" сигналы, доносившиеся из радио - и телеприемников. И всё это удалось в стране, понёсшей большие потери в прошедшей войне.

Активным периодом подготовки полёта человека в космическое пространство было время, когда шла отработка всех систем космических аппаратов под конкретные задачи. К числу таких работ следует отнести запуск 3 ноября 1957 г. космического корабля с собакой на борту. Лайка - первое животное, выведенное на орбиту Земли, (которая, к сожалению, погибла во время полёта от перегрева).

2 января 1959г. СССР запустил первый в мире космический аппарат - "Луну-1", достигший уже второй космической скорости, преодолевший притяжение Земли, облетевший вокруг Луны и ставший искусственным спутником Солнца.

В том же году 14 сентября 1959 г.автоматическая станция "Луна-2" впервые достигла поверхности Луны. И не прошло и месяца - 7 октября 1959 г. - автоматическая станция "Луна-3" впервые сфотографировала восточную часть обратной стороны Луны.

20 августа 1960 г. было осуществлено первое возвращение животных (популярных нынче, благодаря СМИ Белки и Стрелки) с орбиты искусственного спутника Земли.

12 апреля 1961 года совершён первый в мире полёт на околоземную орбиту космонавта Юрия Алексеевича Гагарина на космическом корабле "Восток - 1". Этим полётом советские учёные, инженеры и рабочие заявили всему миру, что наступил новый этап в освоении Космоса - пилотируемые полёты с человеком на борту.

Таким образом, программы создания ракетно-ядерного щита и полёта человека в Космос были успешно выполнены. Если о выполнении первой задачи были спокойные сообщения ТАСС о запусках ракет в заданный район на Камчатке, то решение второй задачи было отмечено всем прогрессивным человечеством с эмоциями высочайшего уровня.

Первый полёт человека в Космос, именно советского гражданина, оказался мировой сенсацией. Ликование, гордость советских людей за совершенный подвиг Юрием Алексеевичем были такими, каких не было со дня Победы в Великой Отечественной войне. Ликовали не только народы Советского Союза. В мае 1961г. я был в командировке в Венгрии, Румынии и Болгарии. В газетах этих стран центральное место занимали сообщения о полёте первого человека в Космос, портреты Юрия Гагарина, фотографии ракеты и корабля "Восток". Мне часто приходилось слышать два слова: "Браво Гагарин!" Руководители всех стран слали советскому руководству поздравления с величайшим в истории человечества достижением. Зарубежные поездки Юрия Алексеевича были триумфальными. Юрий Алексеевич Гагарин стал достоянием всего человечества.

А ведь ещё в ходе войны и после её окончания руководители Западных стран отводили нашей стране годы и годы для восстановления народного хозяйства. Но массовый трудовой героизм советских людей уже в 1948 году позволил стране достичь довоенный уровень промышленного производства. В 1949 году в СССР была испытана атомная бомба, в 1953 году - водородная бомба, в июне 1954 года введена в строй первая в мире атомная электростанция...

И вот - в октября 1957 года - первый в мире искусственный спутник Земли, открывший космическую эру Земли.

Американцы впервые полетели в космос на месяц позже Гагарина, 5 мая 1961 года. Трансорбитальный полёт Алана Шепарда на космическом корабле "Меркурий-Редстоун 3" стал вторым полётом человека в космос и первым - для США. Ступень "Редстоуна"

"Меркурий" поднялась на максимальную высоту в 187 км, и приводнилась в 190 километрах от места запуска. Весь полёт занял 15 с половиной минут. 20 февраля 1962 года совершил полёт американский астронавт Джон Гленн. Он стал первым американским астронавтом, совершившим орбитальный космический полёт. На корабле "Меркурии-Атлас-6" он три раза облетел земной шар.

За время после полёта Ю.А. Гагарина было много достижений в космической индустрии. Были, конечно, и утраты. В небольшой статье нет возможности рассматривать все достижения советской и российской космонавтики, в том числе, и мировой. Перечислю только некоторые, наиболее важные, с моей токи зрения.

6 августа 1961 г. состоялся первый суточный космический полёт космонавта Г.С. Титова на космическом корабле "Восток-2".

12-15 августа 1962 г. совершён первый групповой полёт двух кораблей "Восток-3" - А.Г. Николаев и "Восток-4" - П.Р. Попович.

16 - 19 июня 1963 г. впервые в мире женщина - космонавт В.В. Терешкова совершила полёт в Космос на корабле "Восток-6".

18 марта 1965 г. А.А. Леоновым был совершён первый выход из корабля "Восход-2" в открытое космическое пространство.

31 января 1966 г. произведён запуск первой автоматической станции "Луна-9", которая 3 февраля совершила посадку на Луну. С помощью телевизионной системы на Землю были переданы панорамы лунного ландшафта.

18 сентября 1968 г. - первый облёт Луны аппаратом с животными на борту с последующим возвращением на Землю.

15 января 1969 г. осуществлён запуск двух пилотируемых кораблей - "Союз-4" с космонавтом В.А. Шаталовым и "Союз-5" с космонавтами С.В. Волыновым, Е.В. Хруновым и А.С. Елисеевым, которые 16 января впервые совершили стыковку и переход через открытый Космос Е.В. Хрунова и А.С. Елисеева из "Союза-5" в "Союз-4".

20 июля 1969 года американский пилотируемый космический корабль "Аполлон-11" (Apollo 11) в ходе полёта 16-24 июля, впервые в истории доставил жителей Земли на поверхность другого небесного тела - Луны. Командир экипажа Нейл Армстронг и пилот Базз Олдрин посадили лунный модуль корабля в юго-западном районе Моря Спокойствия и оставались на поверхности Луны в течение 21 часа 36 минут и 21 секунды. Всё это время пилот командного модуля Майкл Коллинз ожидал их на окололунной орбите. Астронавты совершили один выход на лунную поверхность, который продолжался 2 часа 31 минуту 40 секунд. Первым человеком, ступившим на Луну, стал Нейл Армстронг. Это произошло 21 июля. Через 15 минут к нему присоединился Олдрин.

17 августа 1970 г. произведён запуск автоматической станции "Венера-7", которая 15 декабря совершила мягкую посадку на поверхность Венеры.

12 сентября 1970 г. - запуск автоматической станции "Луна-16" с посадкой на Луну. Впервые был доставлен на Землю лунный грунт.

10 ноября 1970 г.произведён запуск автоматической станции "Луна-17", которая 17 ноября доставила на Луну первый самоходный аппарат "Луноход-1" для проведения научных исследований на поверхности Луны. Проработал на её поверхности почти год. Масса "Лунохода-1" составила 756 кг.

27 ноября 1971 г. спускаемый аппарат автоматической станции "Марс-2" впервые достиг поверхности Марса.

2 декабря 1971 г. осуществлена первая мягкая посадка спускаемого аппарата на Марсе с автоматической станции "Марс-3".

16.1.1973 г. с помощью автоматической станции "Луна-21" в район восточной окраины Моря Ясности был доставлен "Луноход-2". За 5 лунных дней в условиях сложного рельефа "Луноход-2" прошёл расстояние 37 км.

17 июля 1975 г. выполнена первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей - советского "Союз-19" с космонавтами А.А. Леоновым и В.Н. Кубасовым и американского "Аполлон" с астронавтами Т. Стаффордом, Д. Слейтоном и В. Брандом.

22 октября 1975 г. выведен на орбиту Венеры искусственный спутник этой планеты - "Венера-9", с которого были переданы на Землю телевизионные изображения поверхности планеты.

19 - 27 августа 1982 г. совершён полёт второй в мире женщины-космонавта С.Е. Савицкой на корабле "Союз Т-7".

10 и 14 октября 1983 г. выведены на орбиту вокруг Венеры автоматические станции "Венера-15" и "Венера-16". Осуществлено радиолокационное картографирование поверхности планеты.

20 февраля 1986 г. был выведен на орбиту базовый блок многомодульной постоянно действующей научной станции "Мир".

21 декабря 1987 г - 21 декабря 1988 г. космонавтами В.Г. Титовым и М.Х. Макаровым совершена первая экспедиция на станцию "Мир" с продолжительностью пребывания в один год.

15 ноября 1988 г. выполнен первый полностью автоматический полёт в космос воздушно-космического корабля "Буран".

23 марта 2001 г. орбитальная станция "Мир" затоплена в водах Тихого океана. Отработала 15 лет, вместо запланированных пяти.

28 апреля 2001 г.отправился в Космос первый космический турист Денис Тото (США).

5 апреля 2011 г.в полёт отправился корабль с названием "Гагарин" с двумя космонавтами на борту А. Самокутяевым, А. Борисенко (Россия) и Американским астронавтом Р. Гараном.

9 апреля 2021 года полёт космического корабля "Ю.А. Гагарин" был повторён, когда Союз МС-18 с помощью ракеты носителя "Союз-2.1а", взлетев со стартовой площадки № 31 космодрома Байконур, доставил к международной космической станции трёх участников космических экспедиций МКС-64/65: российских космонавтов О. Новицкого и П. Дуброва и американского астронавта М.В. Хай.

С 1998г - по настоящее времяв эксплуатации находится международная космическая станция. МКС родилась после стыковки модулей "Unity" США и "Заря" России. Совместный международный проект, в котором в настоящее время участвуют 14 стран.

Перечисленным и многим другим достижениям в освоении ближнего и дальнего Космоса - всем им дорогу проложили Юрий Алексеевич Гагарин и его товарищи. Астронавт Нейл Армстронг, первым ступивший на Луну, сказал о Юрии Гагарине: "Он всех нас позвал в космос".

О первых космонавтах, об их достижениях, СМИ в своё время писали, уверен и впредь будутписать много. К этой теме всегда будут возвращаться. Сейчас, в очередную годовщину полёта Первого Космонавта, не лишним будет снова говорить о нём. Каким он был, каким видели Юрия Алексеевича его современники.

В моей жизни была счастливая возможность какое-то время находиться в нескольких шагах от первых космонавтов, учась в академии им. проф. Н.Е. Жуковского в одно время с ними. Наши маршруты по аудиториям академии часто пресекались. Я встречал Юрия Алексеевича и его коллег в нашем книжном магазине, на общеакадемических мероприятиях. Во время перерывов между лекциями общались в месте, отведённом для отдыха. Юрий Алексеевич был общительным, обладал доброжелательной и открытой улыбкой, доступен и прост в общении. Это же можно сказать и о его товарищах.Увидев у меня на кителе знак лётчика, поинтересовался, на каких самолётах я летал, где служил. Когда я сказал, что служил в Приморье, на острове Сахалин, он ответил: "А я - на Севере". Ещё спросил: "Как учёба?" Я ответил, что нормально. "У меня тоже",- сказал он. Были ещё встречи и моменты общения.

Последняя моя встреча с Ю.А. Гагариным состоялась в 1967 году, когда он работал над дипломом. Я в это время работал над курсовым проектом по самолёту. У него научным руководителем был заместитель начальника Академии по научной и учебной работе Сергей Михайлович Белоцерковский, известный учёный в области аэродинамики.

Как сейчас помню один из вечеров, по-моему, в декабре. В 22 часа я уходил домой. Спустился в гардероб, оделся. Смотрю, спускается Юрий Алексеевич, взгляд был задумчивым. Увидев меня, улыбнулся, подошёл ко мне, в это время здесь больше никого не было, поздоровались. Перекинулись вопросами и ответами о жизни. В конце я спросил его: "*Юрий Алексеевич, что это так поздно приехали*?" В ответ услышал: "*Много времени, помимо прямых обязаннос-*

С.М.Белоцерковский. Портрет работы худ. В.Савенкова. Экспонат ливенского краеведческого музея

тей, отнимают общественные мероприятия. Часто приходится встречаться с людьми, ездить в другие города. Времени не хватает на диплом. Стал отставать от плана работы над дипломом. Придётся ночи прихватывать...". Вот таким он был. Звёздной болезнью не страдал. А ведь в то время Юрий Алексеевич был Героем Советского Союза и кавалером высших знаков отличия ряда государств. Находился на вершине славы.

Человеком он был скромным и до полёта в Космос и после. У меня был друг, который служил с Юрием Алексеевичем на Севере в одном гарнизоне. Он рассказывал, что Юра, так он его называл, очень увлекался спортом. В свободное время играли в волейбол, футбол, баскетбол. При своём не высоком росте он играл прилично и азартно. Был надёжен в защите. Когда они выезжали на соревнования, всегда брали его в сборную команду. В команде держал себя просто. Друг подарил мне любительскую фотографию, на которой запечатлён Юрий на баскетбольной площадке. Эту фотографию я нигде не встречал. Видим, что он огорчён, потому что пропущен результативный бросок по корзине его команды.

Ю.А. Гагарин на баскетбольной площадке, 1958г.
Из личного архива А.Л. Абасова

И ещё рассказывал, что перед возвращением домой Юра всегда ходил по магазинам и искал оригинальные подарки своей жене Вале. Любил он её.

Вот что писал о Ю.А. Гагарине С.М. Белоцерковский в журнале "Юность": "*Гагарин всегда был внимателен и чуток к окружающим его людям. Делать добро людям независимо от их положения было главной сущностью его натуры... Удивительный человек был Юрий Алексеевич; он со всеми находил общий язык, мог говорить именно о том, что интересно собеседнику"... О защите дипломного проекта: "Успех был полный: Гагарин получил диплом с отличием и единственный из космонавтов был рекомендован в заочную адъюнктуру Академии*"...

И ещё из воспоминаний Сергея Михайловича Белоцерковского: "*Вот они сидят друг против друга, два выдающихся настоящих Человека: Главный Конструктор (космических кораблей)и Первый космонавт. Сколько взаимного уважения, симпатии и любви! Какими глубокими узами связаны они: единомышленники, энтузиасты, посвятившие свою жизнь, готовые отдать и отдавшие её во имя осуществления вечной мечты человечества, беззаветно любившие свой народ и свою Родину*".

После защиты проекта 17 февраля 1968г. Юрий Алексеевич сказал: "*Теперь мы поработаем и в науке! Вот только ликвидирую задолженность по лётному делу. Сергей Михайлович, я - заместитель начальника Центра, мне надо полетать. После того, в апреле, прихожу к вам, и давайте начнём в том же духе*"...Но судьба распорядилась иначе.

Ю.А. Гагарин и С.П. Королёв

27 марта 1968 года около 12 часов дня я узнал о трагическом событии - гибели в тренировочном полёте Первого космонавта, Юрия Алексеевича Гагарина, и Героя Советского Союза, участника Великой Отечественной войны Владимира Сергеевича Серёгина. Им не хватило всего 250-300 метров высоты, всего лишь двух секунд полёта, чтобы жить. Похоронили их в Кремлёвской стене. Слушатели нашей академии вместе с другим академиями прошли торжественным маршем по Красной площади, отдавая последние почести славным сынам нашей Родины.

У него были большие планы. Он хотел и продолжал летать. 24 апреля 1967 года погиб при возвращении из Космоса В.М. Комаров. Дублёром был у него Ю.А. Гагарин. Он ушёл из жизни как лётчик, как хотел уйти и ушёл из жизни лётчик и писатель Сент-Экзюпери: "С крыльями за плечами...".

Несмотря ни на что движение человечества вперёд продолжается: выполняются обширные программы научных, медико-биологических и технических исследований, проводятся испытания новых образцов техники, материалов и технологий в открытом космосе. При этом усложнялись не только задачи на каждый полёт, но и сама техника. В Космосе работали и работают научно-исследовательские комплексы; космические корабли, преодолев земное притяжение, ушли в межпланетное пространство. Люди прикоснулись к богу: ещё раз убедились, что вселенная бесконечна и до конца непознаваема. Но стремиться к её познанию человечество обязано: ради своего будущего.

Защита диплома Ю.А. Гагариным

К сожалению, физически Юрий Алексеевич рано ушёл из жизни, но его образ остался с нами навсегда. Своим подвигом он на века прославил нашу страну, наш народ. Его подвиг - это только один из подвигов советских людей, воплощённый в полёте Первого Космонавта планеты. Поэтому Ю.А. Гагарин всегда будет одним из главных символов нашей страны.

Память хранит много событий того времени. С грустью приходится констатировать: изменилась страна, изменились люди. Многое изменилось, но память о Ю.А. Гагарине, о его подвиге останется неизменной и вечной.

НА НОВОЙ ВЫСОТЕ

Организаторы

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

Ростех

MAKS 2021

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИЙ САЛОН

Устроитель

АВИАСАЛОН

WWW.AVIASALON.COM • 20-25 ИЮЛЯ • ЖУКОВСКИЙ

30 ЛЕТ АССАД: ПОЛЕТ НОРМАЛЬНЫЙ!

Валерий Владимирович Агеев

Фотографии автора и редакции журнала "Двигатель"

15 апреля 2021 г. состоялось очередное отчетно-перевыборное собрание АССАД по итогам 2020 г. Открыл собрание президент АССАД Виктор Михайлович Чуйко. Он напомнил, что в этом году исполнилось 30 лет со дня подписания семью предприятиями авиационного двигателестроения и агрегатостроения Учредительного договора и Устава ассоциации "Союз авиационного двигателестроения". 31 мая 1991 года ассоциация была официально зарегистрирована.

Сегодня в составе ассоциации находятся 90 организаций из России, Беларуси, Германии, Канады, Молдовы, США, Украины, Франции, Чехии и Швейцарии.

Отечественный авиапром в 2020 г.

Чуйко остановился на особенностях развития авиапрома в 2020 году. В прошлом году в экономике России продолжались кризисные явления, осложненные усилением финансово-экономических санкций и эпидемиологической обстановкой. По данным Росстата по отношению к 2019 году валовой внутренний продукт упал на 3,1% и составил 106 606,6 млрд.руб.

Виктор Михайлович озвучил краткие итоги 2020 года по авиапрому. В гражданском авиастроении в 2020 году было произведено 15 гражданских самолетов, поставлено заказчикам- 12 (в 2019 году 17 и 15 соответственно). Общий объем по производству гражданских самолетов в 2020 году в действующих ценах составил 38.44 млрд. руб.

В 2020 году произведено 84 гражданских вертолета, поставлено заказчикам - 83 (на экспорт 36) (в 2019 году произведено 63 вертолета и поставлено их 62). Общий объем по производству гражданских вертолетов в 2020 году в действующих ценах составил 48 млрд. руб.

В 2020 году состоялись первый полет (15 декабря) среднемагистрального узкофюзеляжного лайнера МС-21-310 с установленными российскими двигателями ПД-14, первый полет (16 декабря) регионального турбовинтового пассажирского самолета Ил-114-300, первый полет (29 декабря) модернизированного легкого многоцелевого вертолета "Ансат-М".10.

Безусловно, важнейшим событием является начало летных испытаний по теме отечественного среднемагистрального самолета МС-21-310 с двигателем ПД-14.

Надеемся, что вскоре необходимый цикл испытаний машины будет успешно завершен и начнется ее серийное производство. Возобновление темы регионального турбовинтового самолета Ил-114 также имеет огромное значение для нашего гражданского самолетостроения. Потребности в данном типе самолетов очень высоки.

Среднее количество выпущенных гражданских самолетов (в год): - 1992 год - 81; - с 1995 по 2000 - 11; - с 2001 по 2008 - 26; - с 2010 по 2020 - 25.

Военное и транспортное авиастроение.

По военной и транспортной авиации, отметил докладчик, в соответствии с ГОЗ выполнялись работы по модернизации существующей и созданию новой техники.

По данным ОАК предприятия Объединенной авиастроительной корпорации (ПАО "ОАК" входит в Госкорпорацию Ростех) выполнили свои обязательства по исполнению гособоронзаказа в 2020 году.

Первый серийный многофункциональный истребитель пятого поколения Су-57 изготовлен и передан Минобороны России в рамках государственного контракта на поставку 76-ти машин. Об этом было доложено Министру обороны РФ в рамках Единого дня приемки.

Авиационный завод им. Ю.А. Гагарина в Комсомольске-на-Амуре - филиал компании "Сухой", продолжает работы по подготовке и разворачиванию серийного производства. С 2021 года планируется увеличение темпов постройки самолетов данного типа.

Три серийных тяжелых военно-транспортных самолета Ил-76МД-90А изготовлены и переданы заказчику. На входящем в дивизион транспортной авиации ОАК - ульяновском предприятии "Авиастар-СП" в 2021 году планируется наращивать темп серийного производства самолетов.

Одному из новых Ил-76МД-90А присвоено имя его создателя, заслуженного авиаконструктора Генриха Васильевича Новожилова. Торжественная церемония прошла на аэродромном комплексе "Ульяновск-Восточный" 29 января.

В 2020 году были завершены два крупных долгосрочных контракта на поставку многоцелевых истребителей Су-35С и истребителей-бомбардировщиков Су-34 в интересах ВКС России. Помимо этого, в ВКС переданы учебно-боевые самолеты Як-130.

Выполнены обязательства по модернизации строевых самолетов МиГ-29 и МиГ-31, а также продолжается работа по программе создания легкого истребителя поколения 4++ МиГ-35 и его продвижения на рынок.

В 2020 году совершил первый полет глубоко модернизированный Ту-160. В дальнейшем ОАК сосредоточится на важнейших задачах воспроизводства новых стратегических бомбардировщиков Ту-160 на КАЗ им. С.П. Горбунова.

Авиаремонтные заводы, находящиеся в ОАК, выполнили большой объем сервисных контрактов на ремонт и модернизацию техники, стоящей на вооружении, обеспечив высокую исправность парка на требуемом Минобороны уровне.

Ключевые достижения и события за 2020 год

По утверждению президента АССАД, Объединенная двигателестроительная корпорация, консолидировавшая основные активы авиадвигателестроительной отрасли России адаптировалась к особым условиям 2020 года и предприняла максимально возможные меры по обеспечению выполнения производственной программы.

Производственные процессы были организованы с нахождением на рабочих местах минимально необходимого количества персонала с обеспечением всех ограничительных и профилактических мероприятий. В особых условиях 2020 года ОДК реализованы все задачи по выполнению гособоронзаказа, контрактов ВТС и другим направлениям, сохранена социальная стабильность, обеспечено выполнение всех обязательств перед кредиторами.

В этом году произошел ряд ключевых событий:

- Состоялся первый полет пассажирского самолета МС-21 с двигателями ПД-14;
- Налажен серийный выпуск двигателей НК-32 второй серии;
- Двигатели ТВ7-117СТ-01 впервые подняли в небо Ил-114;
- Двигатели SaM-146 для самолета SSJ100 достигли суммарной наработки в 1 млн циклов (1,6 млн часов);
- Первый отечественный дизель-газотурбинный агрегат М55Р успешно прошел квалификационные и приемо-сдаточные испытания и был передан заказчику. Заключены контракты на поставку двигателей для следующих судов этой серии;
- Начались серийные поставки двигателей АЛ-41Ф-1 для самолетов Су-57 Военно-космических сил России;
- Успешно завершены периодические 1000-часовые испытания двигателя РД-33МК, оформлены все документы, необходимые для серийного производства изделия;
- Продолжаются перспективные разработки: защищен технический проект двигателя ПД-8, проведены испытания демонстрационного вентилятора с лопатками из полимерных композиционных материалов на двигателе ПД-14, технологии которого будут использованы в двигателе ПД-35.

Направления развития

По мнению Чуйко, в настоящее время холдинг успешно реализует действующую стратегию развития компании на период до 2025 года. Однако происходящие изменения в мире и России, связанные с возникшей пандемией коронавируса, а также с меняющимися требованиями рынка, социально-экономическими процессами, требуют внесения изменений в долгосрочные планы компании, в связи с чем в 2021 году планируется разработка стратегии развития холдинга до 2030 года и актуализация планов до 2025 года.

Планируется реализация бизнес-модели, предполагающей повышение операционной эффективности и развитие научно-технологической базы, трансформацию индустриальной модели

производства, создание операционного холдинга и централизацию функций, приоритезацию и диверсификацию продуктового ряда, расширение рынков присутствия (за счет постепенного включения в глобальные цепочки поставок гражданской продукции).

Планы холдинга предусматривают повышение приоритетности развития системы послепродажного обслуживания продуктов компании как важнейшего фактора обеспечения конкурентоспособности продукции и удовлетворенности заказчиков.

Ведется работа по интеграции в мировой рынок поставщиков компонентов 2-4 уровня, что будет способствовать формированию диверсификации портфеля заказов, приобретению новых компетенций в области производственных и наукоемких технологий.

В рамках реализации продуктовых программ в ближайшем будущем предполагаются следующие события:

- Реализация работ в рамках программы разработки двигателя ПД-8 для отечественного самолета SSJ-100. Планируется в ближайшее время разработка конструкторской документации.
- После проведения успешного полета самолета МС-21 с двигателями ПД-14 встают задачи по дальнейшим доработкам и переходу к серийному производству двигателя. В ближайшее время планируется расширение условий эксплуатации двигателя ПД-14 с сертификацией соответствующих изменений типовой конструкции.
- Проведение комплекса работа по программе разработки перспективного двигателя ПД-35 для широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета. В рамках программы предполагается разработка конструкторской документации, а также изготовление элементов установок для проведения испытаний узлов двигателя.
- Реализация программы разработки вертолетного двигателя ВК-650В в классе мощности 500-650 л.с., не уступающего по своим основным параметрам и характеристикам разрабатываемым перспективным двигателям-аналогам иностранного производства. В рамках программы планируется изготовление опытных образцов и проведение испытаний.

От редакции:

Стоит заметить, что за тридцать лет существования АССАД, который и создан был при активнейшем участии руководителя ЦИАМ в начале 60-х гг. Доната Алексеевича Огородникова, это первый случай, когда собрание этой важнейшей для отрасли организации проводится в ведущем её научном центре. Трудно однозначно утверждать, почему этого не происходило ранее, но будем надеяться, что это знаковое событие будет действительно этапным в развитии отечественного авиационного двигателестроения в этот весьма нелёгкий период.

Сим победиши…

"ФРОГГИ" - ДВУХМЕСТНЫЙ САМОЛЕТ С ШАССИ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Виктор Петрович Морозов, директор, главный конструктор ООО "Аэрорик"

В середине 80 годов, с небольшой группой горьковских инженеров, мы задумали и построили однодвигательный одноместный самолетик с шасси на воздушной подушке. Идее предшествовал небольшой НИР - мы испытали модель шасси в бассейне ЦКБ по СПК и в полете масштабную кордовую модель. Кроме того, был построен макет самолетика.

Мы решили заимствовать конструкцию у дельтапланов, т.е. приняли трубчатую конструкцию с тканевой мягкой обшивкой. Это объяснялось как нашим опытом дельтапланеристов, так и желанием создать разборный самолетик, который без больших сложностей можно было бы транспортировать в легком грузовом автомобиле типа "Газель", или на прицепе.

Рис.1. Кордовая модель демонстрационного самолета в масштабе 1:10.

Самолет - "Демонстратор", как мы его назвали, создавался на очень скромном предварительном материале, во многом по наитию. Опыта проектирования таких машин не было никакого! Конечно, использовались книги, руководства для конструкторов и учебники по легким самолетам, справочники по проектированию судов на воздушной подушке. Строили "Демонстратор" в Сормовском дворце технического творчества, и к августу 1990 года он был построен.

Рис.2 Этапы строительства и сборки легкого самолета с шасси на воздушной подушке.

Самолет "Демонстратор", представлял собой классической полутороплан с хвостовым оперением. Каждая консоль расчалочного крыла поддерживалась четырьмя тросами снизу и четырьмя тросами сверху. Купол воздушной подушки заканчивался с боков двумя продольными эластичными баллонами скегами, которые служили боковыми элементами ограждения и поплавками. Спереди под куполом ВП подвешивался эластичный фартук, убираемый в полете. Сзади купола был навешен упруго-эластичный закрылок. Фартук и закрылок играли роль носового и кормового ограждения ВП. Закрылок убирался, поджимался к фюзеляжу руч-кой из кабины пилота, а фартук подтягивался резиновыми жгутами автоматически, после отрыва самолета, или выключения двигателя

Часть воздуха от работающего воздушного винта подавалась под купол через носовой воздухозаборник, создавая под днищем самолета воздушную подушку. Вначале воздухозаборник был убираемым с помощью ручки в кабине пилота. Потом мы отказались от его уборки. Каркас фюзеляжа самолета ферменно-трубчатый, состоял из труб Д16Т различного диаметра. Консоль крыла состояла из двух труб - лонжеронов с трубчатыми раскосами и диагональными расчалками. На собранный трубчатый каркас консоли натягивался чехол обшивка крыла, выполненная из дакрона. На чехле были вшиты лат-карманы для трубчатых нервюр, а вдоль носика чехла пришит продольный карман для вставки пластиковых полос, придающих жесткость лобику профиля крыла. Горизонтальное и вертикальное оперение не имели профиля, и представляли собой ткань, натянутую на трубчатый каркас.

Эластичные скеги состояли из внешней полиуретановой покрышки и вставленной в нее резиновой камеры. Покрышка была выполнена из прочной ткани - технического капрона, пропитанного полиуретаном. На покрышке были нанесены полиуретановые реданы, призванные снизить гидродинамическое сопротивление баллонов.

Силовая установка "Демонстратора" состояла из двигателя "Буран" РМЗ-640, мощностью 32 л.с., и воздушного двухлопастного винта, диаметром 1 метр, закрепленного на валу двигателя, без редуктора. Пустой собранный "демонстратор" весил 185 кг.

В сентябре 1990 года были проведены первые полевые испытания, которые быстро закончились из-за поломки двигателя. Весной 1991 года испытания продолжились. Самолетик легко двигался по различным поверхностям, снегу, песку, воде, забирался в горку с углом подъема до 20 градусов. Оказалось, что для управления "Демонстратором" вполне достаточно руля направления. "Демонстратор" подпрыгивал, но поднять его в воздух весной 1991 года нам так и не удалось из-за низких тяговых характеристик винта и

Рис.3. Испытания "Демонстратора" весной 1991 г.

больших потерь воздуха в убираемом воздухозаборнике.

Испытания весной 1991 года дали много интересных открытий. Так мы обнаружили эффект автоматического открытия носового фартука, что позволило отказаться от сложной механизации носового ограждения. Столкнулись мы и с явлением низкочастотных самовозбуждающихся колебаний, когда за секунды весь самолетик начинал подпрыгивать как лягушонок. Причины этих колебаний были найдены, а "эффект лягушки" ликвидирован. В этот период мы оценивали в основном проходимость и управляемость. Полученные результаты нас радовали.

В силу занятости проектом самолета с шасси на воздушной подушке "Динго", вернуться к "Демонстратору" мы смогли только в 1994 году. К этому времени были ясны основные направления дальнейшего развития программы: доработка движителя, и оптимизация воздухозаборника. Старый двигатель заменили новым "Буран-Авиа" с редуктором. Были установлены четырехлопастный винт диаметром 1,4 метра, и неубираемый воздухозаборник с меньшим проходным сечением.

Для изучения новых решений был построен специальный стенд. Принятые решения оказались верными, и на испытаниях весной 1994 года самолетик наши ожидания оправдал полностью. Мы выполнили все, что запланировали. Пилотировал эту машину летчик-испытатель первого класса Нижегородского авиазавода "Сокол", полковник ВВС Владимир Федорович Земляной. С предельно малой энерговооруженностью, "Демонстратор" разбегался, взлетал, набирал небольшую высоту и садился на свежий глубокий снег, маневрировал, преодолевал различные препятствия, чертил заданную циркуляцию и делал много другого.

Успешные испытания натолкнули нас на мысль построить

Рис.4. Испытания "Демонстратора" весной 1994 г.

двухместный учебно-тренировочный самолет с шасси на воздушной подушке по схеме "Демонстратора". У нас уже был опыт работы и большой объем информации по НИОКР "Динго", налажены хорошие связи с институтами. Это позволило начать проектные работы по легкому двухместному самолету. Этот проект создавался "под крылом" многоцелевого 9-местного самолета с шасси на воздушной подушке "Динго", творческим коллективом НПП "Аэрорик".

Рис.5. Проект "Фрогги-1"

Предполагалось, что двухместный вариант будет приложением к "Динго", недорогой "учебной партой". Кто-то предложил назвать тему "Фрогги" - "Лягушонок". Под этим названием и открылся новый проект. Первоначально все работы велись по прямому аналогу "Демонстратора". Была выбрана схема, близкая к схеме Як-112, сделаны необходимые расчеты, проведены продувки аэродинамической модели, (с хорошим результатом), разработан эскизный проект, начаты рабочие чертежи агрегатов, подготовлена к испытаниям буксировочная модель и даже сделана продувочная модель для оценки эффективности воздухозаборника с работающей силовой установкой в аэродинамической трубе Казанского авиационного института. Когда был построен натурный макет кабины "Фрогги", работы приостановились. Стало ясно, что атака в лоб не слишком удалась. Мы получили что-то вроде маленького "Камаза" с крылышками. Большой лоб, плохой обзор из кабины, сложности с силовой увязкой разобщенных агрегатов, высокий центр масс, все это прогнозировало большой проектный риск. Странно, но многим проект нравился, специалисты находили его красивым!

Решение заложенных во "Фрогги-1" проблем пришло через год. Заключалось оно в том, что движитель и двигатель были разделены, как это было сделано в 40 годы в проекте американского истребителя "Аэрокобра". Длинный вал через внутренний тоннель, разделявший пилота и курсанта, соединялся с легким, компактным редуктором, на валу которого устанавливались два соосных воздушных винта, вращавшихся в разную сторону.

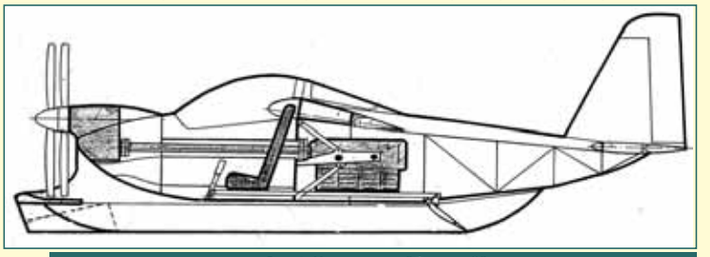


Рис.6. Компоновка "Фрогги-2"

Данная компоновка позволила выдвинуть курсанта и пилота вперед и сделать им прекрасный обзор, что важно для посадки на необорудованные площадки. Небольшой редуктор посредине носового обтекателя фюзеляжа обзору не мешал . Благодаря этому решению высота кабины уменьшилась на 375 мм, а все силовые агрегаты - крыло, двигатель, кресла - крепились к единственному силовому шпангоуту за спиной экипажа. В данной компоновке значительно снижался центр тяжести самолета, и повышалась его остойчивость при боковом скольжении по неровностям грунта. Это существенно повышало безопасность посадки. Измененный проект был назван "Фрогги-2".

Соосные винты позволяли повысить тягу и давление за винтом при ограниченном диаметре. В свою очередь, это уменьшило размеры ВП, и вместо развитой платформы, ограничиться небольшими обтекателями на фюзеляже. Соосные винты также сняли проблему влияния реактивного момента на управляемость самолетом и улучшили обдувку рулей направления и элеронов. В проект Фрогги-2 предусматривалось два вида оперения, обычное, со стабилизатором и двумя килями, установленными по краям фюзеляжа, и V-образное оперение, показанное на рисунке 7. V-образное оперение лучше решает вопросы управляемости на земле и воде. Оно более легкое по весу. Такое оперение используется на популярном в США легком самолете Bonanza. Фюзеляж "Фрогги-2", как и у его прототипа, "Фрогги-1", набирается из дюралевого каркаса и обшивки, с отдельными композитными элементами в ней. Крыло и оперение "Фрогги" двухлонжеронное, с дюралевым каркасом и тканевой обшивкой. Лобик крыла усилен металлической вставкой. На консолях устанавливались элевоны, работающие как закрылки и элероны. Для управления V-образным хвостовым управлением был разработан специальный дифференциальный механизм.

Самолет "Фрогги-2" сочетает в себе простоту, надежность и безопасность. При взлетной массе 750 кг он перевозит двух человек со скоростью до 200 км/час на максимальную дальность до 500 км. Для взлета ему нужна полоса 200 метров длиной - грунтовая или водная.

Рис.7. Модель двухместного самолета с ШВП "Фрогги-2"

Главными качествами, определяющими его коммерческие перспективы, являются независимость от дорогостоящих аэродромов и практическая возможность взлетов и посадок "за огородом", высокий уровень безопасности, удобство хранения и перевозки.

Под безопасностью в эксплуатации мы понимаем способность "Фрогги-2" совершать посадку на грунт любой твердости и воду без ограничений по глубине, включая отмели, болото, тонкий лед, снег - без риска капотажа.

Размерность "Фрогги" не исключает необходимости регистрации воздушного судна. Однако, исключается одна из главных статей - аэродромные затраты на хранение и обслуживание. Для спортивных клубов это означает возможность уйти из зоны крупного аэропорта с многочисленными ограничениями в зону активного спортивного отдыха, например, на турбазы и яхт-клубы. Проект "Фрогги" может стать важнейшим элементом в организации "экстрим-туров" в виде воздушных путешествий по утвержденным маршрутам, (например, по "Золотому кольцу"), с остановками-посадками на живописных водоемах, лесных полянах, лугах. Сама идея круглогодичных полетов по красивейшим местам России на летающих "ховеркрафтах", фантастически привлекательна для многих людей мира!

Связь с автором: vpmorozovnn@mail.ru

УДК 629.7.018

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЗАПУСК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ОКОЛОЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

ФГБОУ ВО "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)":
Касьянова Мария Андреевна, специалитет,
Черкасова Марина Александровна, специалитет,
Березина Светлана Львовна, к.т.н., доцент;
ПАО "Ракетнокосмическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королева":
Зубрицкий Дмитрий Сергеевич, заместитель главного конструктора

Приводятся результаты реализации молодежного проекта по разработке, изготовлению и запуску исследовательского модуля для мониторинга параметров околоземной атмосферы. Решены задачи баллистического проектирования, энергопитания, системы ориентации модуля, его выведения с помощью ракеты# носителя на высоту до километра. Осуществлен мониторинг параметров атмосферы с передачей телеметрической информации на наземную приемную станцию.

The results of the implementation of the youth project on the development, manufacture and launch of a research module for monitoring the parameters of the near#Earth atmosphere are presented. The problems of ballistic design, power supply, the module orientation system, and its launch with the help of a launch vehicle to an altitude of up to a kilometer have been solved. The atmospheric parameters were monitored and telemetric information was transmitted to the ground receiving station.

Ключевые слова: исследовательский модуль, ракета-носитель, метеорологические параметры, данные телеметрии
Keywords: research module, launch vehicle, meteorological parameters, telemetry data

Введение

Естественнонаучное образование в соответствии с мировыми стандартами ориентировано на проектное и проблемное обучение [1,2,3,4]. Помимо необходимости усвоения теоретической и практической составляющих приобретаемых знаний, акценты смещаются на их практическое применение, на формирование у студентов умений и навыков принимать самостоятельные решения в разработке моделей, стратегий, проектов по различным прикладным инженерным направлениям.

Представленная в статье работа выполнена в рамках молодёжного образовательного проекта на базе Ракетнокосмической корпорации "Энергия", предоставившей необходимое экспериментальное оборудование и испытательный полигон с наземной приемной станцией.

Целью работы является разработка, изготовление и применение исследовательского модуля для мониторинга метеорологических параметров околоземной атмосферы (температуры, давления, содержания оксида углерода) с передачей телеметрической информации на наземную приемную станцию.

Методика эксперимента

Построение эксперимента включало:

- разработку схемы и изготовление исследовательского модуля;
- проведение полного цикла испытаний и предполетных проверок систем модуля;
- запуск модуля на заданную высоту с помощью ракеты-носителя;
- мониторинг параметров атмосферы;
- анализ телеметрии аппарата во время полета;
- передачу данных на наземную приёмную станцию;
- определение местоположения исследовательского модуля после приземления;
- обработку полученных данных.

При проектировании исследовательского модуля использовалась компьютерная методика 3D-моделирования. Элементы конструкции печатались на 3D-принтере послойным наплавлением термопластичного пластика PLA с повторением контуров цифровой модели. Силовым каркасом модуля служила алюминиевая пластина.

В функции управляющей системы аппарата входило обеспечение связи между системами, включающее:

- фиксирование времени отделения аппарата от ракеты-носителя;
- выдачу команд в пилотную систему;
- контроль текущего и переход на следующий этапы работы;
- контроль заряда аккумуляторных батарей;
- сбор метеорологических данных.

Решались задачи по измерению распределения температуры и давления и уровня содержания оксида углерода CO на траектории спуска и получению и интерпретации данных 3-х-осевого акселерометра.

В процессе эксперимента также производились:

- забор проб воздуха на различных высотах в герметичные капсулы для последующего химического анализа в лабораторных условиях;
- резервирование измерения давления и температуры;
- оценка точности определения высоты по барометрической формуле;
- проверка полученных данных датчиков на достоверность;
- копирование данных на внешний носитель (SD);
- определение местоположения аппарата (GPS).

В компоновку атмосферного зонда входили платы с датчиками, микроконтроллером, передатчиком и автономным источником энергопитания. **Схема модуля включала** (рис.1):

- микроконтроллер Atmega128;
- радиомодуль HC12;
- GPS-система позиционирования;
- датчик давления и температуры BMP280;
- датчик температуры DS18B20;
- датчик содержания оксида углерода MQ7;
- высотомер (сонар) HCSR04;
- три акселерометра ADXL345;
- три редукторных электродвигателя.

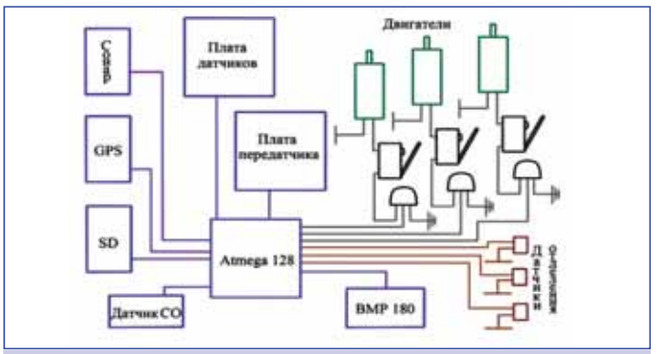


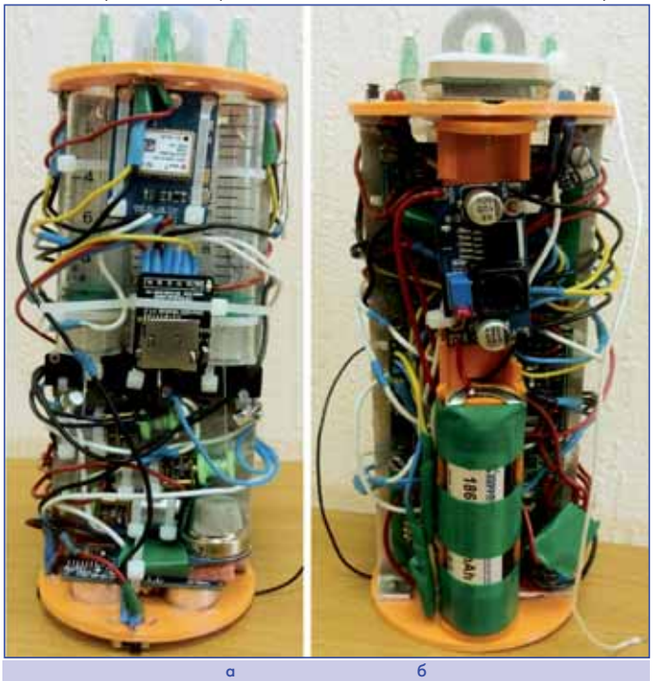
Рис.1. Схема подключений в исследовательском модуле

В соответствии с разработанной для микроконтроллера программой в его задачи входило:

- "слежение" за показаниями датчиков;
- "ожидание" определенного события для завершения одного цикла и начала другого;
- вычисление высоты;
- включение и выключение двигателей по достижении заданного значения высоты или при обнаружении повышенного содержания CO;
- передача данных на наземную станцию и резервная запись на носитель SD.

Забор воздуха для дальнейшего определения на загрязненность CO в лабораторных условиях проводился на разных высотах. Для этой цели использовались миниатюрные капсулы-шприцы с поршнями, приводимыми в движение с помощью нитей, наматываемых на вал электродвигателя с редуктором (рис. 2, а,б). Используемые капсулы и поршни состояли из неактивного материала, не выделяющего токсичных веществ в окружающую среду. Движение поршня ограничивалось контактным датчиком, по срабатыванию которого электродвигатель отключался. Запорные клапаны помещались в верхней части аппарата, электродвигатели и редукторы - в нижнем отсеке. По завершении забора пробы воздуха капсула герметично закрывалась во избежание дополнительного проникновению внутрь воздуха из внешней среды.

Определение координат и высоты забора воздуха осуществлялось с использованием GPS и датчиков давления и температуры. Для оценки точности показаний датчиков на модуле был установлен дополнительный комплект датчиков давления и температуры. Для анализа точности вычисления высоты в составе аппарата был включен ультразвуковой высотомер. Для резервного сохранения получаемых в процессе полета данных на зонде был установлен SD-носитель.



а б

Рис. 2. Компоновка исследовательского модуля

Экспериментальные данные. Изготовленный модуль массой менее 500 г помещался под обтекатель ракетыносителя метровой длины. На полигоне ракетаноситель выводилась двигателем со средней тягой 50 Н на высоту до километра. Через заданное время после срабатывания вышибного заряда модуль выходил из под обтекателя ракеты. Связь с модулем обеспечивалась через наземную приемную станцию. Данные, полученные на протяжении работы исследовательского модуля в виде зависимости измеряемых параметров от времени, представлены на рис. 3,4,5.

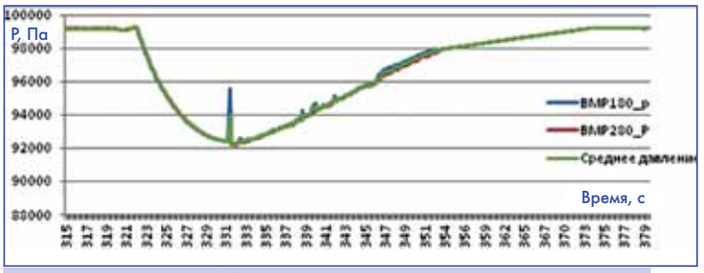


Рис.3. Показания датчиков давления

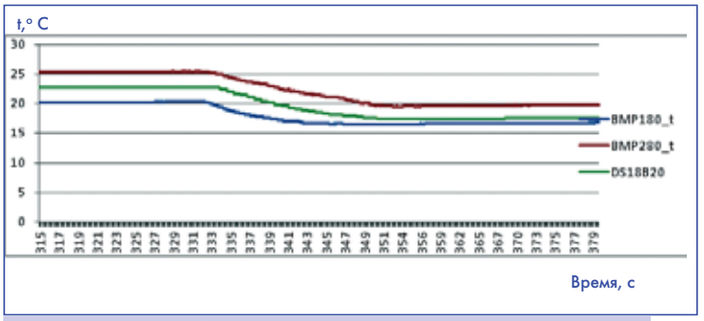


Рис.4. Показания датчиков температуры

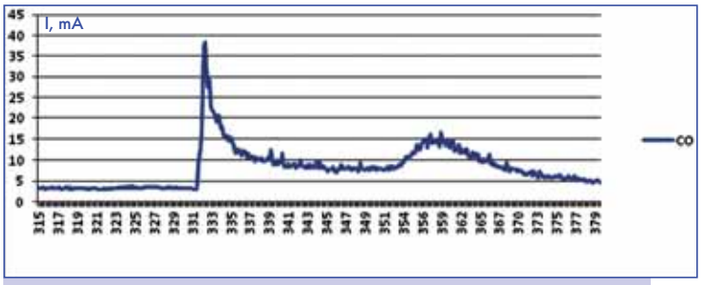


Рис.5. Показания датчика CO (токовый сигнал 4 мА на выходе датчика соответствует нулевой концентрации CO)

Выводы.

1. Разработана и изготовлена экспериментальная 3D-модель исследовательского модуля для мониторинга физических и химических параметров околоземной атмосферы.

2. Осуществлен эксперимент по запуску ракетыносителя с исследовательским модулем на борту и его отделением на высоте выведения.

3. Выполнена задача по измерению распределения температуры, давления и содержания оксида углерода CO на траектории спуска и передаче телеметрических данных на наземную приёмную станцию.

4. Проведен экологический мониторинг путем забора на определенных высотах проб воздуха для проведения химического анализа в лабораторных условиях.

5. С помощью GPSмодуля определено местоположение при земления исследовательского аппарата.

Литература:

1. UNESCO's first world report on engineering: lack of engineers is a threat to development. UNESCO ORG. France. 2010.
2. Duderstadt J.J. Engineering for a Changing World. A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education. The University of Michigan, 2008. P.119.
3. Froyd, J. E., Wankat, P. C ., Smith, K.A. Five Major Shifts in 100 Yearsof Engineering Education // Proceedings of the IEEE. 2012.Vol. 100. May 13 th. 2012. P. 13441360.
4. Berezina S.L.,Safonov V.A., Babaskina L.I. Student research skills development at University //Opcion. 2020. Vol. 36. No. S26. P.13311347.

Связь с авторами: tenebris.agnus@yandex.ru
m89163214957@inbox.ru,
sberezina20008@yandex.ru, mityay.85@mail.ru

Репринтное повторение статьи журнала "Двигатель" № 6 2006

К 15-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО В МИРЕ ЛЕТНОГО ИСПЫТАНИЯ ГПВРД НА ЖИДКОМ ВОДОРОДЕ

ЦИАМ им. П.И. Баранова: **Вячеслав Афанасьевич Виноградов, Вячеслав Львович Семенов, Юрий Моисеевич Шихман**

28 ноября 2006 г. исполнилось 15 лет со дня первого в мире полета гиперзвукового прямоточного двигателя (ГПВРД) на жидком водороде. Это на самом деле этапное событие для авиакосмической отрасли всего мира. Полет обсуждался даже на заседании конгресса США. Проходит время, память о событии стирается, и, к сожалению, наслаиваются искажения. Авторы статьи сочли необходимым напомнить историю этой разработки.

Гиперзвуковые прямоточные двигатели разрабатывались в СССР с 50-х годов прошлого столетия. В 1957 г. профессор Е.С. Щетинков подал заявку на изобретение ГПВРД и впоследствии получил авторское свидетельство. Работы, выполненные в 1950-1960-х годах в Центре им. Келдыша, где тогда работал Е.С. Щетинков, в ЦИАМ и ЦАГИ, показали перспективность использования ГПВРД для авиационно-космических летательных аппаратов. Тогда же было определено, что наиболее ценную и достоверную информацию о свойствах этих двигателей могут дать их летные испытания.

С конца 1960-х годов велись исследования возможностей проведения летных испытаний. Ограниченный объем статьи не позволяет представить сведения о работах по летным испытаниям ГПВРД, выполненным за рубежом. Отметим только, что летные испытания гиперзвукового двигателя в США предполагались еще в 1960-х годах на ракетном самолете Х-15, но реально первое испытание модели ГПВРД на экспериментальном летательном аппарате Х-43А с ракетной системой выведения было проведено только в марте 2004 г. Авторы все же надеются, что заинтересованный читатель сможет самостоятельно составить представление об этих работах по публикациям в отечественной и зарубежной печати.

Наиболее интенсивная и целенаправленная деятельность в области гиперзвуковых исследований началась в рамках комплексной программы "Холод", утвержденной комиссией Президиума Совета Министров СССР в 1979 г. Головной организацией по разработкам и испытаниям двигателей на криогенном топливе в этой программе был определен ЦИАМ. По программе "Холод" планировалось создание экспериментального водородного ГПВРД и проведение цикла его летных испытаний на гиперзвуковых летающих лабораториях (ГЛЛ). Над созданием ГЛЛ "Холод" и экспериментального ГПВРД под руководством и по техническим заданиям ЦИАМ работало более 20 предприятий и организаций Минавиапрома, Минобороны и, впоследствии, институты Академии наук СССР.

Было определено, что для испытаний ГПВРД наиболее целесообразны ГЛЛ с ракетными системами выведения. После рассмотрения нескольких типов ГЛЛ в качестве основного был выбран конверсионный вариант, разработанный на базе зенитной ракеты комплекса С-200 МКБ "Факел". В МКБ "Факел" совместно с ЦИАМ была разработана общая компоновка ГЛЛ "Холод", производилась общая сборка и изготавливался специальный отсек головной части с гиперзвуковым двигателем и системами обеспечения его работы, который устанавливался вместо штатного боевого отсека ракеты. Специалисты МКБ "Факел" участвовали в подготовке и проведении пусков ГЛЛ "Холод".

ТМКБ "Союз" совместно с ЦИАМ, предложившим схему жидководородного двухрежимного ГПВРД, облик двигателя и принципы его регулирования, разрабатывали и изготавливали экспериментальный двигатель Э-57. Система автоматического регулирования подачи топлива была разработана и изготовлена ОАО "ЭГА" (ранее МКБ "Темп") также совместно с ЦИАМ. В ЦАГИ совместно с ЦИАМ были проведены испытания малоразмерной модели ГПВРД с головным отсеком ГЛЛ.

НПО "Криогенмаш" совместно с ЦИАМ выполнил комплекс работ, связанных с созданием бортовой системы хранения и подачи жидкого водорода. Мобильный заправочный и транспортный жидководородный комплекс был разработан в ЦИАМ и эксплуатировался совместно со специалистами Минобороны. ОАО "Горизонт" выполнило необходимое дооборудование стартовой позиции комплекса С-200 и стенда для технологической подготовки ГЛЛ "Холод" к летному испытанию. В АО "Аэроэлектрик" (МАЗ "Дзержинец") выполнены доработки пусковой системы С-200 на стартовой позиции применительно к условиям старта ГЛЛ "Холод". Пуск ГЛЛ "Холод" проводили совместно военнослужащие полигона "Сары-Шаган", сотрудники МКБ "Факел" и ЦИАМ.

В работах по программе "Холод" участвовали многие сотни сотрудников, но все-таки главная часть исследований и разработок выполнена в ЦИАМ. В марте 1979 г. в ЦИАМ была создана рабочая группа для разработок экспериментального ГПВРД и его систем, стендовых испытаний двигателя, проектирования и изготовления бортовой системы хранения и подачи жидкого водорода и общей компоновке головных отсеков ГЛЛ "Холод", подготовки и проведения летных испытаний. Руководителем этой группы был назначен профессор Р.И. Курзинер, в нее вошли сотрудники подразделений 300, 500, 700, 005, 008, 009. В разное время научное руководство этими работами осуществляли Р.И. Курзинер, Д.А. Огородников, В.А. Сосунов, С.М. Шляхтенко.

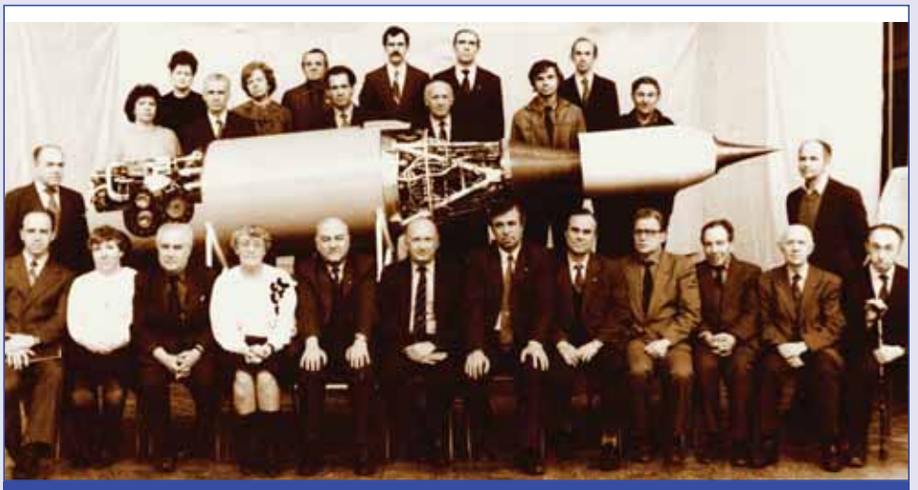
Огромный объем работ был выполнен опытным производством ЦИАМ. Здесь изготавливались отсеки ГЛЛ "Холод" и оборудование для стендовых испытаний ГПВРД и его систем. Эти работы велись под руководством Ю.Н. Баранова, А.В. Воронова и А.И. Толченова. Наиболее активное участие в решении возникавших проблем принимали Ю.М. Шихман, В.А. Виноградов, М.В. Строкин, Р.Б. Ших, Г.Г. Жадан, В.Н. Строкин, В.А. Грачев, Р.В. Албегов, М.Д. Петров, В.А. Степанов, Г.П. Степанов, Г.А. Клеянкин, А.Н. Антонов и др.

В 1991 г. завершилась программа исследований и предполетной отработки ГПВРД и его систем. За тринадцать лет были исследованы основные элементы и системы экспериментального ГПВРД (воздухозаборник, камера сгорания, сопло, системы воспламенения, охлаждения, хранения, топливопитания и регулирования расхода топлива), проведены стендовые испытания моделей водородного ГПВРД, изучены основные принципы, закономерности и особенности организации рабочего процесса в тракте водородного ГПВРД, работающего в диапазоне чисел Маха полета М = 3,5...6, разработаны рекомендации по конструкции летного варианта двигателя для ГЛЛ "Холод" с системами топливного охлаждения и регулирования. В 1988 г. для отладки системы управления ракеты были проведены два летно-конструкторских испытания ракеты комплекса С-200 с габаритно-весовыми макетами головных отсеков.

Рувим Исаевич Курзинер - первый руководитель работ по гиперзвуку в ЦИАМ

Репринтное повторение статьи журнала "Двигатель" № 6 2006

Программа исследований и предполетной отработки водородного двухрежимного ГПВРД завершилась испытаниями летного образца экспериментального двигателя на гиперзвуковом стенде с обдувом при М = 5. В этих испытаниях были подтверждены параметры воздухозаборника и возможности запуска двигателя с розжигом камеры сгорания при М = 5, показана работоспособность системы охлаждения при подаче жидкого азота, моделирующей подвод жидкого водорода. Всего в рамках программы предполетных исследований ГПВРД на стендах БМГ и Ц-101 были испытаны макетный образец и несколько вариантов моделей двигателя, включая летный образец.



Сотрудники ЦИАМ - создатели экспериментального жидководородного двухрежимного ГПВРД и гиперзвуковой летающей лаборатории "Холод", 1992 г. Сидят (слева направо): В.А. Виноградов, Г.П. Бурова, Г.П. Степанов, О.Ф. Погорелова, В.А. Сосунов, Д.А. Огородников, Ю.Н. Баранов, Ю.М. Шихман, В.Н. Строкин, М.В. Строкин, Л.А. Белостоцкий, Р.Б. Ших. Стоят: А.А. Дюнин, В.Ф. Каргина, Т.Ф. Соколова, Ф.Я. Косоротиков, О.П. Майорова, А.Н. Колчеев, А.И. Толченов, О.Б. Мухин, А. Сейфетдинов, В.Л. Семенов, В.А. Грачев, А.Н. Михайлов, Б.П. Кузьмин, Г.Г. Жадан

В сентябре 1988 г. подготовку и проведение летных испытаний ДГПВРД на ГЛЛ "Холод" поручили отделу 012. Руководителем работ был назначен В.Л. Семенов, научное руководство возлагалось на А.С. Рудакова. С этого времени на полигоне "Сары-Шаган" интенсивно продвигалось создание стенда С-57-012, предназначенного для предполетной технологической подготовки и заправки ГЛЛ "Холод". Начальником стенда был назначен ведущий инженер Э.В. Морозов. На стенде смонтировали уникальное вакуумное и компрессорное оборудование, пульты и имитаторы для проверки бортовых систем. В эксплуатацию стенд был принят в ноябре 1990 г.

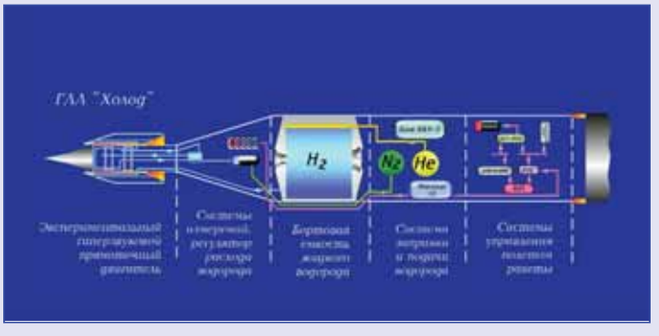
28 ноября 1991 г. был осуществлен первый полет ГЛЛ "Холод" по полной программе с запуском ГПВРД. Подготовка пуска выполнялась группой сотрудников ЦИАМ: В.Л. Семенов (руководитель), М.В. Строкин, Э.В. Морозов, Р.Б. Ших, Ю.М. Шихман, Г.Г. Жадан, О.Ф. Погорелова, А.Н. Колчеев, Г.П. Бурова, Н.В. Савкин и М.В. Сас (представитель Заказчика). Этот коллектив совместно с военнослужащими и сотрудниками МКБ "Факел" выполнил весь технологический цикл подготовки и пуска ракеты от доставки на полигон жидкого водорода из города Чирчик (Узбекистан) до заправки на стартовой позиции бортовой емкости при помощи оборудования и по технологии, разработанным в ЦИАМ.

Зафиксированное в первом летном испытании ГПВРД максимальное число М составило 5,8. Двигатель в первом летном испытании проработал 28 с, в процессе полета он дважды включался автоматически. Таким образом, впервые в мире в условиях летного испытания была доказана работоспособность гиперзвукового ПВРД.

В ходе летного испытания жидководородный ГПВРД с системами топливного охлаждения и регулирования расхода топлива работал при дозвуковой и сверхзвуковой скоростях потока в камере сгорания. Экспериментальная САУ ГПВРД подтвердила заявленные характеристики, нормальную работоспособность и обеспечила запуск двигателя, а система охлаждения поддержала работоспособность двигателя без нарушения его конструктивной целостности. Результаты летного испытания позволили сформировать представление о рабочем процессе и параметрах экспериментального двигателя (тягово-экономические параметры двигателя и параметры, характеризующие эффективность работы его узлов и систем), а также определить направления дальнейших исследований, направленных на совершенствование двигателя, ГЛЛ и технических средств летных испытаний ГПВРД.

Указанное событие получило широкий отклик в мировой прессе, а ЦИАМ завоевал передовые позиции в области гиперзвуковых исследований. Работа получила высокую оценку научной общественности во всем мире, ряд сотрудников ЦИАМ во главе с его начальником Д.А. Огородниковым в 1993 г. был награжден грамотами и памятными медалями Федерации космонавтики России и золотыми медалями Международного общества аэродинамики и космонавтики США за выдающееся достижение в области освоения космоса. Руководители работ - В.Л. Семенов, М.В. Строкин и Ю.М. Шихман - стали обладателями золотых медалей Ассоциации авиадвигателестроения (АССАД) России.

Дальнейшие испытания экспериментального жидководородного ДГПВРД на ГЛЛ "Холод" в 1992 и 1995 гг. проводились по контрактам с Национальным научным центром Франции (ONERA), а в 1997 и 1998 гг. по контракту с Национальным космическим агентством США (NASA). В проведении полетов участвовали также ученые Казахского государственного университета и Национального центра радиоэлектроники и связи. Состав бригады от ЦИАМ в основном остался прежним. В разное время в работах по ГПВРД участвовали и другие сотрудники ЦИАМ: А.П. Иванов, Е.М. Галанкин, Н.И. Варламова, О.Б. Мухин, В.С. Корягин, Н.Н. Кобызев. При последнем испытании, проведенном в 1998 г., была достигнута скорость полета М = 6,5. Результат оставался непревзойденным до 2002 г., а экспериментальный двигатель такой же схемы, изготовленный в КБХА, проработал более 77 с без разрушения конструкции.



На фоне несомненных успехов в области создания ГПВРД в США и Австралии следует отметить, что в отличие от зарубежных образцов на ГЛЛ "Холод" экспериментальный двигатель являлся практически полным аналогом реального двигателя. Его проточный тракт охлаждался топливом, двигатель работал под управлением бортовой системы регулирования, совмещавшей функции управления расходом топлива по внутридвигательным параметрам и диагностики параметров рабочего процесса и теплового состояния элементов конструкции.

Важным достижением является также развитие методов испытаний и анализа полученных данных, позволяющее по результатам измерений определять параметры двигателя и эффективность рабочего процесса в узлах и системах (тяга, коэффициент полноты сгорания топлива и т.п.), а также выполнить верификацию математических моделей рабочего процесса с учетом химических реакций горения водорода в проточном тракте камеры сгорания экспериментального ГПВРД.

УДК 532.526.4

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ОТ ЛАМИНАРНОГО К ВИХРЕВОМУ

ФГБОУ ВО "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)" (МАИ):
Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н., профессор
Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель

На базе новых экспериментальных результатов, полученных методом горячей визуализации, а также теоретического анализа процессов турбулентных течений, был разработан метод прогноза их появления. Показано, что рассматриваемый традиционно переходный режим является волновым, развивающимся режимом, переходящим постепенно от волн Толмина–Шлихтинга к градиентным волнам Кельвина–Гельмгольца. Предельным состоянием, завершающим волновой переходный процесс, является наступление градиентной катастрофы, момент возникновения которой совпадает с началом турбулентности. Этим началом является факт появления первых вихрей – продольных вихрей Тейлора–Гертлера. В результате анализа установлены численные значения границ перехода и разработан метод прогноза турбулентности, заключающийся в анализе потока (дозвуковой или сверхзвуковой), режима обтекания тела или канала (анализ знака градиента давления) и собственно определение рабочего интервала по числам Рейнольдса. Установлено, что турбулентность наступит, если числа Рейнольдса попадут в интервал от критического значения до значения в критическом сечении сопла (критические условия по термодинамике).

On the basis of the new experimental results obtained by the hot visualization method, as well as the theoretical analysis of the processes of turbulent flows, a method for predicting their occurrence was developed. It is shown that the traditionally considered transition mode is a wave-like, developing mode that gradually transitions from Tolmin-Schlichting waves to gradient Kelvin-Helmholtz waves. The limiting state that completes the wave transition process is the onset of a gradient catastrophe, the moment of occurrence of which coincides with the beginning of turbulence. This beginning is the fact of the appearance of the first vortices-the longitudinal Taylor-Gertler vortices. As a result of the analysis, numerical values of the transition boundaries are established and a method for predicting turbulence is developed, which consists in analyzing the flow (subsonic or supersonic), the flow regime of a body or channel (analysis of the sign of the pressure gradient) , and the actual determination of the working interval by the Reynolds numbers. It is established that turbulence will occur if the Reynolds numbers fall within the range from the critical value to the value in the critical section of the nozzle (critical conditions in thermodynamics).

Ключевые слова: ***турбулентность, градиентная катастрофа, ламинарно-турбулентный переход, прогноз турбулентности.***
Keywords: ***turbulence, gradient disaster, laminar-turbulent transition, turbulence forecast.***

Главная трудность экспериментального изучения турбулентности определяется двумя её характерными свойствами. Это быстротекучесть и мелкомасштабность. Эти два свойства, накладываясь друг на друга, не позволяют зафиксировать тонкие турбулентные структуры обычными методами. Ранее уже говорилось о методе горячей визуализации [1]. Он основан на анализе отпечатков на уносимой поверхности после воздействия на стенку высокоэнтальпийного потока. В качестве уносимых стенок для этого метода в основном применяются полимеры, разрушающиеся по законам линейного пиролиза. Чаще всего для этой цели в качестве материала используют фторопласт. На фторопласте отпечатываются четкие следы без замазывания даже самых мелких нюансов. На нём хорошо проявляются острые кромки, а поверхности на ламинарных участках выглядят отполированными. Учитывая, что в отличие от других полимеров фторопласт после выключения двигателя не догорает (как, например, полиметилметакрилат) и не плавится (как полиэтилен), на нем можно воспроизводить быстротекучие и мелкомасштабные потоки. Особенно важной задачей турбулентности является задача ламинарно-турбулентного перехода. Смена режимов течения приводит к принципиально важным ситуациям при эксплуатации ракетных двигателей и промышленных энергетических установок, водного и воздушного транспорта, конструкций медицинского и бытового назначения. Наступление турбулентности резко меняет режим обтекания, меняет режим трения газа о поверхность. Она приводит к дополнительному нагреву конструкции, часто к прогарам. Турбулентность способствует возникновению низкочастотных и высокочастотных неустойчивостей. В настоящее время наступление турбулентности никак не объяснялось теоретически. Проводилось сравнение инерционных и вязких сил, что позволяло экспериментально найти критерий ламинарно-турбулентного перехода Rекр (критическое число Рейнольдса). Впервые численное значение его определил сам Осборн Рейнольдс, который и открыл явление турбулентности. А далее, после появления его работ, было много попыток уточнить эту цифру. В связи с этим уместно вспомнить выполненные беспрецедентно по охвату и точности работы Ивана Ильича Никурадзе. Его знаменитая графическая зависимость "Никурадзе по Рейнольдсу" (рис. 1) не потеряла до сегодняшнего времени и, видимо, никогда не потеряет своего значения в будущем. На базе этой зависимости было записано два важных закона. Это закон Гагена-Пуазейля для ламинарного течения и закон Блазиуса - для турбулентного. Закон для переходной области от ламинарности к турбулентности графически тоже был получен, и он укладывался в интервал по числам Рейнольдса от 1000 до 4000. Интересно, что

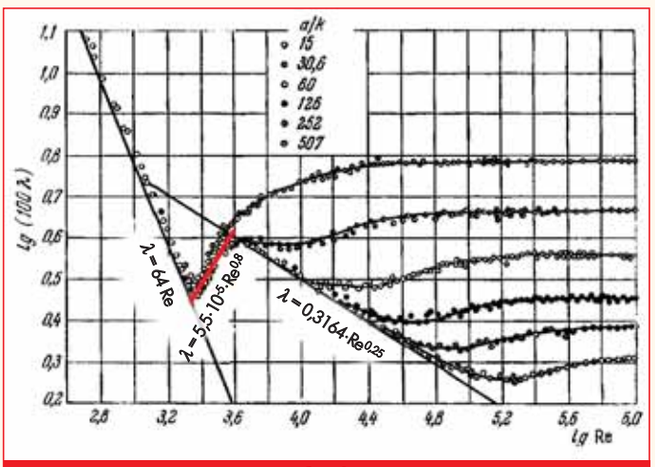


Рис. 1

критическое число Рейнольдса 2300 (для трубы) находится примерно в середине этого интервала. В работе [2] для этого интервала также была получена интересная закономерность. Для безразмерного трения получалась степенная зависимость с показателем 0,8. Аналогичная зависимость была получена Михеевым [3] для вычисления числа Нуссельта.

Многие работы говорят о том, что переходный период достаточно сложен по своей структуре и практически из-за малости размера не доступен для изучения. Поэтому отсутствуют работы по его исследованию: в литературе всё ограничивается качественным и, к тому же, неподробным описанием этого процесса, по которому практически нет методик расчёта трения и теплообмена. Основное изучение ведётся в ламинарных и турбулентных областях.

Экспериментальные предпосылки

При разработке теоретических основ ламинарно-турбулентного перехода будем базироваться на экспериментальных данных, полученных на модельных двигателях методом горячей визуализации. Одним из таких двигателей был двигатель с диаметром камеры 150 мм и диаметром критического сечения 22 мм [4]. Параметры в камере и сопле этого двигателя в зависимости от задачи могли быть представлены в самых различных вариантах, а их комплектация иметь самые различные конфигурации. Уносимые стенки соплового блока изготавливались из фторопласта, а температура обтекающих их продуктов сгорания была на уровне 3500 К.

Исследовались различные конфигурации каналов и сопел, но особый интерес представляло гладкое сопло Лаваля, которое с одной стороны позволяло представить геометрически трубу переменного сечения, а с другой обеспечить ускоряющийся поток с переменными градиентами давления. На рис. 2 и 3 показаны следы потока в зонах переходных процессов, находящихся непосредственно за зоной ламинарного режима.

Рис. 2

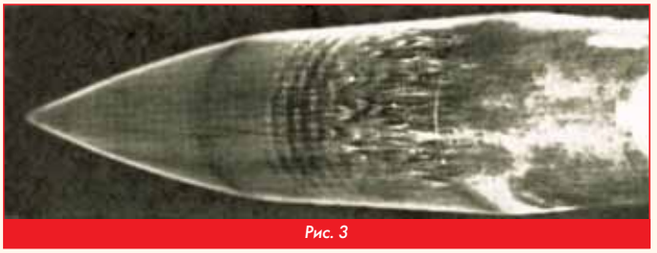


Рис. 3

Видно, что собственно область ламинарного течения на стенке абсолютно гладкая, как бы отполированная. За ней с некоторого расстояния следует область, где пристенный поток сборится, причем его сборки представляют периодическую структуру и напоминают следы от волн. Это - волны Толмина-Шлихтинга. Характерным является их периодичность, совпадающая с периодичностью при линейном решении задачи об устойчивости. С увеличением числа Рейнольдса эта периодичность пропадает. Задача становится нелинейной. Такую задачу называют задачей Хопфа, она исследует градиентную волну в нелинейной постановке. Эта волна характерна тем, что удаленная от стенки верхняя часть волны ускоряется и первоначально синусоидальная волна вытягивается вперед, образуя несимметричную волну с наклоном к оси. Подобные волны называются градиентными волнами Кельвина-Гельмгольца. Градиентная волна сильно искривляет экспозиционную поверхность стенки модели. Часто такие волны Толмина-Шлихтинга, преходящие в градиентные волны Кельвина-Гельмгольца можно наблюдать на море. Так, удаленные участки морских слоев всегда практически ламинарные при шторме. Ближе к берегу они развиваются в синусоидальные и совсем при подходе к малым глубинам они становятся градиентными. Достигая определенных параметров, волны могут обрушиваться. Это предельная конфигурация волны. Тогда наступает градиентная катастрофа (рис. 4) - существование волнового периода течения на этом заканчивается.

Рис. 4

Можно считать, что ситуация подготовлена к переходу к турбулентности. Прежде чем перейти к следующей конфигурации еще раз сформулируем понятие турбулентность. Итак, турбулентность - это такая конфигурация течения, при которой обязательным атрибутом является присутствие в потоке вихря, то есть вращения (rot v) или более высокодифференцированной производной - кручения (rotrot v). Эти два оператора, один зависящий от другого, являются характеристиками турбулентности. Отсутствие вращения или кручения характеризует поток как ламинарный.

После сделанных определений вернемся к структуре потока. Да, волновой период течения закончен. Он начался с "мятых" волновых возмущений и достиг градиентной катастрофы. Оценки, проведенные по результатам описанных экспериментов, показали, что число Рейнольдса как в начале этого периода, так и в конце его приблизительно совпадают с границами интервала переходного режима течения [1000, 4000]. Данный качественный метод для количественных оценок недостаточно точен. Следует провести систематические исследования методом уноса массы и более точно получить эти границы, но в данный момент воспользуемся опытами Никурадзе, принимая отмеченные границы как границы волнового режима.

Что же дальше? Градиентная катастрофа явилась началом зарождения турбулентности. Внешний по отношению к градиентной волне поток, обтекаемый её в непосредственной близости, отрывается как за обратным уступом и падает на поверхность основания. Удар потока о жидкую поверхность основания является причиной появления вихрей Тейлора-Гертлера [5]. Такие вихри хорошо изучены и причина их появления - течение вдоль криволинейной поверхности, либо вдоль поверхности с резко изменяю-

щейся кривизной. Падая под углом на эту поверхность, поток начинает двигаться в двух направлениях. Естественно - это продольное движение вдоль стенки, а так же, если это сопло или цилиндр, в аксиальном направлении. Но в аксиальном направлении он может двигаться только вращаясь совместно со сформировавшимся смежными вихрями. Другими словами, в определенном вязком слое потоком выбирается масштаб, в котором укладываются одинаковые по размеру вихри. Их вдоль окружности чётное количество. Они, естественно, парные и вращаются поочередно в разные стороны. Абсолютное движение этого потока у стенки - винтовое.

На рис. 5 показаны следы этих продольных вихрей, полученных за обратным уступом на поверхности сопла.

Рис. 5

Вихри очень регулярны и возможно произвести их количественную обработку. Но главное не их внешняя красота, а именно тот факт, что это те самые первые вихри, которые нам говорят о появлении турбулентности. Вот оно! Начало турбулентности. Это - появление первых вихрей. А ещё точнее - это градиентная катастрофа. То есть появление такой конфигурации градиентной волны Кельвина-Гельмгольца, при которой срывается омываемый изгиб (излом) её поток и образуются первые вихри. В работе [6] методом дымовой визуализации также удалось зафиксировать последовательные стадии ламинарно-турбулентного перехода. На рис. 6 четко видны зародившиеся продольные вихри.

Рис. 6

Таким образом, в соответствии с проделанным анализом, следует считать критическим числом Рейнольдса правую границу волнового интервала $Re_{кр}$ = 4000.

Теоретические предпосылки

Начало турбулентности можно описать теоретически с применением известных уравнений сохранения: импульсов, энергии, диффузии. Для этого сделаем некоторые векторные преобразования, выделив при этом уже известные особенности течения и его закономерности. Например. известно, что уравнение Навье-Стокса, записанное в векторной форме, характеризует некий вектор. Это вектор Навье-Стокса. А раз так, то это уравнение записано вдоль линий тока. Абсолютная скорость, относительно которой записано это уравнение, является касательной к линии тока, что означает правильность утверждения о том, что течение потока является одномерным. Для одномерного потока считается справедливым применение уравнения Бернулли и уравнения обращения воздействия Вулиса. Используя соответствующие преобразования [6], уравнение Навье-Стокса преобразуем в следующее уравнение. справедливое для турбулентного течения:

$$\mathrm{rot}\vec{j} = \pm\sqrt{Re\,\frac{1-M^2}{d}\,\mathrm{grad}\vec{P}},$$

где Re - число Рейнольдса для трубы;

M - число Маха по абсолютной скорости;

P - статическое давление.

Это уравнение будет необходимо при определении режима течения. Оно будет использовано для дозвукового течения, хотя справедливо и для сверхзвукового.

Далее выразим в более удобной форме для анализа число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}.$$

Путем домножения и деления выделяем расход:

$$Re = \frac{\frac{\pi}{4}\rho V d^2}{\frac{\pi}{4}d\mu} = \frac{G}{\frac{\pi}{4}d\mu}.$$

Находим относительное число Рейнольдса:

$$\frac{Re}{Re_*} = \frac{G d_{кр}\mu_{кр}}{G_{кр}\,d\mu} = \frac{1}{\bar{r}\bar{\mu}}.$$

Величина $\mu \sim 1$, тогда

$$\frac{Re}{Re_*} = \frac{1}{\bar{r}}.$$

Полученная формула утверждает, что самое большое число Рейнольдса будет в критическом сечении сопла, то есть при критических термодинамических параметрах. Из формулы также следует, что в сверхзвуковом сопле вниз по потоку число Рейнольдса будет стремиться к нулю.

Поскольку, в соответствии с пятой теоремой турбулентности в сверхзвуковом потоке она (турбулентность) отсутствует, то числа Рейнольдса, при которых поток будет турбулентным, находятся в интервале

$$Re_{кр} < Re < Re_*,$$

то есть они больше критического числа Рейнольдса, при котором наступает градиентная катастрофа, но меньше, чем значения в критическом сечении сопла, то есть меньше критических термодинамических параметров.

Следует отметить, что для внутренних осесимметричных течений значения чисел Рейнольдса берутся по трубе, и характерным размером является диаметр. Если течение внешнее и происходит обтекание тела, то, как правило, берут в качестве характерного размера длину образующей, а законы трения для пластины. Естественно, числа Рейнольдса будут другие. Если же обтекаемые тела имеют произвольную форму (не труба и не пластина), то остается вопрос о выборе характерного размера и критических чисел Рейнольдса для данного тела. Сложные формы, не приводящиеся к простым, подлежат специальному исследованию с помощью воздушных продувок, проливок и прочее.

Методика определения режима течения

Всегда хочется сразу получить ответ на вопрос: "когда наступит турбулентность?" И тогда уже начать расчет для турбулентного течения. А лучше его совсем и не начинать. Хорошо бы все было ламинарным, потому что ламинарная задача как-никак, но считается. А вот турбулентная считается плохо. Все потому, что задача Навье-Стокса считается очень долго, даже для маленьких размеров. А задача Рейнольдса (по его уравнениям) считается, мягко говоря, не точно. Но, тем не менее, практические задачи требуют своего разрешения и при расчетах необходимо в непрерывном режиме находить границы ламинарно-турбулентного перехода. И прежде всего требуется определить какое реализуется течение: дозвуковое или сверхзвуковое. При сверхзвуковом - турбулентности не будет. Далее, если течение дозвуковое, то турбулентность может возникнуть только при положительном градиенте давления, либо при безградиентном течении. При отрицательном градиенте давлении поток всегда разгонятся, что способствует распрямлению линий тока и ухода от турбулентности. Турбулентность может не начаться, если условия по Рейнольдсу не будут выполнены. Для начала турбулентности необходимо попасть в интервал по Рейнольдсу, заключенном между его критическим значением и значением в критическом сечении сопла или при критических термодинамических параметрах.

В настоящее время еще не разработана строгая теория развития волновой области течения. Это новое направление - нелинейная физика. Оно бурно развивается. Это теория солитонов, теория циклов Пуанкаре, нелинейная дифференциальная математика. Многие задачи в этом направлении, видимо, будут решаться в силу трансцендентности расчетным путем или с помощью синергетических подходов. Решение волновых течений в этом интервале теоретически позволит предсказать момент наступления градиентной катастрофы, а значит начала турбулентности. А пока эта граница определяется чисто экспериментальным путем.

Литература

1. Ю.М. Кочетков "Турбулентность - не хаос, а тонко организованная структура" // Двигатель № 6, 2004 г.
2. Ю.М. Кочетков "Турбулентность в пограничном слое" // Двигатель № 6, 2013 г.
3. М.А. Михеев "Основы теплопередачи" // М. Государственное энергетическое издательство, 1949 г.
4. А.М. Губертов, В.В. Миронов, Ю.М. Кочетков и др. "Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива // М. Машиностроение, 2004 г.
5. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков "Турбулентность. Волны Толмина Шлихтинга" // Двигатель № 1, 2014 г.
6. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков "Турбулентность. Градиентные волны Кельвина-Гельмгольца // Двигатель № 2, 2014 г.
7. Ю.М. Кочетков "Вихри Тейлора-Гертлера" // Двигатель № 3, 2014 г.
8. Kegelinan J.T., Nelson R.C. and Muelle T.J., "Smoke visualisation of the Boundary Layer on an Axisymmetric Body", AIAA Paper 79-1535, Aug. 1979.
9. Ю.М. Кочетков "Турбулентность и математическое доказательство её невозможности в сверхзвуковом потоке" // Двигатель № 2, 2018 г.
10. Ю.М. Кочетков "Турбулентность. Пять теорем как инструмент глобального преобразования уравнений сохранения в целях разработки новых подходов к вычислительной газовой динамики" // Двигатель № 4, 2019 г.

Связь с авторами: swgeorgy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ. Электрические самолёты

В 2017 году самолетом Extra 330LE компании Siemens был установлен рекорд скорости для электрических летательных аппаратов. Его электродвигатель массой 50 кг, развивая 260 кВт (при массе самолета всего 1000 кг) позволил разогнать летательный аппарат до 338 км/ч. В ходе другого полёта Extra 330LE поднял на буксире планер на высоту 600 м за 76 секунд.

Конструкторы утверждают, что шести таких двигателей будет достаточно для создания электрического самолета малого класса, рассчитанного на перевозку 19 пассажиров.

Прошло не так много времени, и к гонке конструкторов электросамолётов подключились специалисты компании Rolls-Royce, которые создали электрический самолет малого класса, получивший название Spirit of Innovation. Предполагается, что основное предназначение Spirit of Innovation - воздушные пассажирские перевозки на малые расстояния в качестве летающего такси.

В ходе выполнение первого этапа программы испытаний проверяется работа электрической двигательной системы. Пока самолёт совершает пробежки на взлётной полосе и рулежных дорожках аэродрома, но в ближайшее время он будет поднят в воздух. В одном из полётов предполагается достижение нового рекорда скорости в 300 миль в час (порядка 482 км/ч). Эту скорость обеспечит электрический двигатель мощностью 400 кВт (500 л.с.). Энергия для двигателя храниться в аккумуляторной батарее, составленной из 6 тысяч ячеек.

Несколько иной подход к созданию самолётов с электродвигателем у французских конструкторов из компании MACA, которые решили отказаться от традиционной электрической схемы с аккумуляторными батареями в пользу системы с водородными топливными элементами. Такой подход объясняется основным предназначением проектируемого ЛА: участие в гонки на летающих автомобилях с электрической СУ подобно гонкам Formula E электрических автомобилей. Наличие на борту водорода для работы топливных элементов позволит аппарату под названием Carcopter иметь достаточную дальность при выполнении частых разгонов и выполнении сложных маневров на гоночной трассе полёта.

Летающий автомобиль длиной 5 метров имеет кабину для одного пилота. Шесть электродвигателей с пропеллерами, суммарной мощностью 35 кВт, будут способны поднять этот вертикально взлетающий ЛА массой 600 кг в воздух и разогнать его до 250 км/ч.

В ходе испытаний и участия в гонках водородная система будет совершенствоваться и, в конце концов, руководство MACA надеется получить законченную технологию, которую можно будет безопасно применять для обеспечения городских и междугородних воздушных пассажирских перевозок на этом летательном аппарате или подобных ему.

АЭРО - СИЛА!

Вадим Соколовский

Для того, чтобы сертифицировать и продлевать ресурс самолётного винта, недостаточно только стендовых испытаний. Дело в том, что на стенде невозможно воспроизвести все типы нагрузок, которые действуют на винт и систему его регулирования: влияние погоды, перемены давления и влажности, боковых ветров, ВПП аэродрома, самого ЛА, его частотных спектров и особенностей его обдува в зависимости от эволюций и режимов полёта, а также - места постановки винта. Потому, кроме стендовых гонок, винты приходится облётывать. Причём, именно на тех ЛА, для которых они предназначены и с постановкой в тех местах, где они должны стоять. Иначе говоря, ЛЛ здесь не обойдёшься. Долгая это песня - повышение назначенного ресурса нового винта. Недешёвая.

С начала 1936 года в подмосковном Ступино приступили к созданию самостоятельного производства авиационных винтов. В то время в нашей стране отечественные воздушные винты не проектировались, страна по-купала лицензии на их производство у иностранных фирм за очень большие деньги. Необходимо было немедленно уйти от зависимости и контроля со стороны иностранных разработчиков авиационной техники, без этого говорить о развитии собственной, особенно, военной авиации, было нельзя.

Предприятие было создано и все винты и регуляторы к ним для самолётов, судов на воздушной подушке и хвостовых приводов вертолётов в Советском Союзе были спроектированы именно в Ступино, на Аэросиле. "Центре компетенции", как модно было говорить совсем ещё недавно, винтовой тематики.

Нерешаемых вопросов в этой области в Ступино не существовало. И когда специалисты французской фирмы "Safran" на одной из международных научных конференций в 80-х годах XX века предложили идею сверхэффективных и скоростных "серповидных винтов", посетовав одновременно, что ни проектировать, ни строить их пока невозможно, именно на Аэросиле в порядке инициативы поставили крупномасштабную серию испытаний для исследования винтов такого класса - и теперь только тут их и умеют считать и проектировать. Такими винтовентиляторами СВ-27 осна-стили АН-70, аналогичные конструкции спроектировали и даже успели поставить на двигатель НК-93.

И, если бы не распад экономики страны, многое что бы ещё...

С.Ю. Сухоросов, генеральный директор ПАО "НПП "Аэросила"

Современный воздушный винт, несмотря на кажущуюся традиционность, имеет существенные преимущества по сравнению с предшествующими конструкциями. Это - технологичность производства, применение композитных лопастей, обладающих малым весом и высокими ресурсными показателями, и ряд новых инженерных ре-шений в конструкции. Это придаёт новые возможности даже давно разработанным кон-струкциям. Так, ПАО "НПП Аэросила разработало новый воздушный винт АВ-410 с двухканальной электрогидравлической САУ типа FADEC для создаваемой АО "УЗГА" локализованной версии самолета Л-410. По многим параметрам АВ-410 превосходит воздушный винт, под замену которого он разрабатывался.

Запланировано применение адаптированного винта, получившего наименование АВ-410П, на создаваемом однотурбинном учебно-тренировочном самолете УТС. Жесткие условия эксплуатации воздушного винта ввиду большей маневренности и скороподъемности самолета и вызванных этим больших нагрузок на лопасть, могут потребовать перепроектирования лопасти для обеспечения прочностных характеристик.

Нельзя не отметить позитивную роль государственной политики импортозамещения, задавшей настрой на развитие несырьевых отраслей экономики. При этом технические решения, исходно найденные для задач оборонного характера, находят применение в гражданских секторах промышленности. Разработчик авиационных агрегатов создает и гражданскую продукцию с высокими, ранее недостижимыми параметрами и свойствами.

В СССР работало около двух десятков ОКБ, разрабатывающих собственные авиационные двигатели различного назначения. А с ними сотрудничали несколько десятков авиастроительных и моторострои-тельных заводов и несколько сотен агрегатных и при-боростроительных, изготавливавших так называемые "покупные изделия". При этом, ни одно из предприятий не сидело без работы, но и не дублировало друг друга. Просто в СССР выпускалось до 200 самолётов в год (из них 60-70 - гражданского назначения). Сейчас и вертолётов всех типов и назначений, включая лёгкие и спортивные - не более 50 штук в год. При этом магистральных лайнеров различных конструкций - буквально единицы.

В свете этого, совершенно не удивительно, что список двигателестроительных фирм сократился вдвое. К тому же, часть моторостроительных и агрегатных предприятий осталась за границами страны, часть потеряла самостоятельное значение, как ОКБ, разрабатывающее двигатели, часть - не производит продукции авиационного назначения, либо вообще никакой продукции. Потому, ценность каждого из работающих предприятий, значимость сохранённого им опыта, многократно вырастают.

Впрочем, есть у нас и такое авиадвигателестроительное ОКБ, которое сумело не то что не сократить производство ГТД, но и нарастить их выпуск. Правда, не совсем от хорошей жизни: предприятия, которые ранее выпускали серию разработанных здесь двигателей, руководящей волей были оторваны от разработчиков и - пришлось выпускать свои ВСУ самостоятельно. Я опять говорю всё о той же Ступинской Аэросиле.

Аэросила уже более 65 лет успешно разрабатывает малоразмерные ГТД, являясь нашей отечественной гордостью: центром компетенции в вопросах изготовления не только авиационных винтов, о чём здесь уже писалось, но и ВСУ.

Создав за последнее десятилетия семейство базовых ВГТД нового поколения 3-х типоразмеров: ТА14, ТА18-100 и ТА18-200, предприятие теперь не делает отдельно ВСУ под

В ноябре 1956 года на коллектив ОКБ возложили задачу проектирования вспомогательных силовых установок (ВСУ), как источник энергии на борту самолета. И теперь Аэроси-ла вошла в ряды отечественных ОКБ, проекти-рующих газотурбинные двигатели энергетиче-ского назначения, чем она и занимается по сей день. Ступинцы - обладатели ещё одной уникальной компетенции - компетенции по проектированию и производству бортовых источников питания всех типов. Все совре-менные военные самолёты и вертолёты, производящиеся и эксплуатируемые в нашей стране, снабжены ВСУ разработки Аэросилы. Это предприятие - одно из оставшихся пяти рос-сийских ОКБ, проектирующих и производящие свои ГТД мирового уровня.

каждый отдельный тип летательного аппарата (ЛА), но модифицирует базовую модель соответствующего типоразмера под задачи и энергопотребности данного ЛА. Такая идеология работ позволила повысить их темп и улучшить ремонтопригодность изделия. Возможности базовых двигателей позволяют обеспечивать бортовые энергопотребности всех эксплуатируемых, модернизируемых и вновь создаваемых ЛА, а удельные и эксплуатационные характеристики соответствуют уровню лучших мировых образцов.

Модификациями ВГТД ТА14/ТА14-130 оснащаются самолеты Як-130, Ил-112/114, Су-34, Су-35, Ан-140 и вертолеты Ми-8/17, Ми-28, Ми-38, Ка-52, Ка-31.

Интенсивно ведется работа по ВГТД 2-го типоразмера ТА18-100. Для последующей замены пока еще устанавливаемого иностранного ВСУ готовятся летные испытания ТА18-100 на борту самолета SSJ-100. С АО "МВЗ им. Миля" намечены работы по созданию модификации для модернизации Ми-26Т.

Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA) в 2018 году выдало Одобрение ETSO - подтверждение соответствия ТА18-100 европейским техническим стандартам, что открывает возможности установки этого двигателя на иностранных ЛА. В Ступино расценивают это и как подтвер-ждение соответствия качества работы всего предприятия высоким критериям. В настоящее время Аэросила нацелена на активное продвижение ВГТД ТА18-100 для применения на ЛА европейских компаний Airbus и Leonardo. Начало 2020 года уже ознаме-новано получением Дополнения к ранее выданному Одобрению ETSO в части повышения ресурсных характеристик, а также высотности запуска и режимной работы. И если бы не пандемия коронавируса, сделавшая границы между государствами непреодолимыми - сейчас бы уже вовсю шла работа по сборке и испытанию ступинских ВСУ для европейской авиатехники.

ВСУ ТА18-200 приме-нен на Ту-204СМ (модель ТА18-200М), созданы моди-фикации ТА18-20070 для самолета Ан-70, и ТА18-200-124 для самолета Ан-124-100 "Руслан".

Запланирована пода-ча Заявки в EASA на получение Одобрения ETSO для данного базового ВГТД. В 2015 году разработан и сертифицирован перспективный ВСУ ТА18-200МС для ближне- и средне-магистральных самолетов с возможностью применения на самолете МС-21. На основе базового двигателя создан демонстратор энергоузла с отбором электрической мощности 240 кВА, предназначенный для реализации современной концепции "электрического самолета".

Сегодня предприятие ведет работы по малоразмерным газотурбинным двигателям в классах мощности 500 - 700 и 1200 - 1700 л.с., и переходит к развитию базовых газогенераторов - основе маршевых силовых установок самолетов и вертолетов и энергоузлов для электрических транспортных средств.

На базе установки бортовой энергетической УБЭ-1700 в настоящее время ведется разработка перспективного газогенератора в классе мощности 1100-1300 л.с., с потенциальным применением его для создания турбовального двигателя для вертолетов Ка-62.

Для оснащения вертолетов Ка-226 и "Ансат" ведутся работы по турбовальному ГТД-500 - двигателю мощностью 750 л.с., который станет и прообразом законченной силовой установки для самолетов малой авиации с использованием собственного воздушного винта.

ПАО "НПП "Аэросила" - интегратор высокого уровня, координирующий в ходе реализации своих проектов творческие усилия разработчиков систем управления, топливной аппаратуры и электрооборудования, теплообменников, датчиков, других агрегатов, систем и материалов, проводя при этом опережающее формирование требований и постановку перспективных задач.

Особое внимание Аэросила уделяет построению современной системы послепродажного обеспечения (ППО) изделий АТ. Решаются задачи ППО на двух видов: построение эффективной и конкурентоспособной системы для создаваемой АТ и поддержка эксплуатации ранее произведенной АТ (авторское сопровождение, ресурсное обеспечение и т. д.). Современные требования к организации ППО в ГА и стремительное развитие цифровых технологий задают основные направления работ для российских разработчиков и изготовителей АТ по совершенствованию процессов поддержки эксплуатации. Каждая из 15 российских компаний, использующих продукцию Аэросила, может войти на сайт, посмотреть на характеристики и рекомендации по используемым ими изделиям, наработки по их ресурсу и ремонту, связаться с заводскими специалистами, заказать обслуживание своей техники и необходимые комплектующие.

Конструкторско-технологический потенциал, производственная и испытательная база, система менеджмента качества по требованиям ISO 9001:2015, EN 9100:2016, постоянные совершенствование и модернизация обеспечивают КАЧЕСТВО и НАДЕЖНОСТЬ продукции, подтверждаемые потребителями по всему миру.

В мире насчитывается 15 наиболее известных фирм, независимо друг от друга производящих винты для летательных аппаратов. И это - весьма и весьма недешёвые изделия. Так, скажем, винты для двигателей LOM чешского производства обходятся потребителю примерно в половину стоимости самого мотора. То же можно сказать и о других производителях винтов. Потому, романтические мечты первокурсника, типа: создать нового успешного производителя "на чистом месте" лучше оставить и продолжать в своих действиях опираться на тех, кто на самом деле умеет работать и знает как добиваться успеха.

УДК 621.01

ОРБИТАЛЬНО-ГРУППОВАЯ ОБЪЁМНАЯ МАТРИЦА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Анатолий Алексеевич Сперанский,
Вице-президент Российской инженерной академии по науке, председатель Совета Генеральных конструкторов РИА,
Президент Международного института антропогенной безопасности в Белграде, DExpert, профессор, академик РИА, МИА, IAA
Татьяна Геннадьевна Сперанская,
Полномочный академический советник президента РИА, секретарь по персоналу Международного координационного комитета совместных научных исследований и делового сотрудничества Федерации системы Гражданского общества России

Химия и искусство имеют общность,
которая коренится в их творческой природе.
Основоположник оргсинтеза П.Э. Бертло

АННОТАЦИЯ

Гениальное открытие Д.И. Менделеевым периодичности химических элементов, наравне с гениальным обобщением И. Ньютоном фундаментальных физических законов классической механики **состояний** и движения, заложили основы миропонимания материального микромира бытия, макромира Космоса и мегамира Вселенной.

В контексте нашего исследования, всеобщая взаимосвязанность и неограниченность фундаментальных научных знаний о материальных **свойствах**, энергетических **состояниях** и их взаимной **трансформации** под влиянием внутренних и внешних факторов, позволяет раскрывать **феномены** непознанных человеком знаний. При этом, в исследованиях чрезвычайно важно придерживаться пространственно-временно́й ***Lt***-мерности гомеостаза неживых и живых систем, которая, по всеобщему признанию, является одной из мировых констант.

Доведенный авторами до цифрового *4D*-уровня интеллектуальный инструментарий квантово-волнового спектрального наблюдения **состояний**, траекторного векторно-фазового энергетического **анализа** процессов реального времени и причинно-следственного предиктивного анализа (**прогноза**) гомеостатических состояний в механике упругих систем, позволяет **в порядке фундаментальной междисциплинарности** перенести знания и умения из физической области исследований, испытаний и диагностики конструкционных материалов в химическую область изучения, систематизации и природного синтеза новых конструкционных материалов с заданными и управляемыми свойствами.

Развитие **структурно-аналитической химии** в цивилизационном мире многомерных естественнонаучных фундаментальных знаний с применением универсального метода **Структурного порядкового анализа** (СПА) позволяет, как с позиций философской общности, так и с позиций креативной междисциплинарности, выстроить системно **понятийный аппарат** (глоссарий) упорядочения чрезвычайно важных для жизнедеятельности глубинных знаний физической химии Д.И. Менделеева и химической физики Н.Н. Семенова. В преддверии революционной эпохи интеллектуальной оцифровки эмерджентного синтеза материи будущего.

ВВЕДЕНИЕ

Химия как фундаментальная область естественнонаучных (точных) знаний о веществе - составе и строении, свойствах химических элементов, их соединений и превращениях в результате химических реакций, а также законах и закономерностях этих трансформаций, пронизывает все без исключения процессы жизнедеятельности Земной цивилизации.

Своими корнями химия обязана физике - науке о наиболее общих законах природы, структуре материи, движении и энергетических трансформациях. Современное общество в своем агрессивном противостоянии среде обитания столкнулось с новейшим феноменом экспоненциального роста Глобальных угроз антропогенного характера, преодоление которых системно и однозначно ведет к пониманию несовершенства существующих знаний в области прикладной химической кинетики, как в минеральных, так и органических веществах.

Основные проблемы техногенной, экотехнологической, биоэпидемической, водно-продовольственной, коммунальной и даже климатической безопасности ожидают креативных решений в конструкционном и биологическом материаловедении. Преодоление Глобальных угроз, деформирующих мировые экономики, как это впечатляюще продемонстрировала вирусная пандемия планетарного характера, становится необходимым условием Устойчивого развития.

Как всегда бывает, к катастрофам приводят три главные причины: отсутствие инструментов наблюдения, прогноза и предотвращения чрезвычайных ситуаций (1), недостаточный по отношению к проблеме уровень научно-профессиональных знаний в обществе (2), беспечное или некомпетентное отношение к угрозам со стороны властных, административных и исполнительных структур всех уровней управления (3).

И традиционно, во времена мировых социально-экономических потрясений, общество связывает свои надежды на преодоление невзгод с научно-инженерными профессиональными сообществами, единственно способными проявить возможности интеллекта для противодействия угрозам и устранения их причин впоследствии. Более того, критическим событиям, как правило, предшествуют предостережения наиболее талантливых, прозорливых и социально ответственных ученых.

В области материаловедения, ставшего в XXI веке стержнем Индустрии 4.0 и VI технологического уклада, одним из таких уникальных пророков оказался выдающийся русский ученый, Нобелевский лауреат по химии академик Н.Н. Семенов, зачинатель Химической физики и руководитель Атомного проекта СССР.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЗАВЕЩАНИЕ АКАДЕМИКА Н.Н. СЕМЕНОВА

В постановочной лекции перед студентами Физико-технического института (1951) академик Н.Н. Семёнов озвучил важный перечень вопросов, требующих совершенствования знаний о периодичности химических элементов табличных форм Д.И. Менделеева (1869) и международной ассоциации химиков IUPAC (1919):

- незаполненность отдельных периодов и рядов, свободные клетки таблиц (а);
- неопределенность размещения элементов в первом периоде, асимметричность (б);
- вынесенность семейств элементов III группы за пределы табличных форм (в),
- системное несоответствие валентности элементов групповому принципу (г),
- длиннопериодная таблица IUPAC проблемы семейственности не решает (д), и др.

Признавая гениальность творения Д.И. Менделеева, к разрешению провозглашённых академиком Н.Н. Семёновым проблем приложили усилия многие ученые и практики из разных стран мира, от известных химиков-лауреатов до настойчивых увлеченных практиков. Однако бесчисленное множество представленных вариантов Периодических таблиц, геометрических фигур и аналитических кривых (более 750) в разных системах координат, подчас обнадеживающе оригинальных, поставленной задачи не решают. Как показала мировая практика, устранить в отдельности какой-

либо из приведенных выше недостатков оказалось весьма сложно, что охладило пыл желающих конкурировать в гениальности.

Несмотря на полуторавековой юбилей "научного марафона без победителей", общепризнано, что молекулообразование из однородных и разнородных атомов вещества в каждом равновесно-устойчивом физическом состоянии модельно демонстрирует синтетический атомно-молекулярный гомеостаз - пространственно-временно́е подвижное энергетическое равновесие в фундаментальном стремлении к минимуму энергии состояний.

Такой сложный механизм синтеза описывается полипараметрическими тензорными *Lt*-матрицами (динамическими графами), реализующими вариационный принцип энергетической самоорганизации материи. При этом, цифровая модель химических реакций может быть инструментом кибернетического синтеза в прикладной области интеллектуального конструкционного и биологического материаловедения. Мерность наблюдения (измерения, сбора и хранения метрологической информации) должна строго соответствовать мерности реконструкции (дисплейно-виртуальной визуализации), обработки и анализа информации как необходимое и достаточное условие достоверности гомеостатической модели и её адекватности природному синтезу вещества, как в общей, так и в органической химии.

Для предстоящих химических исследований напрашивается модель энерго-динамического **ядерно-оболочечного равновесия соединений** (реакций), в согласии со всеми законами и закономерностями периодических таблиц. С другой стороны, она соответствует фундаментальному природному принципу достаточности квантованного минимума потенциальной энергии устойчиво-равновесных **атомно-молекулярных упругих состояний**, научно подтверждаемого кристаллографией.

СТРУКТУРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТАБЛИЧНЫХ ФОРМ

Известные элементы занимают в периодической системе элементов Д.И. Менделеева (короткопериодной таблицы) определенные места в соответствии с зарядом ядра их атомов и строением электронной оболочки. Первые варианты Периодической таблицы оказались весьма запутанными, что выражается в разделении периодов на ряды, подгрупп на главные и побочные, необоснованное вынесение семейств элементов за пределы таблицы, но, самое главное, несовершенна логика плоского отображения многомерности свойств элементов.

Положение некоторых элементов в периодической системе до сих пор однозначно не установлено и по этому вопросу продолжаются дискуссии. К таким элементам относятся водород, благородные газы, элементы триад металлов VIII группы, лантаноиды и актиноиды.

Таблица состоит из десяти горизонтальных рядов (семь периодов, с четвертого по шестой состоят из двух рядов, включающих ***d***-элементы) и из восьми вертикалей, называемых группами. Важное значение имеет функциональное несоответствие свойств ***d***-металлов первых рядов свойствам ***p*-элементов** с **III** по **VIII** групп. 1-й период, в отличие от всех остальных, состоит из элементов только двух типов - неметаллического, газообразного в естественных условиях водорода и инертного газа гелия. Структурные недостатки 1-го периода явно указывают на то, что периодическая система, независимо от рвения увлеченных новаторов, до настоящего времени - первой четверти XXI века остается незавершенной.

Остальные периоды содержат все четыре известных типа элементов: металлы, элементы с промежуточными свойствами, неметаллы и инертный газ. Но, водород является единственным элементом, который не может быть однозначно отнесен к какой-либо определенной группе системы и должен быть представлен, как самостоятельный элемент над периодом.

Короткая форма таблицы (7 периодов, 8 групп, ***f***-элементы вынесены за пределы таблицы) была официально отменена Международным союзом теоретической и прикладной химии IUPAC в 1989 году. В длиннопериодном варианте Периодической системы - 18 групп, имеющих те же обозначения, что и в короткопериодном. Подгруппы ***s***- и ***p***-элементов называют "главными", а подгруппы с ***d***-элементами - "побочными" подгруппами. Различие между главными и побочными подгруппами ярко проявляются в крайних группах таблицы, прежде всего в группах **I** и **VII.**

Электронное строение и химические свойства элементов главных и побочных подгрупп могут не иметь ничего общего, совпадения носят случайный характер. У элементов побочных подгрупп валентными являются электроны двух внешних уровней, в чем и состоит основное различие в свойствах элементов главных и побочных подгрупп (***d***-элементы, переходные металлы - мостик от металлических ***s***-элементов к ***p***-элементам с преобладанием неметаллов).

Структура **VIII** группы предельно противоречива - подгруппа **VIIIb** с "триадой металлов" против здравого смысла совмещена с подгруппой **VIIIa** благородных газов. Семейства ***f***-элементов также вынесены за пределы системы и на практике используются две таблицы. Можно считать, что короткопериодная таблица построена по принципу групповой периодичности, а длиннопериодная по принципу особой последовательности образования энергетических подуровней - ***орбиталей***.

В длинной форме таблицы все подуровни идут строго один за другим сверху вниз при понятной последовательности заполнения энергетических уровней любого элемента, даже еще не открытого. По сомнительной традиции, ***f***-элементы вынесены за пределы таблицы, во избежание образования "сверхдлинных" периодов и разрушая оказавшийся вре́менным полиатив IUPAC.

В научной конкуренции пальму первенства Д.И. Менделееву уступили признанные авторитеты химической науки Ю.-Л. Майер, А. Шанкуртуа, Д. Ньюлендс, В. Олдинг и Г. Хиприкс. К "химической революции" на рубеже XIX-XX веков причастны Т. Бейли, Ю. Томсен, А. Вернер, А. Ван-ден Брук, Г. Мозли и даже Н. Бор. В основном, идеи дидактического характера не позволили получить ответ на вопрос о границе периодической системы и в чем причины повторяющегося *"спонтанного нарушения порядка и симметрии"*.

Н.Н. Семенов ещё в середине XX века прозорливо предвидел: *"...по устранении 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 ... инженерам-физикам, а всем ученым, инженерам и практикам"*. Творчество пределов не имеет.

РАСКРЫТИЕ ФЕНОМЕНОВ - ЦЕЛЬ И МЕТОД ПОЗНАНИЯ

Характерный для Человека опыт наблюдений природных явлений, процессов и состояний порождает интуитивное видение закономерностей и формирует новые знания о природном синтезе, которые позволяют сформулировать теоретические предпосылки фундаментальных знаний, создавать более совершенные инструменты исследований и наблюдений в рамках информационной модели развития знаний.

В современном контексте рассмотрения лингвистических трансформаций, понятие ***феномен*** обозначает предметы, события, явления, процессы, свойства, сущности, состояния, виды и личности, касающиеся Природы, Общества и Человека, малоизвестные, редкие, необычайные, неизученные, неподдающиеся объяснению или противоречащие общепринятым знаниям и закономерностям факты, парадоксы, отличающиеся уникальными, необычными, неповторимыми или выдающимися качествами, характеристиками, талантами, поступками и прочими проявлениями, а также универсальное общее обозначение всего, что может стать объектом научного рассмотрения или исследования с целью получения фундаментальных (прорывных) научных и опережающих (креативных) технологических знаний. Как сказал авторитетный экономист Лестер Туроу: *"Сегодня знания и умения - единственный источник конкурентного преимущества... Сегодня оно там, где находятся лучшие мозги. Все остальное - не считается"*.

Идеи и теории, подтверждаемые опытами, экспериментами, исследованиями и наблюдениями, подлежат осмыслению и обра-

зуют жизненный цикл научного процесса ради обретения новых ожидаемых Обществом знаний. Достоверность наблюдений и адекватность их анализа позволяют раскрывать научные тайны и постигать основы природной физики явлений, процессов и состояний в **электромагнетизме, механике упругих систем, космическом термояде, тонких химических взаимодействиях** в конструкционных наноструктурированных материалах и биологических тканях.

Открытие, изучение, описание и практическое применение каждой из них в свое время кардинально изменило ход историю человечества, сформировав базовые законы Природы. Эти четыре фундаментальные силы с их природными взаимодействиями образуют естественнонаучные области лидерства в технологических знаниях, в полной мере продолжают влиять на социально-экономическое развитие социума, являясь основой для формирования и коммерциализации их эффективных антропогенных приложений.

Знания и представления Общества о единой всеобщей модели строения и синтеза вещества (**I**), о единой всеобщей теории проявления и трансформации энергии полей (**II**) и о единой неограниченной мерности информации в качестве универсального ***Lt***-инструмента наблюдения (**III**) с целью объективного познания и глубинного понимания ***феномена*** их пространственно-временно́го системно связанного ***гомеостаза***.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ - ФЕНОМЕН МАТЕРИАЛЬНОГО МИРА

По мнению Нобелевского лауреата в области химии академика И.Р. Пригожина, автора Теории феноменов, *"до конца века общество узнает об окружающем мире во много раз больше, чем за всю историю человечества. Человек обретет могущество, достойное древних богов, которым он когда-то поклонялся и перед которыми трепетал"*. Научные и природные феномены будут трансформироваться из загадок Природы в новые обычные знания.

Компьютерная революция позволит мысленно управлять материальными объектами и трансформацией энергии и материи; биотехнологическая революция продлит жизнь Человека и его активное творческое долголетие, научит создавать живые ткани, органы и существа с заданными свойствами; нанотехнологическая революция даст возможность управлять свойствами конструкционных материалов и формой объектов и даже создавать их "из ничего". Это "революционная" технологическая триада.

Существует множество феноменов, обойденных вниманием ученых, проявляющих локальное свойство или явление Природы, но некоторые из них носят междисциплинарный и даже фундаментальный характер. К феноменам относится и ***периодичность*** системы химических элементов, образование которых, в соответствии с законами ядерно-орбитального синтеза, демонстрирует непрерывный линейный квантованный порядок - увеличение скалярного заряда (и массы протонов) ядра определяет количество объёмных и пространственно ориентированных электронов орбитальных структур атома. При этом, гомеостаз атомных структур, в стремлении к минимуму энергии устойчивых состояний, демонстрирует нелинейный, циклически повторяющийся порядок структуры и физико-химических свойств элементов.

Феномен как непознанное знание в полной мере относится к табличным формам периодических систем химических элементов. Помимо пяти проблемных вопросов, озвученных академиком Н.Н. Семёновым, за полтора века после открытия Периодического закона, ни одно из предложений не приблизило к пониманию физической ***модели*** периодической системы. Это привело к отставанию структурной химии от общего развития естественных наук с позиции "от хаоса знаний к порядку". *"Переход от **хаоса** к **порядку** поддаётся математическому моделированию при ограниченном наборе моделей такого перехода - универсальных, которые работают на всех уровнях природного целого"* (И.Р. Пригожин).

Как перспективный способ формирования множества природоподобных процессов в сфере жизнедеятельности человека, изучение ***феноменов*** может быть реальным инструментом мотивации научной среды к познанию, освоению и коммерциализации областей Знаний, которые могут сокращать научно-технологическое отставание, повышать импортонезависимость и конкурентоспособность.

Мировые социально-экономические кризисы также являются непознанным ***феноменом***, породившим Глобальные антропогенные угрозы. Изучение прикладных и фундаментальных особенностей феноменов позволяет формировать новые опережающие технологические решения, устраняющие пробелы и отставание в развитии предшествующих периодов освоения знаний. Глубокий смысловой анализ позволяет раскрыть значительный философский потенциал понятия ***феномен*** для *"выравнивания диспропорции критических областей отставания"* Знаний, создающих глобальные антропогенные угрозы среде обитания, жизнедеятельности Человека и устойчивому развитию Общества в целом.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫХОДА ИЗ ПОЛУТОРАВЕКОВОГО ЗАСТОЯ

Еще один глубинный посыл научному сообществу сделал на рубеже XIX и XX веков соавтор теории системного анализа, выдающийся русский математик академик А.М. Ляпунов, распространивший биологическое понятие ***гомеостаз*** на сложные неживые и природно-технические системы. Открыта эпоха междисциплинарности между двумя важнейшими фундаментальными областями знаний о жизнедеятельности Человека - живой и неживой природе.

Гомеостаз - это всеобщее свойство саморегуляции сложных систем различной природы (физических, технических, химических, биологических, социальных и иных) к поддержанию подвижного динамического равновесия в обмене энергией с внешней средой с сохранением стабильности внутреннего состояния.

В биологии понятие ***гомеостаз*** сформировалось в контексте системной способности живых организмов к сохранению иммунитета - поддержанию своей биологической индивидуальности путём распознавания, нейтрализации и удаления чужеродных полей, веществ и клеток (болезнетворных бактерий и вирусов).

В механике понятие ***гомеостаз*** сформировалось в контексте системной способности неживых конструкций, механизмов и силовых машин к сохранению прочности - поддержанию конструкционной ресурсной индивидуальности путём наблюдения (мониторинга), распознавания (диагностики), устранения и предупреждения причин и обстоятельств неисправностей, аварий, катастроф и ЧС.

В химии/материаловедении понятие ***гомеостаз*** может быть инструментом наблюдения, анализа и/или целенаправленного синтеза вещества (формирования устойчивых или управляемых физико-химических структурно-функциональных свойств) в условиях энергетических факторов и воздействий.

В научно-инженерных сообществах сложилась устойчивая понятийность энергетических знаний в части показателей состояния вещества. ***Энтальпия*** H (теплосодержание) является аддитивной тепловой функцией термодинамического состояния вещества как сумма внутренней энергии U и потенциальной упругой энергии внутренней работы (произведение давления p на объём V) $\Delta H = \Delta U + p\Delta V$. Тепловой эффект химической реакции, равный изменению энтальпии (внутренней энергии U и работы расширения $Q_p = |\Delta H|$). При эндотермических реакциях $Q < 0$, при экзотермических реакциях $Q > 0$. Удельная энтальпия вещества h является параметрической справочной константой.

Энтропия S (неупорядоченность) является термодинамической функцией (макропоказателем) состояния вещества, которая служит мерой (выражает степень) беспорядка системы для определения направления химических реакций и изменения химического равновесия $\Delta S = Q/T > 0$. Энтропийный анализ помогает изучать данные и находить связи между явлениями, определять направления физических и химических процессов и состояний.

Величину энтропии принято вычислять по формуле $S = K \cdot \ln(n)$, где K - постоянная Больцмана, а n - количество микросостояний, реализующих макросостояние. Для обратимых процессов общее изменение ***энтропии*** равно нулю, для необратимых процессов степень энтропии увеличивается. Особую актуальность инстру-

менты наблюдения термодинамических состояний вещества имеют для изотопов, аллотропных и полиморфных образований.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ

Целью проведения исследований является интеграция знаний мирового научно-инженерного химического сообщества в области системного всеобъемлющего научного анализа структур и табличных форм периодического представления физико-химических элементов для формирования обоснованных предложений интеллектуального уровня к созданию универсальных оцифрованных физических моделей синтеза конструкционных материалов и биотканей для органов.

Стратегия научных исследований предполагает создание аргументированной многопараметрической формы объёмного представления непрерывной системы 118 известных и ещё не открытых химических элементов на основе общепринятых законов, закономерностей и правил, обобщённых короткопериодной таблицей Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева и длиннопериодной таблицей Международного союза химиков IUPAC. Безусловно, с учетом справедливых критических замечаний Нобелевского лауреата по химии академика Н.Н. Семенова и новейших междисциплинарных знаний в физике, механике, биологии, материаловедении, информационных технологиях и химическом синтезе.

Новый подход должен вобрать в себя достижения фундаментальных научных знаний в области ЭНЕРГИИ - ВЕЩЕСТВА - ИНФОРМАЦИИ с позиции пространственно-временной ***мерности*** Земной цивилизации, Учений о физико-химическом ***дуализме***, ***симметрии***, ***гомеостазе*** неживых систем, ***периодичности***, энергетического ***уровня***, теории ***феноменов***, ***энтальпии***, ***энтропии*** и ***эмерджентности*** знаний, интеллектуальных квантово-волновых инструментов наблюдения (***BigData***), дисплейно-виртуальной реконструкции (***Gybrid Twin***), модельного траекторного анализа реального времени (***Deep Data***), прогноза, оценки рисков и кибернетического управления (***ИскИн***) ***состояниями***.

Стремление авторов к созданию универсальной Объёмной матрицы химических элементов открывает научную перспективу формирования функционалов структур на ядерно-электронном валентно-энергетическом уровне химических элементов с практическим использованием периодичности системы с предсказательных позиций открытия новых, еще неизвестных химических элементов и их соединений.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ОРБИТАЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ

Для изучения структуры периодичности системы химических элементов Д.И. Менделеева и укрепления позиции признания её фундаментальности, авторами разработан метод ***Структурного порядкового анализа*** (***СПА***), состоящий из трех функциональных частей: Порядковый ретро-анализ структур уже открытых 118 химических элементов; Структурный анализ группового образования ***семейств*** элементов с невалентными ***орбиталями***; Структурный порядковый фьючерс-анализ (прогноз) ещё не открытых элементов.

В начале XX века наука о веществе сделала громадный скачок в связи с разработкой ядерной теории строения атомов, экспериментальным определением величин зарядов атомных ядер и ***электрона*** (Г. Мозли, Нобелевские лауреаты Д.Д. Томпсон, Э. Резерфорд, Н.Д. Бор и др.). Не случайно, что заряд атомного ***ядра*** совпадает с ***порядковым номером*** элемента в периодической системе. Если ***атом*** элемента находится в электронейтральном состоянии, атомное ***ядро*** с положительным зарядом ***Z*** окружено таким же количеством электронов, каждый из которых несёт единицу отрицательного заряда.

Заряд ядра определяет индивидуальность химических элементов, а атомный вес (атомная масса) элемента является величиной, зависящей от заряда ядра. Поэтому современная редакция Периодического закона звучит так: свойства простых веществ, а также формы и свойства их соединений находятся в периодической зависимости от порядковых номеров химических элементов. Именно ***порядковый*** принцип является основой анализа и синтеза в химии.

Традиционно многогранный закон изображается в форме плоских таблиц, диаграмм и графиков. ***Групповой*** принцип расположения элементов в периодах является самым важным в смысле образования химических соединений, и его системные нарушения в угоду субъективным представлениям, послужили причиной отсутствия универсальной физической ***модели*** вещества.

Используя доступную порядковую информацию, ***СПА*** впервые в мировой научной практике позволил не только устранить недостатки, озвученные академиком Н.Н. Семеновым, но и создать универсальную прогнозную модель на основе признанных мировым научным сообществом фундаментальных законов и закономерностей построения ***энергетических уровней*** {***K, L, M, N, O, P, Q...***} и ***орбитальных электронных подуровней*** {***s-, p-, d-, f-, g-, h-...***}, с учетом приоритетов заполнения электронных оболочек ядер.

Установлено устойчивое ***блочное*** соответствие структур парных периодов и энергетических уровней матрицы с граничными химическими элементами, завершающими периоды и энергетические уровни. Требуют особого внимания орбитальные структуры валентного и невалентного функционалов, а также основания выведения целых семейств химических элементов за пределы таблиц.

Порядковый анализ, в соответствии с орбитальными функционалами, не только формализует положение ***граничных элементов***, завершающих энергетические уровни, но и позволяет более обоснованно, с удвоенной достоверностью ***прогнозировать*** структуры периодов и энергетических уровней еще не открытых химических элементов новых парных периодов будущего.

Метод ***СПА*** является универсальным, научно и теоретически обоснованным инструментом не только анализа, но и прогнозирования существования еще неизвестных науке химических элементов. При этом следует понимать, что большинство элементов, стабильных и нестабильных в обычных природных условиях, могут существовать устойчиво в особых физических условиях, в том числе, высоких давлениях и температурах, сильных и слабых полях разной энергетической природы, значительно отличающихся от "нормальных" условий жизнедеятельности Земной цивилизации. А также открывать и демонстрировать ещё неизвестные науке новые ***свойства*** и энергетические устойчивые ***состояния*** элементарных частиц, химических элементов, материалов и биотканей на земле, в её недрах, в океанических глубинах, ближнем и дальнем космосе.

ПРЕДИКТИВНЫЙ ПОРЯДКОВЫЙ АНАЛИЗ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

Инновационный метод ***СПА*** дает возможность анализа устойчивых периодических ***Структур*** и природного естественного ***Порядка*** образования химических элементов в форме ***Обобщенной универсальной ядерно-орбитальной формулы*** (***ЯОФ***) любого химического элемента в ***каноническом*** (образцовом) виде.

Многомерный энергоинформационный подход позволит создать цифровую динамическую ***модель*** для расчетов процессов взаимодействия химических элементов между собой и методы прогнозирования для получения новых веществ.

Объёмная матрица химических элементов может стать наиболее информативной всеобщей модельной формой для обобщения фундаментальных законов структур и закономерных устойчивых особенностей химических элементов в их природном системном дуализме: ***Химизм "поливалентной периодичности"*** в короткопериодной таблице Д.И. Менделеева и ***Физичность "энергетических структур"*** невалентных орбиталей энергетических подуровней в таблице IUPAC.

Периодический закон опирается на непрерывное групповое наращивание валентных электронов {с **I** по **VIII** группы} в двух внешних орбиталях {s^{1-} - s^{2}} и {p^{1-} - p^{2-} - p^{3-} - p^{4-} - p^{5-} - p^{6}} с шагом $1e^{-}$ и максимальным разбросом поливалентности, равным восьми в пределах от (0 ÷ +8) до (-4 ÷ +4). Из этого можно сделать вывод о том, что, за исключением "***первородного***" (исходного) ***блока А*** из водорода $1s^{1-}$ (период 0) и гелия $1s^{2}$ (период № 1), полноценными с позиции ***валентности*** являются периоды № 2 и № 3 с пол-

ным разнообразием валентных структур {1e^- ÷ 8e^-}, заполняющих электронами ровно 8 групп. Структуру этих периодов можно считать ***канонической***, поскольку их валентный функционал присутствует во всех периодах (2 ÷ 7) во всех известных 118 химических элементах систем.

Фундаментальный Периодический закон отражает естественный природный ***порядок*** системного образования химических элементов и их соединений. Теория строения вещества в виде ядерно-оболочечной структуры системы элементов получила экспериментальное подтверждение. Строгое соответствие положительного заряда атомного ядра совокупному отрицательному заряду электронной оболочки и порядковому номеру в системе физико-химических элементов проявляется как в устойчивых стационарных состояниях элементов, так и в энергодинамических термохимических реакциях образования стабильных химических соединений.

Фундаментальное свойство ***порядка*** является многомерным информационным статическим скелетом структуры вещества, на котором, как в универсальной системе координат, целесообразно позиционировать статические и динамические энергетические характеристики фазовых состояний исходных компонентов химических реакций для дальнейшей задачи синтеза конечных ожидаемых продуктов.

Метод *СПА* в поставленной задаче играет технологическую роль обоснования **достаточной информативности для конструирования метода будущего синтеза**, вбирающий информацию обо всех известных законах, закономерностях, правилах, характеристиках, свойствах, процессах и состояниях элементов, соединенную с интеллектом, опытом и интуицией аналитика. Оцифровка опыта порядкового анализа, с учетом возникающих отклонений, особенностей и исключений, приближает не только к созданию универсальной физической ***модели*** вещества, но и к обоснованному прогнозированию новых, пока ещё не открытых химических элементов.

Важнейшим функционалом синтеза является валентность химического элемента есть фундаментальная способность его атомов образовывать определенное число химических связей (молекулообразование / присоединение или замещение) с однородными или разнородными атомами. Положительная валентность элемента соответствует количеству отданных атомом электронов (донор), а отрицательная - количеству забранных электронов для завершения внешнего энергетического уровня (акцептор). Природное свойство проявления избирательной активности с разными элементами называется ***поливалентность***.

Принцип 8-группного расположения химических элементов с ***валентным*** функционалом внешних орбитальных структур, положенный в основу короткопериодных форм, структурно обоснован максимальным разбросом ***поливалентности***. За исключением "особого" укороченного периода № 1 из водорода 1s^{1-} и гелия 1s^2 с внешней орбиталью {s^{1-} - s^2}, полноценными с позиции ***валентности*** являются периоды № 2 и № 3 блочной пары **B**. Разнообразие валентных структур {1e^- ÷ 8e^-} последовательно заполняет электронами все 8 групп, при этом все элементы "основные".

Образование в периодах № 4-5 блока **C** внутренних орбиталей {d^{1-} ÷ d^{10}} сподвигло Творца вставить их в виде дополнительных рядов перед внешними орбиталями {p^{1-} ÷ p^6}. Эта вставка "побочных" элементов разрушила гармонию групповой периодичности, введя несоответствие свойств *d*-элементов групповому принципу. Структуру периодов блока **B** можно считать ***канонической***, поскольку их валентнообразующий функционал присутствует во всех периодах. Достойна глубокого обсуждения обоснованность присутствия "побочных" элементов *d*-подуровня во всех группах периодичности, с **I** по **VIII**.

Научный подход *СПА* основан на использовании любых факторов и аргументов, упрощающих прогноз и расширяющих возможности синтеза новых химических элементов и их соединений. К числу таких факторов целесообразно отнести устойчивый фактор блочного образования парных периодов подобной структуры.

Поскольку в пределах открытых учеными 118 химических элементов фактор ***блочности*** наблюдается во всех периодах, начиная со второго, предлагается распространить его и на укороченный первый период, разбив его на условную пару одноэлементных периодов, в которых водород отнесен к нулевому периоду (s^{1-}), а гелий отнесен к периоду № 1 (s^2), тогда ***блочность*** как парная идентичность орбитальных структур сопряженных периодов, не нарушая ни одного принятого химического закона и порядка, становится фундаментальным фактором периодичности.

Восемь периодов распадаются на четыре парных блока {**A**, **B**, **C** и **D**}, при этом, метод *СПА* показывает, что в четных ***постканонических*** периодах каждой блочной пары впервые появляется новая (наивысшая) электронная ***орбиталь***, отсутствующая в предшествующих блоках. Еще одно новое наблюдение состоит в том, что каждому ***блоку*** соответствует только одно предельное заполнение электронной оболочки соответствующего энергетического ***уровня***, при этом, смена энергетических уровней {*K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P*, *Q*...} в блочных периодах происходит в середине четных периодов, между полностью заполненной электронами новой (наивысшей) ***орбиталью*** и последующей за ней наивысшей орбиталью предшествующего блока.

Периодичность как фундаментальное свойство системы химических элементов, с позиций метода *СПА*, структурирована ***каноническими периодами блока*** **B** на основе принципа 8-группового расположения элементов с валентным функционалом внешних орбитальных ***структур***. Форма материального проявления периодичности состоит в том, что каждый период начинается первым химическим элементом ns^{1-} группы **I** (**n** - порядковый номер блочной структуры) и завершается последним химическим элементом np^6 группы **VIII**.

Закономерное образование в периодах № 6 и № 7 блока **D** еще одной пары внутренних орбиталей {f^{1-} ÷ f^{14}} сподвигло Творца впервые вынести их за пределы периодической таблицы, аналогично не очень обоснованному введению дополни-тельных рядов "побочных" элементов, начиная с периодов № 4-5 блока **C**. При этом, очевиден принципиально иной подход к размещению нового функционального типа электронных энергетических ***подуровней*** (орбиталей).

В дополнение к двум внешним ***каноническим валентным*** орбиталям типа {4s^2} и {4p^6}, в структуре блока **D** появились внутренние орбитали {4f^{14}} невалентного типа четвертого энергетического уровня ***N***, в которых наращивание электронов происходит своим чередом, а свойство ***валентности*** (молекулообразования) продолжает проявляться благодаря паре ***внешних орбиталей***. Вслед за элементами типа {f^{14}} образуются элементы типа {4d^{10}}, также предшествующие внешней орбитали {4p^{1-}}.

Структурный анализ элементов блока **D** располагает к рассмотрению образования невалентных подуровней {f^{14}} и {d^{10}} в качестве проявления новой функциональной закономерности, которая, в отличие от линейной групповой ***валентности***, демонстрирует некоторую подуровневую ***цикличность*** свойств элементов с нелинейным характером невалентного функционала, предварительно квалифицированного как "вторичная периодичность" Е.В. Б?рона - С.А. Щукарева.

Цикличность как свойство закономерного последовательного заполнения электронами невалентных орбиталей внутренних электронных оболочек, в отличие от ***валентности*** внешних оболочек с линейным изменением параметров атомов, формирует фактор нелинейной сжимаемости оболочки. Табличные формы периодических систем традиционно отображают **групповой фундаментальный принцип** образования периодов. Метод *СПА* со всей очевидностью подтверждает всеобщую каноническую закономерность механизма валентности за счет внешних {ns^2} и {np^6} валентных орбиталей с функционалом химической активности.

В формах IUPAC также ***нарушен принцип непрерывности*** образования системы химических элементов. ***Вследствие необоснованного размещения*** "столбцов" с 3 по 12 в периодах № 4 и № 5 блока **C**, а также в периодах № 6 и № 7 блока **D**, появились пустые клетки в "столбцах" с 3 по 12 в периодах № 2 и № 3 блока **B**.

Необоснованно вставленные "побочные" ***d***-элементы, естественно, "раздвинули" элементы внешних {s^2} и {p^6} орбиталей до 18 "столбцов", образовав пустоты в блоке периодов **B**. Это возможно объяснить только отсутствием понимания дальнейшего развития периодической системы.

А дальнейшее развитие системы элементов привело к открытию 28 химических элементов с внутренними {f^{14}} орбиталями (лантаноиды и актиноиды), как оказалось, очень существенными для жизнедеятельности человека. Поступить с ними аналогично {d^{10}} орбиталям означало бы превращение 18-группной таблицы в 32-группную таблицу и т.д. ***И это всё при 8-группной периодичности и соответствующей ей максимальной поливалентности 8!***

Предиктивный метод СПА убедительно демонстрирует, что, в соответствии с принципом непрерывности, практика внесения элементов семейств ***f-***, ***g-*** ..., в пределы табличных групп, ведет к абсурду: в периодах 6 и 7 блока **D** 18-группная таблица IUPAC превратится в 30-группную, а в периодах 8 и 9 открываемых элементов блока ***E*** превратится в 44-группную, и т.д.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЫ

Система энергетического гомеостаза ядра и электронной оболочки в атомах химических элементов реализует два взаимосвязанных ***функционала***. Первый функционал - ***молекулообразование*** из однородных и разнородных атомов, что реализует материаловедческое предназначение химической науки - природный синтез, основанный на ***фундаментальном свойстве групповой периодичности***.

Второй функционал - многомерное ***энергоинформационное структурирование ядерно-оболочечных форм и фазовых состояний*** физико-химических соединений, что реализует интеллектуальный потенциал антропогенного синтеза новых конструкционных материалов и биологических тканей на основе природного многообразия. В этом цель физического моделирования эксплуатационных состояний.

Взаимодействие двух функционалов очевидно в связи с приходом эпохи оцифрованных научно-технологических исследований интеллектуальных знаний. Энергетическая природа физико-химического синтеза опирается на базовые представления об энергетических уровнях {*K, L, M, N, O, P, Q*...} и орбитальных электронных подуровнях {*s-*, *p-*, *d-*, *f-*, *g-*, *h-*...}, обладающих ***фундаментальным свойством порядковой устойчивости*** в формировании статодинамических приоритетов заполнения оболочек ядер.

Вместе с тем, по мере развития связанных ***структур ядер*** и ***электронных оболочек***, происходит существенное усложнение энергоинформационного взаимодействия внутри структур, приводящее к нарушению ***линейности***, ***устойчивости симметрии***, ***изотропности*** и, естественно, ***химической активности***. По мере увеличения ядерных масс, все это демонстрируют экспериментально подтвержденные свойства перескока электронов, сжимаемости орбитальных радиусов, нелинейности цикличности и т.п.

Энергетические функционалы реализуют многообразие видов периодичности. С увеличением порядкового номера повторяются сходные черты и существенные различия свойств химических элементов. Немецкий химик И. Деберейнер на полвека раньше опубликования таблицы Д.И. Менделеева, предвосхитил предсказательные возможности системы элементов, обладающих общностью химических свойств. Атомные массы и свойства средних в триадах подобных элементов усреднены относительно суммы свойств двух крайних химических элементов.

Атомно-молекулярные физико-химические свойства простых и сложных веществ (***валентность***, ***атомный радиус***, ***потенциал ионизации*** и т.п.) могут быть качественно и количественно представлены в виде зависимостей от порядкового номера с периодическим проявлением выраженных максимумов и минимумов. В рамках табличных форм химических элементов принято различать горизонтальную периодичность в квантованном увеличении от минимального до максимального значения заряда ядра и соответствующей ему электронной оболочки с активными внешними (валентными) орбиталями.

Вертикальная периодичность отображает химию элементов и их соединений, которая проявляется в групповой повторяемости свойств химических элементов Периодической системы. Элементы одной группы имеют однотипные электронные конфигурации с периодичностью свойств, например, ***энергии ионизации*** ***Ei*** [кДж/моль]. Диагональная периодичность связана с возрастанием неметаллических свойств в периодах слева направо и в группах снизу вверх. Принято также рассматривать вторичную, "звездную" и иные виды системной и локальной периодичности. В Объёмных матрицах главные виды периодичности представляются многообразием спиральных конических и цилиндрических форм.

Решающую роль в создании концепции ***валентности*** сыграл немецкий химик Ф.А. Кекуле, раскрывший теоретический смысл *"соединительной силы"* британца Э. Франкленда. Итальянец С. Канниццаро представил учение о валентности *"Конспект лекций по химической философии"* на широкое обсуждение на I Международном химическом конгрессе в г. Карлсруэ в 1860 г. Его исследования способствовали установлению ***валентности*** металлов, равно как работы Ф. Кекуле помогли определить аналогичные характеристики для неметаллов.

Выдающийся российский химик А.М. Бутлеров считал ***валентность*** основополагающим понятием в процессе создания своей теории химического строения и обосновал число 8 как реальную основу Периодического закона. Его активными российскими продолжателями стали талантливые химики Л.А. Чугаев и Б.Н. Меншуткин.

Функциональное отличие свойства ***периодичности*** химических элементов отражает фундаментальную закономерность и механизм повторяемости в формировании внешних ***валентных орбиталей оболочек ядер***. Энергетические характеристики активности в функции количества активных электронов ***s***- и ***p***-орбиталей в пределах групповых периодов, демонстрируют линейно-монотонный характер (рис.1).

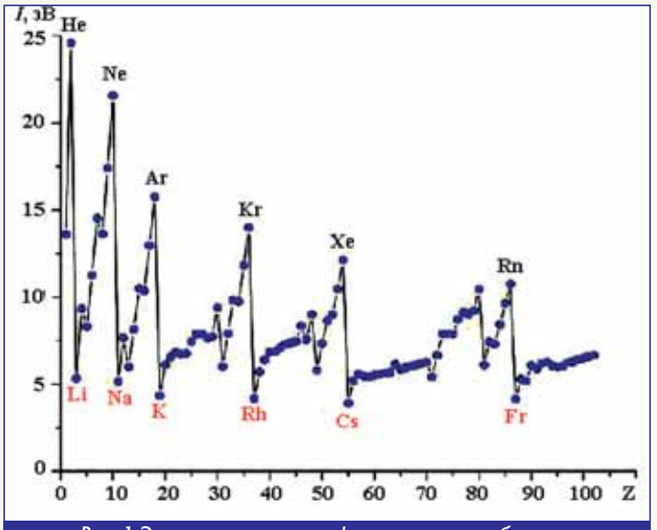


Рис. 1 Энергия ионизации в функции заряда оболочки

Полный спектр восьмигруппной периодичности представляют химические элементы с {$s^{1\text{-}2}$} и {$p^{1\text{-}2\text{-}3\text{-}4\text{-}5\text{-}6}$} подуровнями во внешних орбиталях. Разнообразие валентных структур {$1e^- \div 8e^-$} последовательно заполняет электронами все 8 групп "основных" элементов канонических периодов № 2-3 блока **B**, что позволяет именовать их ***валентными семействами***. Валентные ***семейства*** внешних орбиталей образуют ***каноническую основу*** последующих блоков парных периодов всех без исключения табличных и матричных форм Периодических систем.

Логический инструментарий метода ***СПА*** позволяет предположить, что, в случае известности всех химических элементов четырех блоков парных периодов одновременно с открытием Периодической таблицы, Творцу не могло прийти в голову размещать 48 химических элементов из 118 в необоснованном порядке ***с***

полным нарушением принципов непрерывности и групповой периодичности.

При этом, по мере образования химических элементов в пределах периода, проявление химической активности (валентности) внешних {s^2} и {p^6} орбиталей имеет ***линейный*** характер по всем характеристическим параметрам - ***масса***, ***заряд ядра***, ***электронный потенциал***, ***энергия связи*** и т.д.). А процесс образования химических элементов за счет внутренних невалентных орбиталей {f^{14}} и {d^{10}} демонстрирует очевидно ***устойчивый***, но не изученный ***феномен нелинейного влияния*** на те же характеристические параметры химической активности ***валентных орбиталей***.

Порядковым анализом образования внутренних невалентных орбиталей 3{d^{10}} и 4{f^{14}} подтвержден экспериментально ***цикл резонансного*** типа в элементах между ns^2 (группа II) и np^{1-} (группа III) орбиталями канонического восьмигруппного периода n{$s^{1-} \div p^6$}, внутри которого происходит образование новых ***семейств*** химических элементов за счет наращивания электронами ***невалентных подуровней*** внутренних невалентных орбиталей (рис. 2).

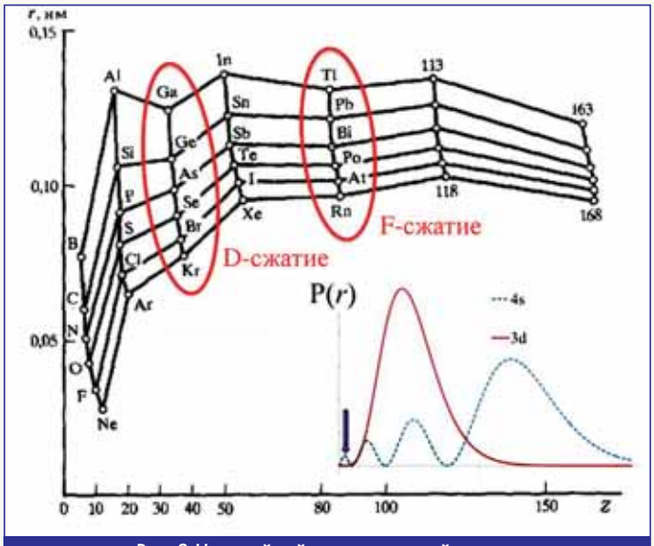


Рис. 2 Нелинейный энергетический провал внутренних невалентных орбиталей

Функциональное отличие от свойства периодичности химических элементов отражает ***фундаментальную закономерность и механизм повторяемости в формировании внутренних невалентных орбиталей*** оболочек ядер, предшествующих внешним валентным орбиталям. Энергетические характеристики электронов внутренних невалентных орбиталей демонстрируют системно ***нелинейный характер.***

В пределах каждого периода получены кривые ионизационных потенциалов и радиусы атомов с отклонениями, обусловленными особенностями ***экранизации оболочками нижнего уровня ядерно-электронного взаимодействия с внешними валентными орбиталями.*** "Вторичная периодичность" *"есть свойство, заложенное в самом ядре"*, и оно ***циклично характерно провалами*** (рис. 3).

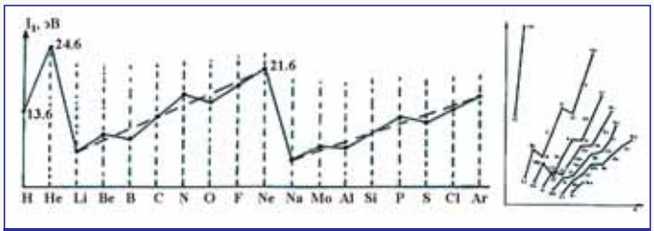


Рис. 3 Невалентные циклические энерготрансформации внутренних орбиталей

Порядок образования орбиталей электронных оболочек следует закономерностям:

1. Энергетические уровни образуются путем заполнения орбиталей (подуровней) соответствующего уровня ***в блочной естественной последовательности***: уровень K ($1s^{1-} \div 1s^{1-2}$) блока A; уровень L ($2s^{1-2} \div 2p^{1-2-3-4-5-6}$) канонического блока B; уровень M ($4s^{1-2} \div 3d^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10} \div 4p^{1-2-3-4-5-6}$) блока C; и завершается уровнем N ($6s^{1-2} \div 5f^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14} \div 4d^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10} \div 6p^{1-2-3-4-5-6}$) блока D.

2. Канонический блок B, в соответствии с ***фундаментальным свойством групповой периодичности***, является базовой полноразмерной структурой проявления полного спектра донорно-акцепторных валентностей от -4 до +4 или от 0 до +8 с максимальной поливалентностью "8".

3. Все последующие периоды, начиная с блока C, в естественной последовательности порядкового наращивания ядерно-электронных параметров (N - порядковый номер элемента, p^+ - протоны, n^0 - нейтроны; m - атомные массы; e^- - электроны), опираются на универсальную каноническую структуру {$ns^{1-2} \div np^{1-2-3-4-5-6}$}, реализующую через валентность ***фундаментальное свойство молекулообразования***.

4. Периоды каждого следующего за каноническим блока прогрессивно наращиваются одним новым энергетическим подуровнем (орбиталью), заполненная структура которого образует новое, более высокого подуровня ***семейство***.

5. Порядок образования новых семейств подчиняются ***фундаментальному принципу обратной инверсии***. В парных периодах блока C между каноническими семействами {ns^2} и {$np^{1-2-3-4-5-6}$} образуются семейства орбитали {$nd^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10}$} нового подуровня. А в периодах блока D после семейств {ns^2} последовательно образуются семейства {$nf^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14}$} и {$nd^{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10}$}, предшествуя элементам np^{1-} семейств {$np^{1-2-3-4-5-6}$}, и так далее. Все "инверсионные" семейства формируются в группе III, предшествуя элементам np^{1-}.

Метод СПА позволил обнажить структурный механизм функционального природного ***дуализма групповой периодичности валентности*** и ***энергетического семейственного гомеостаза цикличности*** в качестве основы познания материи. И если механизм химических реакций молекулообразования в системе химических элементов достаточно глубоко изучен и структурирован в ***периодах***, то механизм ***энергетических мотиваций природного синтеза материи*** требует серьезного пристального внимания.

Фундаментальный физический принцип ***минимума энергии устойчивых состояний*** вошел в химическую науку благодаря открытиям выдающейся плеяды ученых - В. Паули, В.М. Клечковского, Э. Маделунга, Ф. Хунда и др., научно обосновавших системные принципы и правила ***энергетического ядерно-орбитального баланса*** в структуре энергетических ***уровней***. ***Валентные периоды и энергетические уровни***, не совпадая структурно, представляют собой координатную матрицу химико-физического ***дуализма***.

По принципу ***минимума энергии состояний***, сначала заполняются орбитали более низкого энергетического подуровня. Но, с учетом структурной закономерности завершения энергетических уровней в каждом четном периоде соответствующей блочной пары семейством нового, более высокого по отношению к предшествующему периоду подуровня. Эта закономерность, обоснованная энергетически, создает иллюзию обратной ***инверсии*** при образовании новых орбиталей, однако, более внимательное изучение подтверждает главенство принципа минимума энергии ионизации в образовании новых химических элементов.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА

Для удобства описания и анализа свойств химических соединений, ***общепризнан стандарт электронной формулы химических элементов***, системно структурирующий распределение элементов по энергетическим уровням и подуровням в соответствие с возрастанием энергии атомных орбиталей для ряда:

$$1s^2<2s^2<2p^6<3s^2<3p^6<4s^2<3d^{10}<4p^6<5s^2<4d^{10}<5p^6<6s^2 \approx$$
$$\approx 4f^{24}<5d^{10}<6p^6<7s^2 \approx 5f^{24}<6d^{10}<7p^6.$$

Структурный анализ электронных оболочек химических элементов можно представить в виде трех ***системно связанных функционалов***, индивидуальных для каждого элемента или изотопа:

а) ***Периодически*** наращиваемые электронами ***валентные внешние s-*** и ***p-орбитали*** (*В-валентные*) энергетических уровней, образующиеся во всех химических элементах, составляют основу механизма химических взаимодействий; структура переменна до предельного заполнения электронами внешнего энергетического уровня, после чего наращивание смещается в следующую в порядке группу.

б) ***Циклически*** наращиваемые электронами ***срединные невалентные*** орбитали энергетических уровней образуются в элементах семейств III группы (*Н-невалентные*); в химических реакциях атомов не участвуют; структура переменна до насыщения электронами последнего (граничного) элемента завершенного энергетического уровня, после чего наращивание смещается в следующую по порядку группу.

в) ***Предельно*** заполненные (насыщенные) электронами ***нижние пассивные*** энергетические уровни оболочки (*П-пассивные*), на химические взаимодействия атома не влияют; структура неизменна до предельного заполнения электронами последнего энергетического уровня, после чего количество нижних энергетических уровней увеличивается на один.

Системно связанные функционалы электронных оболочек атома позволяют реконструировать ***Электронно-орбитальную формулу*** (*ЭОФ*) (1), которая может стать системным аналитическим инструментом описания и прогноза структурного распределения электронов по орбиталям-подуровням (*s-, p-, d-, f-, g-, h-*...) в энергетических уровнях (*K, L, M, N, O, P, Q* ...) системы химических элементов:

$$ЭОФ \equiv \{B_s \succ H \succ П \succ H \succ B_p\} \quad (1)$$

Устойчивое свойство цикличности в формировании внутренних невалентных орбиталей оболочек ядер, предшествующих валентным орбиталям, вносит недостающую интеллектуальную компоненту, позволяющую усилить философское осмысление природного физико-химического ***дуализма*** мира ***материи***: **химизм "поливалентной периодичности"**, составляющий фундаментальность короткопериодной таблицы Д.И. Менделеева, и **физичность "семейственных структур"** энергетических подуровней с видом на фундаментальность длиннопериодной таблицы IUPAC.

В отличие от **химической кинетики** молекулообразования в ***физической химии***, физики подошли вплотную к **системному гомеостазу** интегрированной динамической структуры атома "***ядро - оболочка***" ***в химической физике***. Именно ***атомный системный гомеостаз*** объективно претендует на роль интеллектуальной **физической модели химических элементов и их соединений**, требующей цифрового форматирования в задачах синтеза новых конструкционных материалов и биотканей Индустрии 4.0.

Методически цифровую модель атомов реализует формульное описание энерго-динамических функционалов их структур на основе **Электронно-орбитальных формул**, дополненных ***протонно-нейтронной*** массово-энергетической структурой ядер атомов (*Я*), компактно представляя элементы в виде **Ядерно-оболочечных формул** (ЯОФ) (2):

$$ЭОФ \equiv \{B_s \succ H \succ П \succ H \succ B_p\} \quad (2)$$

Обобщенная (универсальная) компактная ядерно-орбитальная формула любого химического элемента может быть представлена в структурно-каноническом виде:

$$ЯОФ \equiv \{Я + П + H + B\}.$$

В качестве практического примера структурирования функционалов, приведена ядерно-орбитальная формула химического элемента 101Md менделеевий (3). Она имеет общепризнанную электронно-орбитальную структуру $1s^2$ (K) - $2s^22p^6$ (L) - $3s^23p^6$ - $4s^23d^{10}4p^6$ (M) - $5s^24d^{10}5p^6$ - $6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$ (N) - $7s^25f^{13}6d^{10}7p^6$ - $8s^28p^6$ (P) - $8s^2$ (Q) и может быть представлена для изучения, расширения, моделирования, предиктивного анализа и потенциального синтеза конкретного химического элемента в форме ядерно-орбитальной формулы:

$$_{101}Md \equiv [_{n144}{}^{p101+}] * [_{70}Yb] * [O^{s\text{-}p\text{-}d\text{-}13}] * [P^{s\text{-}p\text{-}}Q^{s\text{-}}] \quad (3)$$

где:

- $[_{n144}{}^{p101+}]_{Я}$ - ядерный *протонно-нейтронный фактор* с зарядом атома химического элемента $_{101}Md$,
- $[_{70}Yb\ O^{s\text{-}p\text{-}d\text{-}13}P^{s\text{-}p\text{-}}Q^{s\text{-}}]$ - *аналитическая часть элемента* $_{101}Md$ на основе граничного элемента $_{70}Yb$,
- $[O^{s\text{-}p\text{-}d\text{-}1}]_{H}$ - циклическая аналитическая часть *внутренних невалентных орбиталей* формулы $_{101}Md$,
- $[P^{s\text{-}p\text{-}}Q^{s\text{-}}]_{B}$ - валентная периодическая аналитическая часть внешних орбиталей формулы химического элемента $_{101}Md$.

ЯОФ и ***ЭОФ*** являются ***модельным интеллектуальным инструментарием*** метода структурного порядкового анализа ***СПА***. Связь ядерно-электронной структуры вещества или материала с его конструкционными свойствами - проблема фундаментальной научной важности. Решение ее - в умении адекватно моделировать свойства, функции и назначение вещества на модели его ядерно-оболочечной структуры с предсказательных прогнозных позиций открытия новых, еще неизвестных, химических элементов и их соединений.

Еще одна структурная особенность системы химических элементов связана с валентностью в качестве **основополагающего линейного механизма периодического образования** атомов, а также природного синтеза молекул. Аналогично основополагающему закону Гука в механике упругих систем, структурирование периодов табличных форм исторически превратилось в **устойчивую научную доминанту** (догму), парализовавшую развитие химических исследований во всем разнообразии спектра естественнонаучных знаний о веществе, с игнорированием главенства системной неустойчивости, нелинейности, фазовой инерционности и спектральной многомерности квантово-волновых энергетических трансформаций.

Под этим углом зрения, представляется чрезвычайно важным изучение ***заявленного феномена нелинейной цикличности*** образования новых химических элементов за счет наращивания оболочек, внутренних по отношению к валентным. Научный метод ***СПА*** позволил через изучение **граничных функционалов периодичности и цикличности** выявить важную закономерность (рис. 4).

Границы периодов системы элементов определены сигнальными элементами s^{1-} и p^6 валентных семейственных орбиталей канонического периода. А границы энергетических уровней, которые "дирижируют" природным синтезом энергетических подуровней внутренних невалентных семейственных орбиталей {*d-, f-, g-,*

Рис. 4. Линейная функция граничных элементов энергетических уровней в периодах

h-...} определяются граничными элементами двух высших подуровней невалентных семейств в каждом четном периоде постканонических блоков.

Методом *СПА* выявлена строгая линейная зависимость расположения граничных элементов завершенных энергетических уровней в четных периодах блочных структур. Порядковые места граничных элементов внутри четных периодов определяет пара координатных формул положения последнего (сигнального) химического элемента завершенного энергетического уровня (ЭУ) (4)

$$[2\cdot(№_{\text{четного периода}})+4] \qquad (4)$$

и первого (сигнального) химического элемента нового ЭУ (5)

$$[2\cdot(№_{\text{четного периода}})+5] \qquad (5)$$

Места внешних валентных семейств строго регламентированы восьмигруппной периодичностью канонического периода во всех энергетических уровнях: ns^{1-} в группе I, ns^2 в группе II, np^{1-} в группе III, np^{2-} в группе IV, np^{3-} в группе V, np^{4-} в группе VI, np^{5-} в группе VII, np^6 в группе инертных газов VIII (рис. 5).

Места внутренних невалентных семейств регламентированы непрерывным порядковым принципом нумерации и образования химических элементов и правилом обратной последовательной очередности размещения энергетических подуровней {*d*-, *f*-, *g*-, *h*-...} оболочки атома.

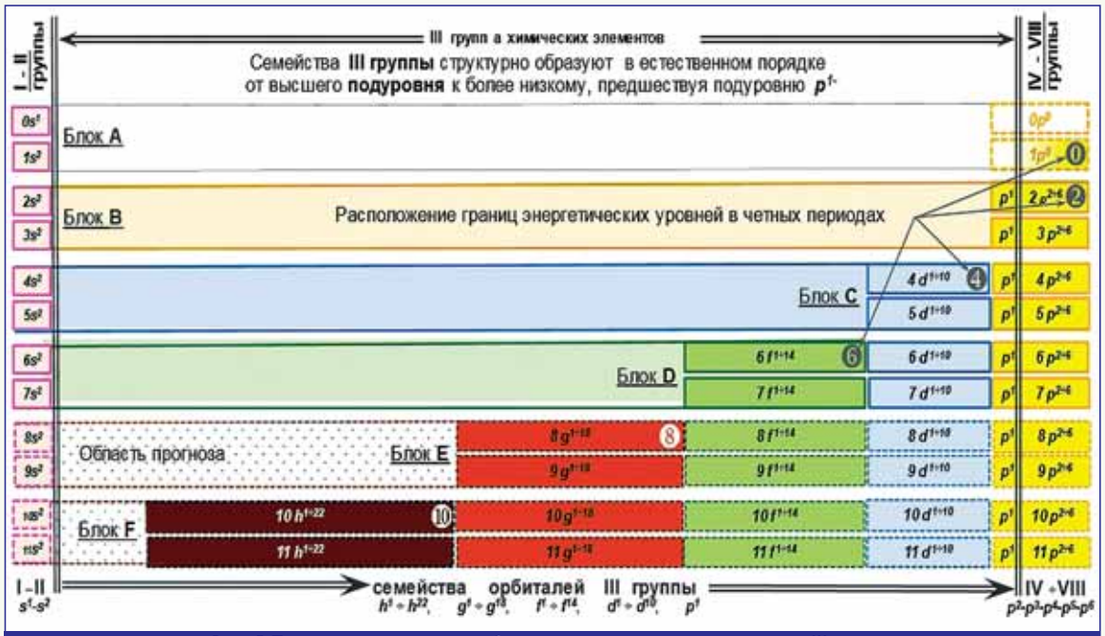


Рис. 5 Порядковая структура образования химических элементов III группы

Придавая серьезное и ответственное отношение к указанным порядку и правилу, семейства {d^{10}} энергетического уровня M размещаются между валентными семействами $4s^2$ - $4p^{1-}$ и $5s^2$ - $5p^{1-}$ парных периодов блока C, а невалентные семейства {f^{14}, d^{10}} энергетического уровня N размещаются между валентными семействами $6s^2$ - $6p^{1-}$ и $7s^2$ - $7p^{1-}$ парных периодов блока D.

ВЫВОД: *феномен* **семейственности невалентных орбиталей** состоит в их обоснованном расположении в общей группе III с непосредственным предшествием элементам np^{1-} во всех энергетических уровнях.

Исторически сложившиеся нарушения привели к необоснованному размещению семейств {d^{10}} в введенных дополнительно рядах "побочных элементов" и триадах металлов VIII группы периодических таблиц с **нарушением фундаментального принципа восьмигруппной периодичности и полным несоответствием валентностей побочных элементов группам их принудительного размещения**.

Несоответствие элементов главных и побочных подгрупп ярко проявляются в крайних группах I и VII. Вынесение элементов f^{14} - семейств за пределы табличных форм также **абсурдно и разрушительно**. Представленная аргументация раскрывает ***феномен структурной химии***, просуществовавший 150 лет!

СЕМЕЙСТВЕННЫЕ ПЕРИОДИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ

Созданный для устранения недостатков табличных форм, озвученных академиком Н.Н. Семеновым, метод *СПА*, позволил выявить ***универсальные функционалы*** семейств внешних валентных {s^2 - p^6} и внутренних невалентных {d^{10} - f^{14} - g^{18} ...} орбиталей и представить в **матричной форме универсальное свойство семейственности химических элементов периодической системы** (рис. 6).

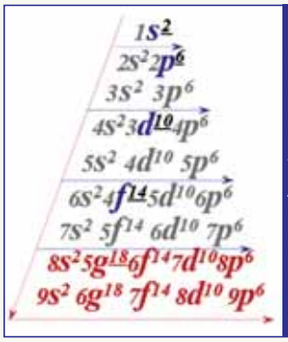


Рис. 6 Универсальная семейственная матрица. Первая цифра в каждой строке обозначает номер периода, синим цветом выделены граничные семейства энергетических уровней, а красным цветом выделены прогнозируемые семейства периодов за пределами открытых учеными 118 химических элементов. Коэффициенты перед буквенными символами семейств обозначают принадлежность подуровней к энергетическим уровням, а их последовательность заполнения определяется принципом минимума энергии состояний. Красные стрелки показывают порядок образования химических элементов, а синие обозначают границы периодов

Метод СПА, позволил выделить, начиная с парных периодов блока B, общую ***каноническую структуру восьмигруппной валентности***, что убедительно подтверждено выдающимся химиком профессором А.М. Бутлеровым (рис. 7) и другими авторитетными учеными.

Далее, во всех последующих периодах, помимо семейств с внешними валентными {ns^2, np^6} орбиталями, представлен **неизвестный ранее механизм образования внутренних невалентных орбиталей**, относящийся к семействам элементов {nd^{10}}, располагающихся сразу после заполнения валентных орбиталей элементов ns^{1-} (группа I) и ns^2 (группа II), но перед химическими элементами первых валентных орбиталей np^{1-} семейств np^6 (группы II - VIII). Черным цветом выделены периоды уже открытых 118 элементов, а красным прогнозируемые периоды.

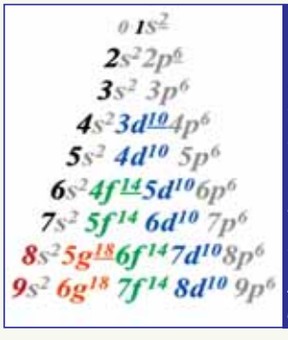


*Рис. 7 Орбитальная периодическая матрица. Таким образом, на основе фундаментального принципа непрерывного образования новых химических элементов, **внутренние невалентные орбитали** {d^{10}, f^{14}, g^{18}, h^{22}} принципиально **могут располагаться только в группе III**. Граничными элементами периодов являются инертные газы с предельно насыщенными электронами валентными орбиталями: 2He ($1s^2$), 10Ne ($2p^6$), 18Ar ($3p^6$), 36Kr ($4p^6$), 54Xe ($5p^6$), 86Rn ($6p^6$), 118Og ($7p^6$). Матрица обладает свойством линейного семейственного прогнозирования, распространяющееся на периоды 8-9 блока **E***

Семейственные периодические матрицы строго соответствуют всем законам и закономерностям классической химии, на ко-

торых построены табличные формы, при этом, они позволяют наглядно представлять особенности и анализировать ***структурные механизмы*** системы химических элементов. Одним из основных аналитических параметров структурных исследований являются *граничные* элементы в системе понятийных координат - восьмигруппной валентной периодичности и семейственной энергетической цикличности.

Граничными элементами энергетических уровней являются предельно заполненные электронами валентные орбитали ***первородного*** 2He ($1s^2$) блока **A** энергетического уровня ***K*** и четного ***канонического*** периода № 2 **10Ne** ($2p^6$) блока **B** уровня ***L***, а также предельно заполненные электронами невалентные орбитали **четных постканонических** периодов № 4 - **30Zn** ($3d^{10}$) блока **C** уровня ***M*** и № 6 - **70Yb** ($4f^{14}$) блока **D** уровня ***N*** из числа открытых учеными 118 химических элементов.

И предиктивно, в трех прогнозируемых методом СПА *прогрессивно* ***расширяющихся периодах*** (рис. 8) еще не открытых химических элементов: № 8 - **138Yn** / Иний ($5g^{18}$) блока **E** уровня ***O*** в честь мирового мецената профессора **Самуэла И-Л Ина**, № 10 - **242Gu** / Гусений ($6h^{22}$) блока **F** уровня ***P*** в честь выдающегося инженерного творца профессора **Бориса В. Гусева**, и №12 - **390An** / Анатолий ($7q^{26}$) блока **G** уровня ***Q***. Названия структурно обоснованных элементов условные и предложены в знак благодарности спонсорам проводимых научных исследований.

Синими линиями выделены ***орбитальные семейства*** в пределах уже открытых химических элементов, красными линиями выделены прогнозируемые методом ***СПА*** семейства пока неизвестных химических элементов. Черной нумерацией справа обозначены ***граничные семейства*** и ***энергетические уровни*** системы химических элементов, подчёркнуты собственно орбитали граничных химических элементов энергетических уровней, перечисленные выше.

Орбитальные структурные ***матрицы***, отображая природный физико-химический ***дуализм*** периодической системы элементов, в порядке подведения итогов интегративного анализа семейственности энергетических структур целесообразно представить в обычной табличной форме, отображающей суть креативного научного *открытия*, раскрывающего естественнонаучный ***феномен*** в фундаментальной области знаний (табл. 1).

Приведенная аргументация авторов научного метода ***СПА*** убедительно обосновала и последовательно подтвердила его эффективность в качестве инструментария раскрытия естественнонаучных ***феноменов*** в фундаментальной области структурной аналитической химии.

Структурный анализ последовательности заполнения орбиталей в блоках парных периодов, ведущей к непрерывно-циклическому заполнению энергетических уровней, наглядно демонстрирует прогрессивный порядок формирования орбиталей химических элементов чётных периодов с завершением энергетического уровня в каждом из них (подчеркнуто), при этом, в нечётных парных периодах наблюдается прогрессивный опережающий рост количества заполняемых энергетических уровней по отношению к заполненным (0 для A; 1/3 для B; 2/5 для C; 3/7 для D; 4/9 для E; 5/11 для F), выделено красным цветом в таблице 2.

Одним из инструментов сравнительного структурного анализа являются ***Объёмные развертки периодических матриц*** короткопериодной системы химических элементов Д.И. Менделеева и длиннопериодной орбитальной системы химических элементов IUPAC с позиционированием семейств лантаноидов и

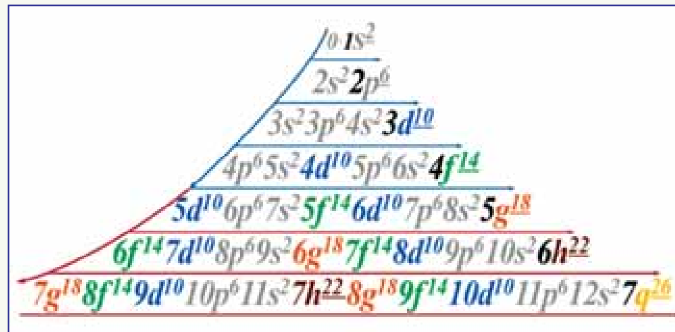


Рис. 8 Орбитальная энергоциклическая матрица

Таблица 1

Групповая порядковая структура семейств элементов III группы

Период	Количество элементов	Группы	Орбитали
0	1	I	s
1	1	VIII	
2	8	I - II, - - III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p
3	8	I - II, - - III - IV - V - VI - VII - VIII	
4	18	I - II, - d-III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p, d
5	18	I - II, - d-III - IV - V - VI - VII - VIII	
6	32	I - II, - f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p, d, f
7	32	I - II, - f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	
8	50	I - II, - g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p, d, f, g
9	50	I - II, - g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	
10	72	I - II, - h, g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p, d, f, g, h
11	72	I - II, - h, g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	
12	98	I - II, - q, h, g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	s, p, d, f, g, h, q
13	98	I - II, - q, h, g, f, d-III - IV - V - VI - VII - VIII	

Таблица 2

Завершенные и заполняемые орбитальные структуры Блочных периодов

Блок	Порядок периодического заполнения орбиталей химических элементов: периоды четные (первые в блоке)	№	периоды нечетные (вторые в блоке)
A	s^1 — K; 1-й заполняемый энергетический уровень	0-1; 1	s^2 — K; 1-й завершенный энергетический уровень
B	K: s; L: s p; 2 завершенных энергетических уровня	2, 3; 2	K: s; L: s p; M: s p; 3-й заполняемый энергетический уровень
C	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p; 3 завершенных энергетических уровня	4, 5; 3	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d; O: s p; 4-й и 5-й заполняемые энергетические уровни
D	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d; P: s p; 4 завершенных энергетических уровня (ЭУ)	6, 7; 4	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d f; P: s p d; Q: s p; 5-й, 6-й и 7-й заполняемые энергетические уровни
E	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d f g; P: s p d f; Q: s p d; R: s p; 5 завершенных ЭУ	8, 9; 5	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d f g; P: s p d f g; Q: s p d f; R: s p d; X: s p; 6÷9 заполняемые ЭУ
F	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d f g; P: s p d f g h; Q: s p d f g; R: s p d f; X: s p d; Y: s p	10, 11; 6	K: s; L: s p; M: s p d; N: s p d f; O: s p d f g; P: s p d f g h; Q: s p d f g h; R: s p d f g; X: s p d f; Y: s p d; Z: s p

актиноидов. Интеллектуальные инструменты структурного порядкового анализа позволили исполнить завещание Н.Н. Семенова в части устранения недостатков табличных форм в виде развертки Орбитально-групповой энергоциклической объемной матрицы периодической системы химических элементов (рис. 9).

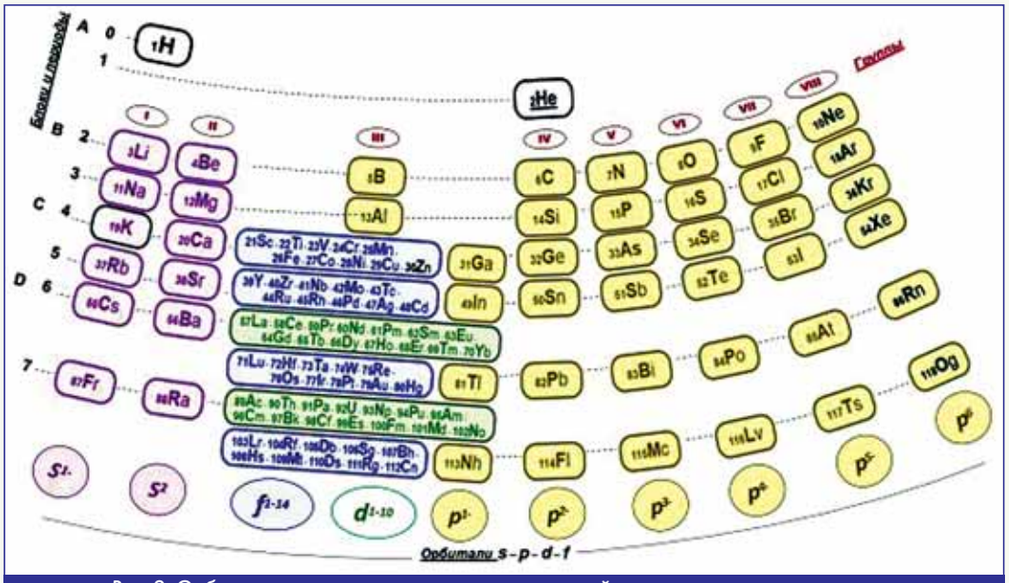


Рис. 9. Орбитально-групповая матрица периодической системы химических элементов

ОБЩИЙ ВЫВОД: Преодолев полуторавековое **доминирование феноменальных заблуждений**, породивших системные недостатки табличных форм, авторам удалось приблизиться к **созданию интеллектуального инструментария структурного порядкового анализа и эмерджентного синтеза новых материалов**.

ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ СТРУКТУРНОГО ПОРЯДКОВОГО АНАЛИЗА

Основу примененного понятийного аппарата составляют общепринятые определения и новые термины, отражающие лингвистические пристрастия авторов.

1. Понятие **ПЕРИОД**, породившее термин **ПЕРИОДИ́ЧНОСТЬ** (введен в научный обиход благодаря Д.И. Менделееву) является фундаментальным для системы химических элементов и обозначает *"свойство регулярной повторяемости валентных структур двух внешних орбиталей химических элементов, как частный случай чего-либо или какого-либо явления повторяющегося характера"* в определенной устойчивой научно обоснованной последовательности.

Физический смысл химической периодичности обусловлен устойчивой закономерностью повторения конфигурации электронов внешнего энергетического уровня атомов по мере увеличения заряда ядра, благодаря которой реализуется также фундаментальное свойство системы химических элементов **ВАЛЕ́НТНОСТЬ** - *"способность устойчивого соединения однородных и/или определенных разнородных атомов химических элементов в стабильные молекулы вещества"*.

Периодическая парадигма системы химических элементов основана на природном свойстве линейного соответствия **ПОРЯДКА** наращивания протонно-нейтронной структуры ядер и линейно-орбитальной структуры заполнения электронами ядерных оболочек при всеобщем устойчивом принципе **минимума энергетического баланса** элементов и соединений. Фундаментальная закономерность образования новых физико-химических свойств химических элементов кроется в устойчивой периодичности строения электронных оболочек атомов.

2. **БЛОЧНОСТЬ** - фундаментальная устойчивая закономерность парной идентичности периодических орбитальных структур, сопряженных в парах четного и нечетного периодов в естественной природной последовательности образования химических элементов, за исключением начального укороченного неструктурированного периода.

Закон блочности справедлив для всех табличных и объёмно-матричных форм периодического закона как метод структурирования попарно единообразных периодов орбитально устроенных электронных оболочек химических элементов. Позволяет дедуктивно обоснованно распространять известные законы и закономерности образования в нормальных земных условиях 118 известных химических элементов на предиктивный анализ ещё неизвестных физико-химических элементов любых энергетических уровней.

Понятие блочности структурирует порядковый **ПРОГНОЗ** образования новых, ещё неизвестных ученым, химических элементов представляется естественно-научным методом познания материального мира, расширяющим возможности углубления научных знаний о среде обитания и жизнедеятельности человека.

3. **ОРБИТАЛЬ** - структурно-выраженный функционально-групповой энергетический подуровень электронной оболочки ядра, объединяющий химические элементы по принципу схожести, подобия или соответствия какой-либо химической характеристике и/или физическому свойству. Известна количественная и содержательная закономерность, по которой из подуровней формируются энергетические уровни.

Общепринятая функциональная классификация орбиталей, за пределами особого укороченного предканонического блока **A**, выглядит следующим образом:

A) s^{1-}, s^2 - сигнальные валентные орбитали химических элементов групп **I** и **II** в порядковой блочной (парной) структуре каждого периода конкретных энергетических уровней свидетельствует о завершенности предшествующего периода и являются индикатором начала нового по отношению к предшествующему периоду; "***s*** - пара" образует сигнальное {s^{1-}, s^2} моновалентное **образование** из двух химических элементов - двухгруппное "семейство".

Б) p^{1-}, p^{2-}, p^{3-}, p^{4-}, p^{5-}, p^6 - внешние валентные орбитали химических элементов групп **III**, **IV**, **V**, **VI**, **VII** и **VIII** в порядковой блочной структуре каждого периода конкретного энергетического уровня свидетельствуют о степени заполняемости текущего периода; предельное заполнение орбитали p^6 свидетельствует о завершённости текущего периода и является предвестником и ***s***-индикатором образования следующего периода; "***p***-секстет" демонстрирует устойчивое поливалентное образование из шести химических элементов - шестигруппное "семейство" {p^{1-}, p^{2-}, p^{3-}, p^{4-}, p^{5-}, p^6} в каждом периоде всех энергетических уровней; предельно заполненная семейственная "s^2- p^6 - пара" блочной структуры **B** являет собой восьмигруппный восьмиэлементный **КАНОНИЧЕСКИЙ** период, который можно считать *"исходным, обязательным, твердо установленным и принять за норму или образец"*, на основе которого происходит структурирование всех последующих блочных периодов периодической системы.

B) d^{1-}, d^{2-}, d^{3-}, d^{4-}, d^{5-}, d^{6-}, d^{7-}, d^{8-}, d^{9-}, d^{10} - внутренние невалентные орбитали химических элементов группы **III**, предшествующие p^{1-}-орбитали в порядковой блочной структуре каждого периода конкретного энергетического уровня, формируют разной степени заполняемость текущего энергетического подуровня; предельное заполнение орбитали d^{10} отражает состояние завершенности текущего ***d***-подуровня и является предвестником начала заполнения орбитали p^6 группы **III** в порядковой блочной

структуре каждого периода конкретного энергетического уровня; "*d*-декада" демонстрирует в Объёмной периодической матрице **первое устойчивое невалентное образование** из десяти химических элементов {d^{1-}, d^{2-}, d^{3-}, d^{4-}, d^{5-}, d^{6-}, d^{7-}, d^{8-}, d^{9-}, d^{10}} - одногруппное обособленное **СЕМЕЙСТВО** химических элементов группы **III** в каждом периоде всех энергетических уровней, начиная с двух "постканонических" периодов блока **C**.

Г) Авторским методом Структурного порядкового анализа (СПА), с опорой на **фундаментальную структуру семейственности**, обнаружена универсальная матричная системность: физико-химический дуализм демонстрирует, с одной стороны, **физичность** "энергетических уровней", с другой стороны, **химизм** "валентной периодичности", при этом совпадение границ уровней и периодов обнаружено только в четных периодах усеченного блока **A** одноэлементных парных периодов **0 - 1** и полноценного блока **B** парных канонических восьмиэлементных восьмигруппных периодов **2 - 3**.

Д) f^{1-}, f^{2-}, f^{3-}, f^{4-}, f^{5-}, f^{6-}, f^{7-}, f^{8-}, f^{9-}, f^{10-}, f^{11-}, f^{12-}, f^{13-}, f^{14} - внутренние невалентные орбитали химических элементов группы **III**, предшествующие d^{1-}-орбитали в порядковой блочной структуре каждого периода третьего энергетического уровня и, продолжая механизм В), формируют разной степени заполняемость текущего энергетического подуровня; предельное заполнение орбитали f^{14} семейства **лантаноидов** отражает состояние завершенности текущего *f*-подуровня и является предвестником начала заполнения орбитали d^{10} группы **III** в порядковой блочной структуре каждого периода текущего энергетического уровня; "*f* - семейство" демонстрирует в Объёмной матрице **второе устойчивое невалентное образование** из четырнадцати элементов {f^{1-}, f^{2-}, f^{3-}, f^{4-}, f^{5-}, f^{6-}, f^{7-}, f^{8-}, f^{9-}, f^{10-}, f^{11-}, f^{12-}, f^{13-}, f^{14}} - одногруппное обособленное **семейство** химических элементов группы **III** в каждом периоде всех энергетических уровней, начиная с двух "постканонических" периодов последнего блока **D** открытых учеными химических элементов.

Методом структурного **ретро-анализа** подтверждена **ИНВЕРСИЯ** порядка образования структуры из двух обособленных **семейств** химических элементов группы **III**: после заполнения электронами орбиталей s^2, по мере образования новых химических элементов четного периода **6**, начинается заполнение электронных оболочек старшего энергетического подуровня f^{14}, его полное завершение приходится на элемент $_{70}Yb$, затем происходит последовательное заполнение орбитали более низкого энергетического подуровня d^{10}, заполнение орбитали p^{1-} группы **III** с переходам к структуре Б) четвертого энергетического уровня и далее к образованию периода 7, содержащего семейство **актиноидов** блочной структуры **D**.

На этом завершается ретро-анализ 118-элементной системы открытых учеными химических элементов, на основании чего, с использованием апробированного метода СПА, возможно обосновано перейти к **фьючерс-анализу** гипотетически структурно понятного блочного уровня **E**.

Е) g^{1-}, g^{2-}, g^{3-}, g^{4-}, g^{5-}, g^{6-}, g^{7-}, g^{8-}, g^{9-}, g^{10-}, g^{11-}, g^{12-}, g^{13-}, g^{14-}, g^{15-}, g^{16-}, g^{17-}, g^{18} - внутренние невалентные орбитали химических элементов группы **III**, предшествующие f^{1-}-орбитали в порядковой блочной структуре каждого периода конкретного энергетического уровня и, продолжая механизм Г), формируют разной степени заполняемость текущего энергетического подуровня; предельное заполнение орбитали g^{18} отражает состояние завершенности текущего *g*-подуровня и является предвестником начала заполнения орбитали f^{14} группы **III** в порядковой блочной структуре каждого периода конкретного энергетического уровня.

В порядке предиктивного структурного анализа "*g*-семейство" демонстрирует в Объёмной матрице **третье устойчивое невалентное образование** из 18 элементов {g^{1-}, g^{2-}, g^{3-}, g^{4-}, g^{5-}, g^{6-}, g^{7-}, g^{8-}, g^{9-}, g^{10-}, g^{11-}, g^{12-}, g^{13-}, g^{14-}, g^{15-}, g^{16-}, g^{17-}, g^{18}} - одногруппное обособленное **семейство** химических элементов группы **III** в каждом периоде всех энергетических уровней, начиная с двух "постканонических" периодов последнего блока **E** ещё не открытых учеными химических элементов.

Методом структурного **фьючерс-анализа** формируется **ИНВЕРСИЯ** порядка образования структуры из трех обособленных **семейств** химических элементов группы **III**: после заполнения электронами орбиталей s^2, по мере образования новых химических элементов четного периода **8**, начинается заполнение электронных оболочек старшего энергетического подуровня g^{18}, его полное завершение приходится на прогнозируемый элемент $_{138}Yn$, затем происходит заполнение орбиталей f^{14} и d^{10}, после чего происходит заполнение орбитали p^{1-} группы **III** с переходам к структуре Б) четвертого энергетического уровня и далее к образованию периода 9 блочной структуры **E**. На этом завершается фьючерс-анализ первого прогнозируемой блочной структуры **E** будущих химических элементов.

4. **ВАЛЕ́НТНОСТЬ** - способность однородных и/или определенных разнородных атомов химических элементов объединяться в устойчивые соединения стабильных молекул вещества.

5. **СЕМЕ́ЙСТВЕННОСТЬ** - фундаментальный структурно-выраженный механизм объединения в устойчивое функционально-групповое сообщество смежных химических элементов общей невалентной орбитали по принципу схожести, подобия или соответствия.

6. Как выяснилось, граничным в уровне является последний элемент высшего энергетического подуровня (орбитали), он же последний элемент **нового семейства** в первом четном периоде блока. Процесс заполнения внутренних электронных оболочек семейств, в отличие от заполнения внешних валентных орбиталей типа а) и б), следует, в соответствии с их функционалом, именовать как **ЦИКЛИ́ЧНОСТЬ** - свойство закономерного последовательного заполнения электронами невалентных орбиталей оболочек семейств группы **III** химических элементов. **Цикличность** - свойство закономерного последовательного заполнения электронами невалентных орбиталей оболочек семейств химических элементов группы **III**.

7. Научно-практический метод *СПА*, примененный к понятию цикличность, позволил обнаружить новый **ФЕНОМЕН семейственности**: пока идет образование новых элементов путем последовательного электронного заполнения внутренних невалентных орбиталей **семейства**, правомерно характеризовать процесс как цикличность, но с момента предельного заполнения электронами высшей орбитали семейство перестает быть цикличным и становится **пассивным** не только в смысле валентного химизма, но и в смысле энергетической физичности.

При этом, предельно незаполненные электронами невалентные орбитали более низкого подуровня остаются цикличными до их предельного насыщения электронами; таков смысл фундаментального механизма семейственности в качестве повода обоснованного переосмысления господствующего взгляда на рядность, коротко- и длиннопериодичность всех химических таблиц.

8. **КАНОНИ́ЧНОСТЬ** - общая порядковая основа и восьмигруппная структурированная общая часть периодов химических элементов, расположенных по одному в каждой валентной группе, предельно заполняемая электронами семейственной валентной пары (s^{2+} - p^6) блочной структуры **B**, являющейся валентообразующей частью всех химических элементов постканонических периодов.

9. **ГРАНИЧНОСТЬ** - порядковый параметр, отражающий матричную фундаментальность физико-химического дуализма физичности "энергетических уровней" и химизма "валентной периодичности", принципиально не совпадающие во всех постканонических периодах Объёмной матрицы.

Начиная с блока **C**, во всех последующих блочно-периодичных структурах **ГРАНИЧНОСТЬ** энергетических уровней и периодов **принципиально не совпадают**, поскольку граничным замыкающим элементом периода является химически нейтральный инертный газ (по два в блоке), а граничным замыкающим элементом уровня является элемент с предельным электронным заполнением орбиталей всех структурно присутствующих подуровней.

10. **ИНВЕ́РСИЯ** невалентных орбитальных структур - порядковое свойство образования электронно-уровневых структур обо-

собленных семейств химических элементов группы **III,** при котором после заполнения электронами орбиталей s^2 групп **I** и **II**, по мере образования новых химических элементов блочных постканонических периодов, начинается заполнением электронных оболочек старшего энергетического подуровня до его полного завершения, затем происходит последовательное заполнение орбиталей более низких энергетических подуровней, предшествующих валентным орбиталям s^6 групп с **III** по **VIII**.

Помимо лингвистического упорядочивания научной новизны структурного порядкового анализа, предлагается компактное информационное структурирование функционалов химических элементов в виде тождества с условными обозначениями:

а) ***Я*** - протонно-нейтронный энергетический функционал (и структура) **ядра** атома;

б) ***У*** - граничный функционал заполненной электронами структуры энергетического или периодического **уровня**;

в) ***Ц*** - функционал **циклического** заполнения внутренних невалентных орбиталей семейств **III** группы;

г) ***В*** - функционал групповой периодичности заполнения **валентных** s^2- и p^6-орбиталей.

Обобщенная краткая форма ядерно-орбитальных функционалов любого химического элемента может быть представлена в универсальном виде:

$$Функционалы\ химического\ элемента \equiv \{Я + У(Ц + В)\}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Связь между электронной структурой вещества или материала и его функциональным поведением - проблема фундаментальной важности. Её научно обоснованное решение открывает возможность предсказания и **синтезирования свойства, функции и назначения вещества по его многомерной полиорбитальной гомеостатической модели ядерно-оболочечной протонно-нейтронно-электронной структуры**. Модельный дизайн **Орбитально-групповой объемной матрицы периодической системы химических элементов** представлен на рис. 10.

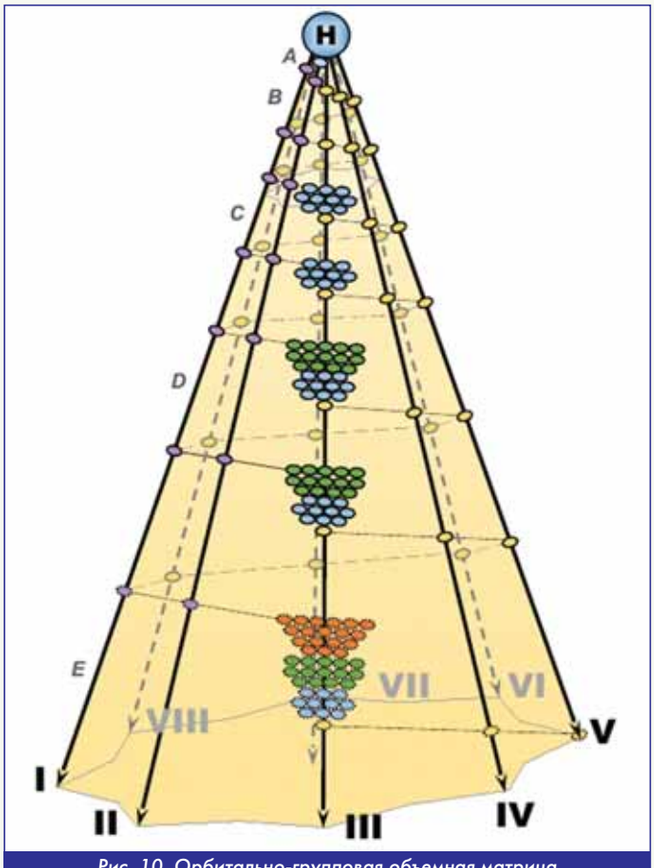


Рис. 10. Орбитально-групповая объемная матрица системы химических элементов

Собран **глоссарий** формирования инновационного метода Структурного порядкового анализа вместе с Обобщенными универсальными ядерно-орбитальными моделями химических элементов, дополненный факторами ретро-анализа открытых химических элементов и пролонгированным фьючерс-анализом ещё не открытых химических элементов. Глоссарий объединяет системный ряд научно-философских междисциплинарных понятий и терминов:

Новые наукоемкие понятия:

- **Структурно-аналитическая химия**,
- **Объёмная периодическая матрица химических элементов**,
- **Физичность** "энергетических уровней",
- **Химизм** "валентной периодичности",
- **Структурный порядковый анализ**,
- **Электронно-уровневый и ядерно-орбитальный функционалы** (формулы),
- **Цикличность внутренних невалентных орбиталей**,
- **Феномен групповой семейственности**,
- **Орбитально-групповая объёмная матрица химических элементов**,
- **Гомеостатический синтез креативных материалов будущего**,
- **Эмерджентность фундаментальных научных знаний о веществе**.

Междисциплинарные базовые научные термины: **структура**, **симметрия**, **свойства**, **состояния**, **мерность**, **материя**, **модель**, **ядро**, **масса**, **электрон**, **заряд**, **атом**, **молекула**, **вещество**, **энергия**, **гомеостаз**, **трансформации**, **закономерности**, **непрерывность**, **функциональность**, **устойчивость**, **расходимость**, **ретро-анализ** и **фьючерс-прогноз**, **гармония**, **асимметричность**, **последовательность**, **активность**, **сигнальность**, **пассивность**.

Фундаментальные свойства: СТРУКТУРНОСТЬ, ПЕРИОДИЧНОСТЬ, БЛОЧНОСТЬ, ГРУППА, ВАЛЕНТНОСТЬ, КАНОНИЧНОСТЬ, ЧЕТНОСТЬ, ЦИКЛИЧНОСТЬ, ОРБИТАЛЬ, СЕМЕЙСТВЕННОСТЬ, ГРАНИЧНОСТЬ, УРОВНИ, ПОЛИОРБИТАЛЬНОСТЬ, ПОРЯДОК, ИНВЕРСИЯ, ФЕНОМЕН, ДУАЛИЗМ, ПОРЯДОК, ЭНТАЛЬПИЯ, ЭНТРОПИЯ, ХАОС, ПЕРВОРОДНОСТЬ, ОТКРЫТИЕ, ИНВЕРСИЯ, ПРОТОН, НЕЙТРОН, СИНТЕЗ, МАТРИЦА, *ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ*.

Литература

1. Гусев Б.В., Сперанский А.А. и др. Законы объёмной периодичности в строении физико-химических элементов и адаптивное материаловедение // Техника и технологии силикатов.- 2016, № 2, с. 23-31.

2. Гусев Б.В., Сперанский А.А. и др. Научно-технологические инструменты устойчивого развития общества // Двигатель, М., 2015, № 4 (100), с. 50-55.

3. Гусев Б.В., Сперанский А.А. и др. Исследование проблем периодичности в строении химических элементов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016, № 7-8, с. 46-49.

4. Гусев Б.В., Сперанский А.А. и др. Сигнальный механизм объёмной матричной периодичности химических элементов // Двигатель, М., 2018, № 1, с. 6-12. + 7 совместных публикаций в 2018 г.

5. Сперанский А.А., Сперанская Т.Г. Особые элементы, группы и кластеры объёмной периодической матрицы химических элементов // 13 марта 2018 г., реестр № 77/798-н/77-2018-6-144.

6. Сперанский А.А., Сперанская Т.Г. Электронно-уровневые инструменты структурного анализа периодичности химических элементов // 6 февраля 2019 г., реестр № 77/798-н/77-2019-2-151.

7. Сперанский А.А., Сперанская Т.Г. и др. Протонно-орбитальный аппарат структурного анализа химических элементов // 25 марта 2019 г., реестр № 77/798-н/77-2019-2-436.

8. Сперанский А.А., Сперанская Т.Г. Соответствие блочных структур, периодов и энергетических уровней объёмной матрицы химических элементов, 3 стр. // 30 ноября 2020 г., реестр № 77/798-н/77-2020-10-662.

9. Сперанский А.А., Сперанская Т.Г. Объемная матрица химических элементов. Структурный порядковый анализ и прогноз, 108 стр. // 30 ноября 2020 г., реестр № 77/798-н/77-2021-2-41.

P.S.

Благодарности авторов за реальную поддержку и понимание:

Президенту Российской (РИА) и Международной (МИА) инженерных академий, Президенту благотворительного фонда поддержки инженерного творчества "Инженерная мысль" профессору **Борису В. Гусеву**; выдающемуся Меценату, Президенту Ruentex Engineering & Construction Co. Ltd., почетному Президенту МИА профессору **Самуэлу И-Л Ину**; Президенту международной Ассоциации "Знание" со статусом NGO UN, вице-президенту Международной академии астронавтики и МИА, профессору **Ефиму М. Малитикову**; академикам РИА и МИА **Александру И. Бажанову**, профессору **Владимиру С. Боголюбову**, доктору **Юрию А. Галушкину**, профессору **Владимиру М. Дубовику**, профессору **Андрею И. Звездову**, профессору **Владимиру А. Зеленкову**, профессору **Дмитрию Н. Левицкому**, профессору **Салиму Г. Мифтахутдинову**, доктору **Александру И. Овчинникову**, профессору **Валерию Н. Умникову**, профессору **Александру А. Цернанту**, профессору **Вячеславу Р. Фаликману**, профессору **Александру К. Шрейберу**, профессору **Леониду С. Яновскому**.

Финансирование: Авторы признают отсутствие государственного финансирования научных исследований. Работа поддержана Благотворительным фондом поддержки инженерного творчества "Инженерная мысль" РИА и Международным институтом антропогенной безопасности (МИАБ), Белград.

Авторский вклад:

А.С.:

1. Выдвижение фундаментальной ***научной идеи*** устранения недостатков табличных форм периодической системы элементов, озвученных Нобелевским лауреатом академиком Н.Н. Семеновым.

2. Теория ***метода структурного порядкового анализа и синтеза*** новых элементов.

3. ***Структурные проблемы*** табличных форм.

4. Метод ***блочного структурирования*** идентичности парных периодов.

5. Научное обоснование формульной структуры ***Электронно-уровневых функционалов*** оболочек атомов.

6. Научное обоснование формульной структуры ***Ядерно-орбитальных функционалов*** атомов химических элементов.

7. Явление ***Цикличность внутренних невалентных орбиталей*** оболочки ядра.

8. Теория ***уровневой семейственности*** химических элементов.

9. Феномен ***групповой семейственности*** канонического периода.

10. Дизайн ***порядковой семейственной структуры*** III группы.

11. Теория ***полиорбитальной цикличности*** элементов III группы.

12. Структура универсальной ***формульной модели*** химических элементов.

13. Дизайн Универсальной ***семейственной*** матрицы.

14. Дизайн Орбитальной периодической матрицы.

15. Дизайн ***Орбитальной энергоциклической*** матрицы.

16. ***Орбитально-групповая матрица*** периодической системы элементов.

17. Ретроспектива знаний о ***структурах энергетических функционалов***.

18. Фундаментальный принцип ***обратной инверсии*** внутренних орбиталей.

19. Принципы ***Гомеостатического синтеза*** креативных материалов будущего.

20. ***Математический инструментарий*** структурного порядкового анализа.

21. ***Граничные функционалы*** групповых периодов и энергетических уровней.

Т.С.:

1. ***Феноменологический подход*** в качестве инструментального метода познания.

2. Разработка дизайна поликоординатной модели ***Объёмной периодической матрица химических элементов***.

3. Философское обоснование лингвистического дуализма "***Химизм*** валентно-групповой периодичности" ⇔ "***Физичность*** энергетических уровней".

4. Междисциплинарность ***гомеостатических наблюдений*** процессов и состояний.

5. ***Логические построения*** по исполнению призывов Н.Н. Семенова.

6. ***Эмерджентность фундаментальных научных знаний*** о веществе.

7. ***Понятийно-лингвистический аппарат*** прорывных научных исследований.

8. ***Глоссарий новых понятий*** и базовой научной терминологии.

9. Графическое оформление креативных ***результатов научных исследований***.

10. Дизайн ***натурной модели Орбитально-групповой матрицы***.

Авторы совместно обсуждали и комментировали все полученные результаты.

Конкурирующие интересы: Авторы заявляют, что у них нет конкурирующих интересов, включая нотариально зарегистрированные авторские права.

Доступность данных и материалов: Обработанные данные, подтверждающие выводы исследований, приведены в рукописи. Исходные данные, полученные в ходе работы, доступны от соответствующего автора по разумному запросу. Все данные, необходимые для оценки выводов, содержащихся в статье, присутствуют в самой статье и/или дополнительных материалах, опубликованных журналами "Двигатель" и "Русский инженер", зарегистрированных в Высшем аттестационном комитете РФ. Дополнительные данные, относящиеся к данной работе, запрашиваются у авторов.

Copyright © Сперанские Анатолий Алексеевич и Татьяна Геннадьевна, декабрь 2020 года.

Отдельные авторские права защищены нотариально.

Эксклюзивные лицензиары издания **"Орбитально-групповая объемная матрица периодической системы химических элементов"** Международный институт антропогенной безопасности в Белграде и Институт структурной химии и новых конструкционных материалов РИА. Распространяется под некоммерческой лицензией МИАБ. Никаких претензий к оригинальным работам правительства РФ.

P.P.S.

Структурный порядковый анализ позволяет поддержать научную гипотезу о первородности водорода в изотопной комбинаторике с нейтронами в качестве физической основы периодичности элементообразования. Принимая систему условных обозначений {p^+ - протон; n^0 - нейтрон; m - атомная масса; e^- - электрон; Σ - знак суммарного количества функциональных частиц; $\mathcal{N}$- порядковый номер элемента; $\mathcal{N}'$- номер блочной пары элементов, равен половине порядкового номера четного элемента ($\mathcal{N}:2$)}, получаем систему уравнений массово-энергетического баланса ядра атома:

- первое порядковое уравнение энергетического баланса атома: $\mathcal{N} \equiv \Sigma_{\mathcal{N}} p^+ = \Sigma_{\mathcal{N}} e^-$;

- второе порядковое уравнение массового баланса атома: $\Sigma_{\mathcal{N}} n^0 = m_{\mathcal{N}} - \Sigma_{\mathcal{N}} p^+$;

- третье уравнение структурного баланса атомов нечетных элементов: $\mathcal{N} p^+ + (m_{\mathcal{N}} - \mathcal{N}) n^0$;

- четвертое уравнение структурного баланса атомов четных элементов: $2\mathcal{N} p^+ + (m_{\mathcal{N}} - \mathcal{N}) n^0$.

Первородность водорода $^1H \equiv 1p^+$ с дополнительной комбинаторикой нейтронов n $\{\Sigma\ p^+ = \Sigma e^-\}$ допускает природный синтез любых химических элементов системы.

Copyright © Сперанский Анатолий Алексеевич

НАУКА - САМОЕ ВАЖНОЕ И ПОЛЕЗНОЕ ТВОРЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО УМА

К 75-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ АНАТОЛИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА СПЕРАНСКОГО

А.А. Сперанский

Ефим Михайлович Малитиков, Президент Международной ассоциации "Знание" (NGO UN), вице-президент Международной академии астронавтики (IAA) и Международной инженерной академии (IAE), академик, д.т.н., профессор

Валерий Николаевич Умников, Председатель правления системы Гражданского общества России, Президент Международной академии проблем сохранения жизни, д.т.н., профессор, академик РИА, Заслуженный работник науки и техники

Александр Альфредович Цернант, Научный руководитель ЦНИИ ТрансСтроя и ФЦ стандартизации Минстроя РФ, Лауреат государственной премии СССР, Заслуженный строитель РФ, д.т.н., профессор, академик РАТ и РАЕН

Александр Иванович Бажанов, ген. директор НПП "Рэм-вибро", главный редактор журнала "Двигатель", председатель НТС лаборатории "Техногенная безопасность" МИАБ, академик МИА, член-корр. РИА

На протяжении всей истории человечества нашу судьбу определяло владение инструментами наблюдения.
Японский физик-аналитик Мичио Каку (Физика будущего)

РОДОВЫЕ КОРНИ И ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЕ ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ

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

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

Естественно, директор медицинского НИИ в Мацесте, обслуживающего ставку Вождя, был репрессирован по делу врачей и сослан вместе с семьей в заключение на Север. По окончании лагерного срока супруги были переведены на поселение в Архангельске, где через год 7 июня 1946 года в семье вольнопоселенных Алексея Петровича и Натальи Сергеевны Сперанских родился послевоенный первенец Анатолий.

Алексей Петрович Сперанский

Наталья Сергеевна Сперанская

В 1949 году семья воспользовалась возможностью трудоустройства в индустриально развивающихся восточных регионах Советского Союза и переехала в город угледобычи, туберкулеза и депортации чеченского народа Караганда. Отец работал Главным врачом городской клинической больницы и преподавал невропатологию и физиотерапию в медицинском институте, а сын пошел учиться в школу.

Соседом по лестничной площадке в доме на проспекте Сталина оказался обаятельный интеллигентный ученый, много чего знающий о космосе и здоровье человека, также вольнопоселенец. Как

Академик РИАН
М.М. Сперанский

Академик RAS
Исаак Ньютон

Академик РИАН
Леонард Эйлер

Академик РИАН
А.М. Бутлеров

Член РИАН
Д.И. Менделеев

Академик РАН
А.Л. Чижевский

выяснилось позже, им оказался создатель теории космической биофизиологии, популярно изложенной в "Земном эхе солнечных бурь", разработавший на досуге для горняков спасительную люстру-ионизатор угольной пыли, выдающийся ученый мирового научного рейтинга в естествознании, великий русский космист, действительный член 18 академий мира Александр Леонидович Чижевский. Ему принадлежит первое в мире научное определений приоритетов Земной цивилизации: "Устойчивое развитие суть безопасная и комфортная жизнедеятельность Человека в гармонии с Космосом", задолго предопределившее гуманитарную стратегию ООН.

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

Восторг от содержательного общения с великим просветителем не мог не повлиять на восприятие школьником окружающего мира, и гуманитарные врачебные ценности медицинской династии уступили место искреннему интересу к механике состояний, физическому материаловедению, энергетическим процессам материального мира, движению в упругих средах, взаимовлияниям и взаимопревращениям в Природе.

Сложились активный интерес и образовательное стремление к постижению новых научных знаний и естественнонаучным наблюдениям физических состояний процессов природного синтеза в экспериментах, исследованиях и испытаниях. И первый акт общественного признания, сформировавший один из гуманитарных приоритетов по жизни - Почетная грамота 1957 года "Анатолию Сперанскому - другу и лучшему читателю Тургеневской библиотеки-читальни" имени великого русского писателя.

10-летний школьник инициативно организует любительское объединение читателей "Союз" под лозунгом "Книга - источник знаний, произведение искусства и памятник культуры", ставший впоследствии Всесоюзным молодежным центром общественной пропаганды книги. А его юный организатор и бессменный председатель становится одним из самых известных знатоков книжного дела в СССР. В 15 лет стал победителем Всесоюзной молодежной научной олимпиады "Юный химик" с вручением Бронзовой медали Выставки достижений народного хозяйства СССР.

НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНАЯ СЛУЖБА И ИЗДАТЕЛЬСКАЯ МИССИЯ

12 апреля 1961 года, в день всеобщего ликования по поводу исторического первого полета человека в Космос произошло осознанное вступление Анатолия Сперанского в Коммунистический союз молодежи, совпавшее с выбором профессионального авиационно-космического приоритета по жизни. Впоследствии, будучи активным членом Коммунистического Союза молодежи (ВЛКСМ), получил три Серебряные и пять Золотых медалей ВДНХ СССР за выдающиеся успехи в народном хозяйстве. В 1964 по 1970 год был активным участником системы студенческих строительных отрядов по освоению отдаленных территорий СССР, за что получил первое профессиональное звание "Почетный строитель БАМ" и звание "Ударник Коммунистического труда" за строительство трассы Абакан-Тайшет Байкало-Амурской магистрали.

Отличные знания в семилетней школе, Московском авиационном техникуме, Московском авиационном институте, ныне Национальном исследовательском центре (авиакосмическом университете имени С. Орджоникидзе), четверть века с успехом применялись в кузнице интеллектуальных кадров Авиапрома - Институте теоретической кибернетики - ГосНИИ авиационных систем под руководством умного наставника и выдающегося руководителя научной школы физического стендового (полунатурного) моделирования авиационных оборонно-наступательных боевых систем, академика РАН Евгения Александровича Федосова.

Пройден содержательный путь постижения научно-практических знаний и житейской мудрости от ученика слесаря-монтажника, техника, инженера до научного сотрудника, руководителя испытательного комплекса, заместителя руководителя ведущего отраслевого НИИ; кандидата технических наук, Доктора экспертизы, Профессора Государственного Университета "Природа, общество, человек" в Дубне.

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

Мирное библиофильское увлечение студенческих лет поднимается до высокого профессионального уровня. Молодой инженер под влиянием Европейских гуманитарных ценностей гражданского общества обращается в Центральный комитет коммунистической партии с инициативой о создании Всесоюзного добровольного общества любителей книги (ВОК). В 1974 году на Учредительном съезде комсомолец Анатолий Сперанский избирается членом Президиума и заместителем председателя Правления ВОК, объединявшего более 18 млн читателей и возглавляемого авторитетным ученым, руководителем научной школы природопользования, академиком РАН Игорем Васильевичем Петряновым-Соколовым.

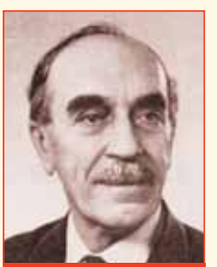
Морально-этические амбиции реализуются созданием в московском Доме книги "Молодая гвардия" клубной молодежной образовательной структуры - Народного университета общественной пропаганды книги, ставшего под руководством молодого ректора Анатолия Сперанского четырехкратным победителем Всесоюзного социалистического соревнования с вручением Красного знамени Центрального комитета КПСС и Совета министров СССР.

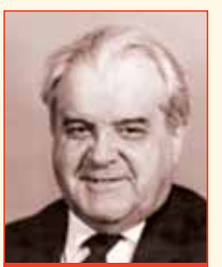
Отличные знания, полученные на издательском факультете Московского полиграфического института расширили профессиональные горизонты издания недоступных ранее читателям гуманитарно-просветительских раритетов: выпуск единственного в новой истории России традиционного памятника царской культуры "Некрополь Новодевичьего кладбища" с путеводителем, юбилейное собрание сочинений А. Ахматовой, дополненное томом впервые опубликованных мемуаров, первое издание в России философского труда выдающегося моралиста, иерарха католической церкви Папы Римского Иоанна Павла VI "Единство в многообразии", первое в России издание собрания подцензурных сочинений мятежного публициста-оппозиционера А.И. Солженицина тиражом 2,4 млн экз., и другие смелые по тем временам гуманитарные издательские проекты.

Обширную программу издательских проектов завершила совместная с издательством "МИРОС" серия из 76 новых учебников, пособий и методических материалов для средней школы. Анатолий Сперанский является основателем (1990 г.) и генеральным директо-

Академик РАН И.В. Петрянов-Соколов

Академик РАМН Г.Н. Сперанский


Академик РАН Н.Н. Семенов


Академик РАН И.И. Артоболевский

Академик РАСН В.М. Клечковский

Академик РАМН А.Д. Сперанский

В президиуме Всесоюзного общества книголюбов (1976 г.)

ром Издательского дома "Благовест" при решающей поддержке основателя Российского Фонда культуры, академика РАН Дмитрия Сергеевича Лихачева и руководителя российской научной исторической школы, академика РАН Отто Сигурдовича Шмидта.

В качестве высокого общественного признания следует рассматривать присуждение издателю Анатолию Сперанскому Премии Ленинского комсомола, избрание членом Российского республиканского и Московского городского Президиумов общества любителей книги, вице-президентом Международного союза книголюбов стран СНГ. Просветительская деятельность отмечены Большой Золотой, двумя бронзовыми, двумя серебряными и четырьмя золотыми медалями ВДНХ СССР, Знаком почета и грамотой Министра культуры, Почетным знаком "Отличник печати" Госкомитета по делам издательств и присвоением Указом Президента Российской Федерации почетного звания "Заслуженный работник культуры" с вручением государственной награды за выдающиеся заслуги в книгоиздании, культуре, просвещении и образовании.

ПРОРЫВНЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ И КРЕАТИВЫ БУДУЩЕГО

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

На рубеже столетий для успешного книгоиздателя все возвращается "на круги своя". Инженерно-исследовательское начало побеждает издательско-просветительское, и в третье тысячелетие авиационный инженер входит в качестве заметной фигуры в новационной сфере. Успешный издательский бизнес позволяет продвинуть целый спектр наукоемких идей, проектов и технологий. Имея богатый опыт научных исследований и испытаний образцов новой техники, Анатолий Сперанский создает инновационное Научно-производственное предприятие "Рэм-вибро", взявшее на себя миссию формирования современного взгляда на фундаментальные основы и прикладные аспекты интеллектуальных инструментов волновой механики упругих систем и сплошных сред.

С 1990 по 2010 годы значительные интеллектуальные, материальные и финансовые ресурсы друзей и единомышленников консолидированы для решения проблемной глобальной мультидисциплинарной задачи общества XXI века - устранению техногенной и экотехнологической безопасности природно-технических систем в статусе руководителя энергетических предприятий и ведущего научного сотрудника кафедры "Теоретическая механика" Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина.

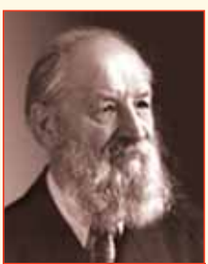
Под влиянием гениальных идей классической механики, впечатлений от научной школы пространственно-временны́х принципов выдающегося русского математика-гидромеханика академика РАН Алексея Николаевича Крылова и гомеостатического подхода научной школы системного анализа выдающегося русского математика и механика академика РАН Александра Михайловича Ляпунова, авиационный инженер-испытатель Анатолий Сперанский научно обосновал, разработал и подтвердил во многочисленных исследовательских приложениях общую универсальную Теорию траекторного энергетического анализа волновых состояний механических систем, развивающих основополагающие труды академиков Королевской академии наук Исаака Ньютона и Российской императорской Академии наук Леонарда Эйлера, успешно объединил новые фундаментальные междисциплинарные знания в области физики сплошных упругих сред:

- Теория и методы измерения связанных компонентов упругих виброакустических колебаний (цифровой стандарт BigData).
- Теория и методы траекторной векторно-фазовой реконструкции динамических измерений (цифровой стандарт DeepData).
- Теория Тензорного энергетического преобразования физических состояний (цифровая модель Digital Double of states).
- Теория энергетической оценки нормально-сдвиговых деформаций упругих систем (цифровая модель Normal-Shear Deformations).
- Теория и методы реконструкции упругих напряженно-деформированных состояний (цифровая модель Stress-Strain States).
- Теория и методы дисплейно-виртуального представления текущих состояний (цифровая модель Display-Virtual Gybrid Twin).
- Теория и методы декомпозиционного анализа текущих гомеостатических состояний (цифровая модель Analysis of Homeostasis).
- Теория и методы модельного многопараметрического анализа соответствия состояний (цифровой стандарт State Matching / special algorithms).
- Теория и методы системно-трендовой экспертизы ресурса конструкционной прочности (цифровая модель Resource Expertise).
- Теория и методы техногенеза (прогноза гомеостаза) механических систем (цифровой стандарт ИскИн / Artificial Intelligence).

Предложенный проф. Анатолием Сперанским в рамках Модельной гомеостатической стратегии системный взгляд на научно обоснованную интеграцию новационных подходов в виде Волновой информационной технологии (ВИТ), на основе 4D-методологии Волнового мониторинга состояний (ВМС), синтез-модели Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС), многопараметрического Гомеостатического анализа текущих эксплуатационных состояний (ГАС) с использованием новых вычислительных возможностей экзафлопных сетецентрических решений представляет собой принципиально новый информационно-аналитический сегмент VI технологического уклада, реализует опережающее стратегическое лидерство на глобальном рынке интеллектуальных кибернетических систем. Фундаментальный системный подход и опережающий научно-технический задел разработки обеспечивают конкурентоспособность перспективных решений общепризнан-

Академик РАН Д.С. Лихачев

Академик РАН О.С. Шмидт



Академик РАН А.Н. Крылов

Академик РАН А.М. Ляпунов

Академик РАН И.Р. Пригожин

Академик РАН И.Ф. Образцов

ной проблемы безопасного и надежного управления потенциально опасными объектами сложных антропогенных систем жизнедеятельности человека.

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

В 2002 году проф. Анатолий Сперанский становится индивидуальным предпринимателем в области Фундаментальных и прикладных исследований в кластере естественных наук и приборостроения. Исследовательское хобби потребовало углубления теории метрологических знаний и в третий раз привело уже сложившегося ученого на учебную скамью. На этот раз по специальности "Менеджмент единства измерений" в Академии Росстандарта. При поддержке академика РАН Бориса Сергеевича Алешина выполнены три научно-образовательных гранта в сфере безопасности для Правительства Москвы.

Волновая информационная технология под брендом "Wave Health Monitoring" (WHM) становится победителем национального Конкурса русских инноваций (2004 г.) в номинации IT, что послужило основанием научного Гранта Российского Фонда фундаментальных исследований по теме "Волновые инструменты исследования анизотропии упругих систем", поддержанный комиссией РАН под руководством авторитетных ученых мирового уровня, руководителей Института машиноведения РАН и научной школы конструкционного материаловедения, академиков РАН Константина Васильевича Фролова и Николая Андреевича Махутова (2005 г.).

По предложению Департамента стратегического развития АО "Газпром" проф. Анатолий Сперанский в качестве научного руководителя выполняет исследовательский проект по теме "Сравнительные испытания эффективности перевода ГПА компрессорных станций с регламента на эксплуатацию по текущему состоянию" (2006-2008 гг.). Выполненный НИОКР получает первое место в федеральном конкурсе "Лучший отечественный измерительный прибор 2009 года" с присвоением "Знака качества средства измерения" Ростеста (2007 г.).

При поддержки Международного научного фонда "Инженерная мысль", технология ВМС становится Лауреатом национального конкурса "Единство средств измерений" с вручением "Золотого знака качества" Росстандарта РФ в 2010 г. Проф. Анатолий Сперанский Лауреат престижной национальной премии в области науки, техники и организации производства имени А.Н. Косыгина, является Лауреатом национальных инженерных премий имени К.Э. Циолковского Академии космонавтики, имени легендарного конструктора вооружений Н.Т. Калашникова, имени металлурга А. Чохова, имени уральских изобретателей братьев Черепановых, имени Первопечатника И. Федорова.

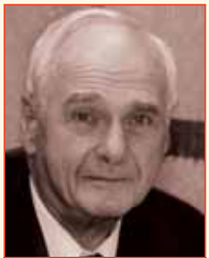
Лауреат трех международных конкурсов с присвоением Почетного звания "Лидер в области высоких технологий" с вручением Почетного знака отличия "Святой Георгий" Правительства Москвы трех степеней (2006-2009-2013 гг.). За разработку и внедрение новационных цифровых методов Волновой IT награжден Золотой медалью первого Международного салона инноваций и инвестиций, Лауреат Золотой медали Международного салона изобретателей "Архимед", Золотых медалей Международной выставки "Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК" в 2006-2009 годы и двенадцати международных Форумов "Высокие технологии XXI века" с 2002 по 2013 годы.

Технология актуальна в наземном, авиационно-космическом, морском и подводном транспорте; атомной, тепловой и гидроэнергетике; строительстве и эксплуатации сложных и опасных наземных, подводных и космических объектов; в индустриальном материаловедении, гидроакустике, 3D-геолокации, геоинформационных системах прогноза и предотвращения природно-технических катастроф, научных исследованиях.

Технология проф. Анатолия Сперанского успешно применена и продемонстрировала высокую наукоемкую эффективность и достоверность в исследовательских приложениях и прикладных испытаниях в АО "Газпром", "Росатом", "Ростех", Федеральных научных центрах "Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова" (ЦИАМ), "Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского" (ЦАГИ), Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Крыловский государственный научный центр кораблестроения и проектирования, Европейских авиакосмических корпорациях Airbus, Liebherr aerospace Toulouse SAS, HGL-Dynamics и Valeo smart technology, американских корпорациях ENSCO, Sikorsky, Emerson, Round Robin и программах господдержки перспективных исследований National Renewable Energy Laboratory (NREL) USA, AFOSR, ARL-ARO, FRA и EC.

В 2012 г. совместно с Британским инвестиционным фондом Imprimatur Capital создается инжиниринговая компанию Advanced Vector Analytics SIA (EU), призванная развивать коммерческие приложения WHM в энергетике, строительстве, машиностроении, на транспорте, в материаловедении и научных исследованиях. Технология WHM проф. Анатолия Сперанского вошла в топ-5 из 100 финалистов AeroInnovate business accelerator program of the University of Wisconsin Oshkosh (USA) и американской Ассоциации экспериментального авиастроения (EAA), приняла участие в качестве экспонента в крупнейшем американском авиашоу AirVenture Oshkosh 2015; также вошла в топ-100 (2,78 % от 3600 участников из 90 стран) Hello Tomorrow Global Conference 2015 Paris в числе лучших технологических стартапов Европейского салона лидеров индустриального рынка с участием NASA & Airbus CTOs; Европейского форума стартапов Space Frontier Foundation & Deep Space Industries cofounders под девизом "Расширение прав и возможностей тех, кто осмеливается решать сегодня самые сложные проблемы с помощью научных и технологических прорывов".

Технология WHM в 2016 году применена в сравнительных испытаниях Европейской корпорации AIRBUS Operations GmbH (ZAL-center, Hamburg) совместно с фирмой NLR (Holland) в проекте "Исследование процесса влияния механических повреждений на ресурсное состояние конструкции новой композитной обшивки космического аппарата"; стала резидентом Accelerator Starburst Aerospace Innovation HUB "Investing in the Future" (Paris) и участником Госпрограммы FrenchTiket при финансовой поддержке Минэко-



Академик РАН Г.Г. Ольховский

Академик РАН К.В. Фролов

Член РАН Н.А. Махутов

Академик РАН В.Е. Фортов

Академик РАН Г.С. Голицын

Академик РАН К.С. Демирчян

номики Франции в 2017-2018 гг. При защите выполненного проекта на Научно-техническом комитете AIRBUS международные эксперты оценили опережающий уровень технологии WHM в 15-20 лет по отношению к мировым технологиям ресурсных испытаний.

На I международной конференции Structural Integrity for offshore energy industry (Aberdeen, UK) и Всемирной встрече военно-морских технологий для будущего EURONAVAL 2018 (Париж) технологией WHM с пониманием заинтересовались две лидирующие в мире финские морские компании - Wärtsylä и Meyer Turku. Такой же интерес проявляют НИЦ "Курчатовский институт", ВНИИ атомных электростанций РосЭнергоАтома, и МКБ "Рубин", предоставившие заключения аттестованных экспертов об актуальности Цифровой платформы "Волновой мониторинг состояний" для РосАтома.

В течение 2016-2019 годов по приглашениям Британского фонда венчурных инвестиций "Imprimatur" в Европейских университетах, Объединенного института ядерных исследований в Госуниверситете "Дубна" и Международной Ассоциации поддержки талантов в Пекинском политехническом университете (Институте аэрокосмических исследований) автором прочитаны постановочные циклы лекций "Введение в теорию Lt-измерений в механике упругих систем" и "Интеллектуальные Lt-инструменты наблюдения эксплуатационных состояний объектов механических систем в цифровой среде".

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

Социальная мотивация Волновых научных исследований в фундаментальной научной области механики упругих систем и сплошных сред состоит в том, что устойчивое развитие стран и народов невозможно без преодоления глобальных угроз в антропогенной сфере техногенно-технологической безопасности.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КЛУБ ТЕХНОЛОГИЙ БУДУЩЕГО

В 2010 году судьба свела проф. Анатолия Сперанского с выдающимся ученым в области инженерных наук, авторитетным руководителем научной школы строительного материаловедения РАН, организатором и бессменным Президентом Российской (РИА) и Международной (МИА) инженерных академий Борисом Владимировичем Гусевым. Беседа о возможностях и перспективах развития теории, методов и приложений Волновой IT продолжалась целый рабочий день, после чего автор технологии в течение пяти минут был принят в академию с предложением возглавить научно-технологическую деятельность РИА в качестве главного научного сотрудника.

Инициативно под руководством проф. А.А. Сперанского в структуре академии организуется Институт наукоемких инженерных технологий (ИНИТ РИА). В составе института в клубном формате работают центры актуальных компетенций. Все разрабатываемые в научных инженерных центрах ИНИТ РИА опережающие технологические решения, так или иначе, основаны на новых материалах или процессах и связаны с исследованиями и новациями в области конструкционного материаловедения и биотехнологий.

Синтезирование конструкционных материалов будущего требует создания тонкого, адекватного наблюдаемому природному синтезу, инструментария наблюдения динамики свойств состояний на микроструктурных атомно-молекулярных уровнях, обладающего беспрецедентной гиперчувствительностью в широком диапазоне частот от нуля до сотен МГц. Новые физические методы контактных и бесконтактных измерений параметров волновых полей (прежде всего, оптические и локационные) существенно превосходят возможности серийно выпускаемых контактных сенсоров диагностических параметров механических состояний.

В 2011 году проф. А.А. Сперанский избран действительным членом РИА и МИА, вице-президентом по науке и технологическому развитию, членом Президиума РИА. Начался новый этап творческой деятельности в составе профессионального научно-инженерного сообщества. Обоснованы и приняты к исполнению Стратегия и приоритеты научно-технологического развития РИА.

Реализация общественно значимых технологий для прогресса и устойчивого развития является стратегическим приоритетом РИА: экотехнологическая безопасность и здоровье нации, продовольственная и технологическая независимость, энергоэффективность, ресурсосбережение, IT и ускоренная коммерциализация социально значимых новаций. Главным научным приоритетом РИА становятся опережающие технологии Индустрии 4.0 и VI уклада, прежде всего, клеточные и наноконструкционные технологии с эффектом резкого повышения энергоэффективности и снижения материалоёмкости, конструирование наноструктурированных материалов, покрытий, тканей и органов с заданными, управляемыми и адаптивным свойствами для интеллектуальных IT. Конвергенция технологий становится главным инструментом ресурсосбережения для социально-экономического развития территорий, стран и народов.

Под руководством проф. Анатолия Сперанского в качестве директора ИНИТ РИА разработана Теория технологических укладов с новым подходом - в перечень характеристик матрицы развития укладов включены информационные показатели: методы наблюдений, измерений и анализа, соответствие укладу моделей и оценки научного уровня знаний. Предполагается, что технологические уклады будущего будут направлены на сдерживание энтропии - паразитного тепла, хаоса и загрязнения окружающей среды, представ-

Академик РАН С.Ю. Желтов

Академик РАН Е.А. Федосов

Академик РАН Б.С. Алешин

Академик РАН О.Н. Фаворский

Академик РАН О.Н. Залиханов

Президент МИА и РИА Б.В. Гусев

ляющие угрозу цивилизации, вплоть до её уничтожения.

Для этого необходимо осуществить фундаментальный научно-технологический прорыв в полном цикле триады знаний о материи: от мира элементарных частиц через периодическую матрицу Законов строения физико-химических элементов, их молекулярных и композитных соединений в веществе, конструкционных материалах и биотканях. Общество стоит перед необходимостью освоения негэнтропийного материаловедения во всех сферах жизнедеятельности Человека в согласии с Природой и интересами будущих поколений. И тогда в жизнь механика-аналитика врываются гениальные открытия, предвосхищающие новую эпоху знаний о Земле, академика РИАН Александра Михайловича Бутлерова и первооткрывателя Периодической системы химических элементов, выдающегося члена РИАН Дмитрия Ивановича Менделеева.

Стратегической линией ИНИТ РИА в развитии фундаментальных научных знаний становится изучение и формирование Законов и закономерностей природного синтеза материального мира, что позволит синтезировать материалы и ткани, превосходящие по свойствам известные природные. Фундаментом в изучении строения вещества являются Законы квантовой механики, позволяющие выяснять строение атомов, устанавливать природу химической связи, объяснять периодичность элементов, понять строение атомных ядер и оболочек, изучать свойства элементарных частиц. Такова суть доктрины развития проф. Анатолия Сперанского.

Если исходить из энергетического определения и рассматривать квант как минимальное "количество энергии, которое может быть поглощено или отдано молекулярной, атомной или ядерной системой в отдельном акте изменения ее стационарного состояния", то процессы изменения гомеостатических состояний суть квантованные события волновых колебательных процессов. Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, их образующих, законы квантовой механики должны лежать в основе понимания большинства макроскопических явлений, к которым, в первую очередь, относятся текущие ресурсные, прогнозные и критические эксплуатационные состояния конструкционных материалов. Поэтому она становится в значительной мере "инженерной" наукой, знание которой необходимо не только физикам, но и инженерам.

Фундаментальные исследования, разработка и обобщение теории эмерджентности в сфере интеллектуального материаловедения на основе научно обоснованного метода "Структурный порядковый анализ и синтез новых материалов" (СПА - Structural ordinal analysis) осуществлены коллективными усилиями по инициативе проф. Анатолия Сперанского. Метод нацелен на создание прорывных моделей для оцифровки научных исследований при проектировании и синтезе новых химических элементов, органических соединений и конструкционных материалов:

- Обоснование структуры Объёмной периодической матрицы системы элементов в соответствии с мерностью среды обитания.
- Теория и методы анализа групповой периодичности в пределах границ периодов уже открытых и прогнозируемых элементов.
- Теория образования базовой канонической структуры блочных парных периодов на основе семейств валентных s- и p-орбиталей.
- Теория и методы анализа группового феномена порядковой семейственности и внутренней цикличности орбиталей с граничными элементами энергетических уровневых структур.
- Структурный периодический линейный восьмигруппный функционал внешних валентных s- и p-орбиталей.
- Структурный циклический нелинейный прогрессирующий функционал внутренних невалентных d- и f-семейств орбиталей.
- Структурный пассивный функционал предельно насыщенных d- и f-семейств орбиталей в завершенных энергетических уровнях.
- Аналитический математический инструментарий Электронно-орбитальных структур оболочек атомов элементов.
- Аналитический математический инструментарий Ядерных протонно-нейтронно-оболочечных структур атомов элементов.
- Теория, инструменты и методы анализа граничных элементов 8-группной периодичности и энергоинформационной уровневой цикличности системы химических элементов.

С супругой Татьяной - соавтором новых знаний

- Теоретические основания к созданию энергодинамической интеллектуальной модели синтеза вещества.

Озвучена идея орбитальных (семейственных) структурных матриц проф. Анатолия Сперанского и впервые представлена орбитальная энергоциклическая матрица (см. рис. 8 на стр. 29), объясняющая природный физико-химический дуализм периодической системы элементов. Раскрыт феномен семейственности невалентных орбиталей, состоящий в их обоснованном расположении в общей группе III с непосредственным предшествием валентным элементам np1- во всех энергетических уровнях n (рис. 10 на стр. 32).

Интеллектуальные инструменты структурного порядкового анализа позволили исполнить завещание нобелевского лауреата по химии академика РАН Николая Николаевича Семенова в части устранения недостатков табличных форм Д.И. Менделеева и IUPAC. Преодолев полуторавековое доминирование феноменальных заблуждений, породивших системные недостатки табличных форм, авторам удалось приблизиться к созданию интеллектуального инструментария структурного порядкового анализа и эмерджентного синтеза новых материалов. Связь между электронной структурой вещества или материала и его функциональным поведением - проблема фундаментальной важности. Её научно обоснованное решение открывает возможность предсказания и синтезирования свойства, функции и назначения вещества по его многомерной полиорбитальной гомеостатической модели ядерно-оболочечной протонно-нейтронно-электронной структуры.

С немецкой овчаркой на прогулке

Научные исследования проф. Анатолия Сперанского с коллегами в сфере материаловедения направлены на создание интеллектуального инструмента анализа и синтеза новых элементов, конструкционных материалов и биотканей Индустрии 4,0 и VI технологического уклада, системно ориентирована на прорывные фундаментальные знания и опережающие технологические решения в области антропогенного конструкционного материаловедения и интеллектуального конструирования биотканей для живых органов. По оценкам аналитиков, к 2030 году доля NBICS-технологий займет 40 % мирового валового продукта

ЮБИЛЕЙНЫЙ ПОВОД К ФИЛОСОФСКИМ РАЗДУМЬЯМ

Любая стратегическая цель общества требует философского осмысления и творческой организации процесса её достижения. Это в полной мере справедливо как по отношению к юбиляру, так и его далекому родоначальнику. Академик РИАН Михаил Михайлович Сперанский в начале XIX века первым в истории Российской империи научно реформировал государственное управление российскими территориями. Современный потомок "великого русского бюрократа", в условиях глобального социально-экономического кризиса, выстраивает стратегию возврата к научно-технологическому лидерству России через прорывные фундаментальные знания и креативные технологические решения.

Проф. Анатолий Сперанский известный авторитетный ученый и инноватор в области фундаментальных инженерных наук, инженер-исследователь, ведущий специалист в области теории и практики стендовых испытаний интеллектуальных кибернетических систем, полунатурного математического моделирования и научно-исследовательского сопровождения разработки и летных испытаний интеллектуальных авиационных систем. Непрерывно, профессионально и ответственно формирует и внедряет эффективные механизмы по созданию в структуре РИА научно-технологических Центров по приоритетным направлениям, обеспечивающим устойчивое развитие общества и территорий. Руководителям таких центров придается статус Генеральных конструкторов в области инженерно-технологической деятельности для организации специализированных прикладных советов в составе Совета Генеральных конструкторов (СГК) РИА, который является саморегулируемой некоммерческой ассоциативно-коллегиальной структурой с достаточной полнотой прав и обязанностей субъекта Гражданского общества в сфере компетенций инженерной академии.

Миссия Совета состоит в возрождении исторически высокого интеллектуального инженерного потенциала России во имя сохранения, приумножения и доступности для общества опережающих научных и технологических знаний, противостоит утрате моральных ценностей, доктрине потребительства, стяжательства, коррупции и агрессии силы, преобладающих в деловых и международных отношениях в современном мире.

Структурой международной научно-технологической интеграции РИА с 2017 года является инициированный и возглавляемый проф. Анатолием Сперанским Координационный комитет совместных научных исследований и делового сотрудничества. По инициативе комитета, в рамках Российско-Китайского научно-технического и инновационного сотрудничества, учрежденного Президентом РФ В.В. Путиным и Председателем КНР Си Цзиньпином в 2019 году, Российской инженерной академией и Пекинской ассоциацией содействия глобальному обмену талантами Министерства науки и технологий КНР (BGTEA) создана "Международная инженерная платформа научно-технологического лидерства в устойчивом развитии" под научным руководством проф. Анатолия Сперанского, совместный Пекинский научно-технологический центр РИА (Почетный Президент проф. Б.В. Гусев, председатель Правления проф. А. Сперанский) и Международный институт антропогенной безопасности (МИАБ) в Белграде (Президент проф. А. Сперанский, Сопредседатели международного Попечительского совета проф. Б.В. Гусев и Дин Джифен).

Проф. Анатолий Сперанский представляет Российскую инженерную академию в Экспертном совете Председателя Коллегии ВПК при Президенте РФ, возглавляя рабочую группу "Технологическая безопасность" с 2012 по 2019 годы, специальный эксперт Центра компетенций AutoNet Национальной Технологической Инициативы Российской Федерации, ведущий эксперт Федерального Экспертного совета Госдумы РФ, эксперт рабочей группы "Риск и безопасность" при Президенте РАН, член Экспертного совета Госдумы РФ по актуальным проблемам социально-экономического и научно-технологического развития, председатель Комиссии по экспертно-аналитической деятельности Федерации системы Гражданского общества России, член Экспертного комитета Международной академии проблем сохранения жизни, председатель Комиссии экспертизы и научно-технологического развития Московской конфедерации промышленников и предпринимателей, председатель комитета Высшего инженерного совета России, представляет РИА в Президиуме Международного академического аккредитационного аттестационного Комитета (Институт промышленного развития ООН), иностранный эксперт Пекинской ассоциации Beidjing Global Talent Exchange Assotiation.

Является научным руководителем компаний Advance Vector Analytics и WHM-monitoring (EU), учредитель и председатель НТС Международного Фонда поддержки научно-технологических и образовательных инициатив "Инженерный центр креативных технологий" (Россия - Индия - Иран), первый вице-президент и председатель НТС Транснациональной корпорации "Глобальные технологии гармонизации", эксперт Фонда "Сколково" и Российского фонда технологического развития (РФТР), научный консультант журнала "Русский инженер" и старейшего русского научно-технического журнала "Двигатель".

Профессиональный авторитет проф. Анатолия Сперанского подтвержден дипломом Доктора экспертизы по международной классификации образования ISCED UNESCO (DExpert), Доктор технических наук, Professor of Educational Leadership and Innovation Университета "Дубна". Действительный член (академик) Российской и Международной инженерных академий, Международной академии проблем сохранения жизни, Международной академии астронавтики (IAA, Paris). Наделен статусом Председателя Совета Генеральных конструкторов РИА в области инженерно-технологической деятельности. Он является научным руководителем ряда открытий, know-how и опережающих технологических решений на основе фундаментальных знаний в области механики сплошных сред, разработчиком уникальных образцов новой измерительной техники, автором трех монографий и семи действующих патентов РФ на изобретения и патентов РСТ, более 130 научных исследований опубликовано в сборниках трудов и отраслевых научно-технических журналах.

Анатолий Алексеевич Сперанский являет собой яркий пример патриотического служения знаниям, за что награжден Золотым Почетным знаком РИА, Почетным знаком "Инженерная доблесть" и медалью "Инженерная слава", ему присвоено почетное звание "Заслуженный инженер России".

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

По традиции, редакция журнала "Двигатель" присоединяется к поздравлениям коллег из МАИ, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, ГосНИИАС, ЦИАМ им. П.И. Баранова, ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, МВЗ им. М.Л. Миля, ИНИТ РИА, МААК, МИАБ в Белграде, ТНК ГТГ, Научных центров и организаций Российской инженерной академии, друзей и близких с пожеланиями здоровья, творческих успехов и благополучия Анатолию Алексеевичу Сперанскому в связи с его 75-летием.

50 ЛЕТ ПЕРВЫМ В СССР ИСПЫТАНИЯМ АВИАДВИГАТЕЛЯ НА ВОДОРОДЕ

Валерий Игнатьевич Гуров, д.т.н., начальник сектора ГНЦ РФ ЦИАМ им.П.И. Баранова,
Вячеслав Иванович Щербаков, к.т.н, ведущий инженер по испытаниям авиадвигателя на водороде в 1967 году

Известно, что в середине 50-х годов прошлого века ЦИАМ совместно с ЦАГИ выступил с инициативой по применению в авиационных двигателях водорода в качестве топлива. Были обоснованы преимущества для тяжелых самолетов замены керосина на водород. Прежде всего - по дальности полета и экологическим показателям.

В 2013 году , журнал "Двигатель" уже помещал в № 5 статью В.И. Гурова о разработке и испытаниях уникального самолёта Ту-155, использовавшего в качестве топлива водород. Для этого в Самарском (тогда - Куйбышевском) моторостроительном ОКБ, руководимом Н.Д. Кузнецовым, совместно с ЦИАМ, был создан двигатель НК-88 знаменитого семейства авиадвигателей НК-8.

НК-88. Сверху - турбонасосный агрегат

ГТД-350

Но прежде, чем всё это случилось, применение водорода в газотурбинных двигателях было исследовано в стендовых условиях на меньшем двигателе ГТД-350 (в 400 л.с.) разработки ОКБ-117 под руководством генерального конструктора С.П. Изотова.

Доработанный киль Ту-155 с дренажной системой

Накопление практического опыта использования водорода в авиационных двигателях началось с наземных испытаний в конце 1967 года вертолетного двигателя ГТД-350 в ЦИАМ на стенде У-6. Газообразный водород хранился в 16-ти баллонах объемом 40 литров каждый при давлении 15 МПа, что обеспечивало время испытаний на альтернативном топливе в пределах 10 минут. Двигатель испытывался попеременно на керосине и водороде, причем форсуночная головка ГТД-350 была дополнена форсунками, работающими на водороде и на природном газе (попеременно). В результате проведения серии успешных испытаний отработаны технологии запуска ГТД-350 и его плавного выхода на номинальный режим работы, устойчивой работы системы обеспечения испытаний, аварийного прекращения испытаний по факту возникших утечек водорода при превышении 4% объемного содержания H_2 в воздухе испытательного стенда, плавного перехода на малом газе замены керосина на водород или на природный газ, подтверждения расчетных данных по улучшению эффективности и экологичности функционирования двигателя и др.

Экипаж Ту-155

Полученные результаты стали заметной вехой на пути к первому в мире полету 15 апреля 1988 года самолета ТУ-155 с работой двигателя НК-88 на водороде. Было совершено 5 полетов с суммарным временем 4 часа 27 минут. Неоценимый опыт отечественных достижений по применению жидкого водорода в авиации обобщен в монографии "Внимание газы: криогенное топливо для авиации", авторы В.А. Андреев, В.Д. Борисов, В.Т. Климов, В.В. Малышев, В.Н. Орлов, М. Изд-во Московский рабочий, 2011. В ней авторы - руководящий состав создателей самолета ТУ-155 - обращают внимание на следующие обстоятельства: *"...Тема криогенных топлив вышла из моды. Бесценные наработки в этой области, как и во многих других, где российские специалисты занимали ведущие мировые позиции, могут быть безвозвратно утеряны. Но переход на новые альтернативные источники энергии являются жестокой необходимостью. Ученые могут ошибаться на 50 и даже на 100 лет, однако ископаемые топлива в какой-то момент будут исчерпаны. Потеря источников энергии - такой же "конец света", как и любые другие глобальные катастрофы и беды. Та страна, ученые и специалисты которой первыми найдут оптимальное решение проблемы перехода на неисчерпаемые источники энергии, получит доминирующее положение в мире. Особенно это важно для России с учетом огромного населения, богатейших природных ресурсов, занимаемого географического положения, климатических зон и расстояний".*

УДК 532.526.4

МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ СПЛОШНЫХ СРЕД

Александр Иванович Бажанов, академик МИА
Николай Юрьевич Кочетков, к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО "МАИ (НИУ)"
Анатолий Алексеевич Сперанский, вице-президент РИА, DExpert ISCED, академик РИА и МИА

На основании всестороннего анализа экспериментальных и теоретических данных разработана новая парадигма турбулентности, базирующееся на новых взглядах и подходах, полученных за последнее время. На базе экспериментальной визуализации турбулентного течения получены постадийные переходы режимов, предвосхищающие начало собственно турбулентного течения и его развития, сформировано понятие турбулентных течений, таких, когда в потоке присутствуют либо вихри, либо торсионные жгуты. Установлена последовательность сменяющихся форм. Вначале ламинарный режим при увеличении числа Рейнольдса переходит в строго регулярные волновые образования, оставляющие на поверхности синусоидальный отпечаток. Это волны Толлмина–Шлихтинга. При ускорении потока эти волны деформируются и переходят в градиентные волны Кельвина–Гельмгольца, которые при дальнейшем усугублении движения превращаются в накрывную волну. Омываемый поверхности поток с внешней части этой волны сваливается под углом к поверхности, образуя вихри Тейлора–Гёртлера. Это первые вихри, появившиеся в процессе преобразования течения. Дальнейшее ускорение потока в отсутствии градиента давления приводит к образованию торсионных жгутов. Их существование обусловлено именно отсутствием градиентов, но при последующем ускорении потока при отрицательном градиенте, жгуты "расплетаются". Дальнейшее течение в сверхзвуковом потоке происходит с появлением характеристик. При больших расширениях потока вновь происходит переход к ламинарному течению. Путем анализа экспериментальных результатов, полученных методом горячей визуализации, показано, что турбулентность не является случайным процессом, а носит строго–структурированный характер.

Based on a comprehensive analysis of experimental and theoretical data, a new turbulence paradigm has been developed, based on new views and approaches obtained recently. Based on experimental visualization of the turbulent flow, the post–stage transitions of the modes that anticipate the beginning of the turbulent flow proper and its development are obtained, and the concept of turbulent flows is formed, such as when either vortices or torsion bundles are present in the flow. The sequence of changing forms is established. At first, the laminar mode, with an increase in the Reynolds number, turns into strictly regular wave formations that leave a sinusoidal imprint on the surface. These are Tollmin–Schlichting waves. As the flow accelerates, these waves deform and pass into gradient Kelvin–Helmholtz waves, which, with further aggravation of the motion, turn into a surface wave. The flow washed by the surface from the outer part of this wave falls at an angle to the surface, forming Taylor–Gertler vortices. These are the first vortices that appeared in the process of transforming the flow. Further acceleration of the flow in the absence of a pressure gradient leads to the formation of torsion bundles. Their existence is due to the absence of gradients, but with the subsequent acceleration of the flow at a negative gradient, the bundles "unravel". Further flow in the supersonic flow occurs with the appearance of characteristics. With large flow expansions, the transition to a laminar flow occurs again. By analyzing the experimental results obtained by the hot visual–ization method, it is shown that turbulence is not a random process, but is strictly structured.

Ключевые слова: *стадийность развития турбулентности, структурированность турбулентности.*
Keywords: *the stage of development of turbulence, the structure of turbulence.*

Традиционное представление турбулентности сводится к анализу пульсационных движений вблизи ламинарного потока вдоль русла, сформированного геометрическими формами канала. Формально введенное О. Рейнольдсом понятие пульсация, случайное отклонение скоростного потока, в общем-то не несёт действительной физической информации и поэтому оцениваться может только статистическими методам. Это значит, что, строго говоря, оно не прогнозируемо. Основные уравнения движения, а проще говоря, самые популярные на сегодняшний день, это уравнения Рейнольдса. Часто говорят, что это некое среднее приближение к уравнению Навье-Стокса. Но сам Рейнольдс говорил, что это лишь способ или прием, который позволяет хоть как-то разрешить сложнейшее уравнение Навье-Стокса. Очевидно, что этот прием весьма груб и во многом неточен.

Но эта традиционная широко принятая парадигма, построенная на базе этого уравнения, завладела мощнейшей электронно-вычислительной индустрией и весьма консервативна по отношению к различного рода изменениям её основ и тем более к переформатированию. Параллельно объяснение рациональности этой парадигмы сопровождается разработкой искусственных методов, объясняющих её якобы физическое существо. Это прежде всего пульсация турбулентности, являющаяся следствием вращающегося движения и не подтвержденная физическими экспериментами [1, 2].

За последние годы появилась возможность провести уникальные экспериментальные результаты исследований, показывающие структуру турбулентных потоков. Метод горячей визуализации [3, 4] позволяет зафиксировать тончайшие особенности пространственных течений, их высокодифференцированные нюансы и проводить анализ по выявлению механизма образования локальных турбулентных течений.

Далее сформулируем фундаментальное понятие. Турбулентность - это пространственное течение жидкости или газа (плазмы) при котором обязательным атрибутом является вращение или кручение потока. Другими словами, турбулентное течение (движение) это такое течение внутри газового поля, у которого присутствует $\mathrm{rot}\,\vec{V}$ или $\mathrm{rotrot}\,\vec{V}$. Пульсации при этом можно трактовать как движение отдельных близлежащих частиц газа или жидкости, соприкасающихся с вихрями или жгутами. Это отскочившие от последних объектов частицы и забравшие часть энергии, необходимой для полета в случайном направление.

При этом: $\mathrm{rot}\,\vec{V} \neq 0$ и $\mathrm{rotrot}\,\vec{V} \neq 0$.

В случае обратного утверждения поток либо ламинарный, либо находится на стадии перехода к турбулентному.

Структура турбулентного потока

Картина турбулентного течения была получена экспериментально методом горячей визуализации. При этом организовывался высокоэнтальпийный поток, который в исследуемом канале оставлял след на омываемой поверхности. Материал стенки канала выбирался из класса полимеров (например фторопласт), имеющих линейный закон разрушения под действием температуры. Это - ли-

нейный пиролиз, приводящий к разрушению стенки без дополнительных нелинейных эффектов. Другими словами, скорость уноса (разрушения) материала всегда пропорциональна тепловому потоку, а для фторопласта она просто численно равна коэффициенту тепломассообмена [5]. Поэтому многократное воздействие такого потока на стенку будет воспроизводить турбулентную картину линейно по времени, не деформируя её структуру.

На рис. 1 представлена картина турбулентного течения, как след от воздействия от потока внутри сверхзвукового сопла. На стенке сопла четко отпечатались особенности пространственного течения, поэтому отображающие зависимость от изменяющихся параметров вдоль оси. Можно условно считать, что таким образом представлена динамика потока в зависимости от числа Рейнольдса. В начале, при низких числах Рейнольдса стенка после уноса гладкая, что соответствует ламинарному течению (рис. 2). Далее появляются волны и поверхность начинает сбориться. Это - волны Толлмина-Шлихтинга [6], которые характеризуют первую потерю устойчивости. Происходит переход от ламинарной устойчивой структуры к устойчивой на более высоких числах Рейнольдса - волновой. Этот процесс является линейным. Форма волны синусоидальная и линейное приближение уравнений движения дает точное аналитическое решение. Далее процесс становится нелинейным. Увеличение числа Рейнольдса приводит к резкому увеличению скорости потока в ядре на границе гребня волны, и периферийная от стенки часть потока обгоняет синусоидальную волну. Форма волны изменяется. Она становится несимметричной и похожа на океаническую волну, красиво изображённую на японских гравюрах. Такая волна называется градиентной волной Кельвина - Гельмгольца [7]. Волна деформируется до определенного момента - момента наступления градиентной катастрофы, когда она обрушивается до своего основания.

Но самое важное происходит дальше. Движущийся по верхней поверхности волны соприкасающийся внешний поток там же срывается с крутого профиля этой волны и под углом падает на поверхность. Поскольку поверхность является криволинейной и вогнутой, падение приводит к образованию продольных вихрей Тейлора - Гёртлера [8]. Это - такие парные вихревые течения, которые заполняют поверхность по окружности сопла. Их всегда четное количество, так как они вращаются попарно в разные стороны. На поверхности (рис. 1) они отпечатываются в виде продольных цилиндрических лунок. Благодаря положительному градиенту давления (поверхность вогнутая) возникает момент вращения, который сохраняется вниз по потоку и при переходе к безградиентному течению на спрямлённой вниз по потоку поверхности. Здесь эти парные вихри (винтовые течения) так же попарно скручиваются между собой как телефонный провод. Каждая пара формируется в свою структуру, а уже скрутки попарно укладываются на поверхности. Для устойчивости потока требуется уже не просто четное количество вихрей, а кратное четырем. При обсчётах углублений от вихрей после экспериментов так и получалось. Вихрей было в разных ситуациях: 56; 60; 64 и т.д. Следующий рисунок изображает расплетание вихрей. Это происходит при расширении потока. Поток, пройдя критическое сечение, поступает в расширяющееся сверхзвуковое сопло. Саму область критического сечения можно считать цилиндрической, где градиент давления равен нулю. Но вот далее еще в области трансзвукового течения поток продолжает расширяться и именно это является причиной расплетания жгутов.

В сверхзвуковом потоке эти жгуты трансформируются в плотные образования на поверхности и проявляются на поверхности стенок в виде следов от газодинамических характеристик, которые в характерном порядке укладываются на поверхности. Ромбовидная структура прямолинейных характеристик позволяет экспериментально определить углы между ними и найти аналитические связи.

Ромбовидная картина заканчивается после достаточно сильного расширения потока. Ближе к срезу сопла, когда поток сформировался достаточно разреженным, характеристики пропадают, а поверхность сопла становится абсолютно гладкой. Здесь отсутствуют следы турбулентности. Поток в этой области становится ламинарным.

Далее, если внимательно посмотреть на поверхность сверхзвукового сопла, то можно заметить, что все оно гладкое, за исключением прямолинейных линий в виде сетки, отпечатавшихся из-за характеристик. То есть в сверхзвуковом сопле поток ламинарный, а турбулентность выродилась в скачки (характеристики).

При экспериментальных исследованиях на хорошо спрофилированных соплах следы от уносов на поверхности стенок в сверхзвуке всегда оставались гладкими, что подтверждает отсутствие скачков в потоке и присутствие в нем ламинарного течения.

Анализ экспериментов

Проведенный анализ экспериментальных исследований показал, что при малых интенсивностях потока, когда число Рейнольдса весьма мало, реализуется ламинарное течение. При усугублении течения, когда скорости потока растут, плотности тока растут и увеличивается число Рейнольдса, картина течения изменяется. По длине камеры и сопла нарастает контактная поверхность с потоком. Увеличивается общее трение о стенки, и поток это ощущает как обратную силу, действующую на него в противоположном направление. Поток не разгоняется, а подпирается, что приводит к тому, что он сборится и отпечатываются на стенке волны. Эта волновая область (Толлмина - Шлихтинга) развивается, и при последующем увеличении чисел Рейнольдса приводит к градиентным волнам и градиентной катастрофе. После чего волновой интервал перехода к турбулентности заканчивается, а число Рейнольдса достигает критического значения $Re_{кр}$, когда появляются первые вихри (Тейлора - Гертлера) и начинается турбулентность.

Вторая, более высоко дифференцируемая форма турбулентности - кручение, проявляющееся в виде жгутов, заполняет область чисел Рейнольдса вплоть до критического сечения, где турбулентность заканчивается. Переход потока через критическую скорость звука сопровождается наложением на него новых свойств сверхзвукового течения. А именно, - отсутствие обратной связи. Сверхзвуковой поток не чувствует препятствий и "спотыкается" на них, образуя ударные волны. Аналогично и вихри, имеющие встречные потоки, не смогут существовать без скачков, тем более устойчиво. И ещё! Вихри, подходя к критическому сечению, попадают в зону максимальных чисел Рейнольдса [9] $Re_* = max$. Турбулетность в этой зоне самая развитая. Скорости потока здесь соизмеримы со скоростями молекул. Это самая бурлящая турбулентность. Это место достижения хаоса, что по определению является ламинарным теченим.

Не корректно применять другую теорию и ссылаться на неё с целью доказательства неопровержимости своей. Но! Статистическая теория турбулентности со своими бифуркациями удвоения периода, странными аттракторами и прочего, что породило "масштаб Колмогорова". Это такой размер вихря, после которого происходит превращение его в тепло. Это происходит при достижение странного аттрактора. То есть, как только мы достигли странного аттрактора, а он "реализуется" при условно бесконечном числе Рейнольдса, сразу же вихрь Колмогорова рассыпается и превращается в тепло. Анализ показал, что этот преславутый странный аттрактор возникает в критическом сечение сопла [10]. Другими словами, в критическом сечение при максимальном числе Рейнольдса происходит переход от турбулентного режима течения к ламинарному. И тогда, как показывает анализ, турбулентная зона по числам Рейнольдса сужается от полубесконечной ($Re_{кр} < Re$) до интервала:

$$Re_{кр} < Re < Re_*,$$

где $\overline{Re_*} \sim 1/\bar{r}$ ($\bar{r}$- степень расширения сопла). А после критического сечения оно (число Рейнольдса) падает практически до нуля.

Теоремы турбулентности

Пять теорем турбулентности были доказаны в работе [11]. Приведем их краткое изложение для последующего анализа.

Теорема 1 (о движении).

Любое пространственное течение (турбулентное движение) может быть разложено на четыре элементарных движения: поступательное, вращательное, колебательное и торсионное.

$$\vec{\alpha}_{абс} = \vec{\alpha}_{п} + \vec{\alpha}_{в} + \vec{\alpha}_{к} + \vec{\alpha}_{т}.$$

Колебательные движения являются циклическими модификациями двух первых. Торсионное движение содержит как поступательное движение, так и ускоренное вращательное движение вдоль оси потока (кручение); частный случай - крутильные колебания.

Теорема 2 (о соотношении движений).

Вторая теорема может рассматриваться как теорема векторного анализа и справедлива для любого вектора. Она утверждает, что скалярное произведение вектора скорости на вектор кручения есть квадрат вектора вращения:

$$\vec{V} \cdot \mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\vec{V} = \mathrm{rot}^2\,\vec{V}.$$

Теорема 3 (об энергиях).

Теорема об энергиях выводится из уравнения Навье-Стокса без использования упрощений и приближений в строгой постановке и математическими преобразованиями, и представляется как главное уравнение колебательного звена. Для каждой фиксированной точки поля уравнение записывается по типу:

$$\frac{\mathrm{d}^2\tilde{p}}{\mathrm{d}\tau^2} + 8\pi Be\,\frac{\mathrm{d}\tilde{p}}{\mathrm{d}\tau} + 8\pi Be \cdot Me \cdot P = 8\pi R\mu\,\frac{\omega}{\omega_0}\,\frac{\mathrm{d}\,\dfrac{R\omega}{\omega^2}}{\mathrm{d}\tau}.$$

Здесь *Be* и *Me* - критерии устойчивости.

Теорема 4.

Это теорема о возникновении неустойчивости. Неустойчивость возникает тогда, когда будут выполнены необходимые и достаточные условия возникновения автоколебаний.

Необходимое условие:

$$\frac{Me}{Be} > 2\pi \text{ или } \Phi Z = \frac{kV^2}{\upsilon a^2}\,\frac{\mathrm{d}\,\dfrac{V}{\mathrm{rot}^2 V}}{\mathrm{d}\tau} > \frac{1}{4}.$$

Достаточное:

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

Теорема 5.

Теорема номер пять утверждает, что турбулентность в сверхзвуковом потоке отсутствует.

Первые две теоремы показывают взаимосвязь между различными элементарными движениями, характеризующими турбулентное движение. При этом чисто турбулентное течение можно описать в достаточной мере вторым и четвёртым членом, но если представить себе более сложное течение - вихри Тейлора - Гёртлера, то внутри этого движения присутствует еще и поступательное. Любая суперпозиция может реализоваться как самое замысловатое турбулентное течение.

Очень важно, что между всеми элементарными вихревыми течениями, существует строгая однозначная связь, что делает возможность представить один режим течения в зависимости от другого.

Теоремы об энергиях и о возникновение неустойчивости позволяют решать частную задачу турбулентности - неустойчивость. С помощью этих теорем показывается, что неустойчивость однозначно определяется турбулентностью. В ламинарном потоке неустойчивость возникать не будет, а собственная частота напрямую связана с угловой скоростью вращения газового потока.

Пятая теорема делает утверждение об отсутствие любого вида турбулентности в сверхзвуковом потоке. Следует оговориться: в сверхзвуковом сопле турбулентность может проявляться, например, в зонах отрыва потока и других местах, где поток становится дозвуковым.

Анализ областей турбулентности

Построим аналитическое соотношение, описывающие турбулентное течение. Для этого воспользуемся уравнением Навье - Стокса, записанном относительно импульсов:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{i}}{\mathrm{d}\tau} = -\mathrm{grad}P + \frac{4}{3}\upsilon\,\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\vec{i} - \upsilon\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Преобразование начнем с того, что раскроем субстанциональную производную:

$$\frac{\mathrm{d}\vec{i}}{\mathrm{d}\tau} + \frac{\vec{i}}{\rho}\mathrm{grad}\vec{i} + \mathrm{grad}P - \frac{4}{3}\upsilon\,\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\vec{i} + \upsilon\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Или:

$$\frac{\partial i}{\mathrm{d}\tau} + \frac{1}{\rho}\mathrm{grad}\frac{\vec{i}^2}{2} + \mathrm{grad}P + \frac{1}{\rho}[\mathrm{rot}\vec{i}\cdot\vec{i}] - \frac{4}{3}\mathrm{grad}\,\mathrm{div}\vec{i} = -\upsilon\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Уравнение в векторной форме означает запись вдоль линии тока. Это означает, что возможно применение одномерных законов газодинамики. Воспользуемся в дальнейшем законом Бернулли и уравнением обращения воздействия. Принимая сумму членов под градиентом (это, по существу, закон Бернулли) постоянной величиной, представим уравнение движения в следующем преобразованном виде:

$$\frac{\partial i}{\mathrm{d}\tau} + \frac{1}{\rho}[\mathrm{rot}\vec{i}\cdot\vec{i}] = -\upsilon\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Последнее уравнение умножаем скалярно на вектор i. Получаем:

$$\vec{i}\,\frac{\partial i}{\mathrm{d}\tau} = -\upsilon\vec{i}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Далее преобразуем уравнение обращения воздействия:

$$(1 - M^2)\frac{\mathrm{d}v}{v} = \frac{\mathrm{d}G}{G} - \frac{\mathrm{d}F}{F} = \frac{\mathrm{d}i}{i} = \frac{\vec{i}\mathrm{d}\vec{i}}{\vec{i}^2}.$$

В векторной форме это будет выглядеть:

$$(1 - M^2)\frac{\vec{v}\mathrm{d}\vec{v}}{\vec{v}^2} = (1 - M^2)\frac{\mathrm{d}\,\dfrac{p\vec{v}^2}{2}}{2\,\dfrac{p\vec{v}^2}{2}}.$$

Или:

$$(1 - M^2)\frac{\mathrm{d}\,\dfrac{p\vec{v}^2}{2}}{2\,\dfrac{p\vec{v}^2}{2}} = \frac{p\vec{v}\,\mathrm{d}p\vec{v}}{(p\vec{v})^2} = \frac{\vec{i}\mathrm{d}\vec{i}}{\vec{i}^2}.$$

Тогда:

$$(1 - M^2)\mathrm{d}\frac{p\vec{v}^2}{2} = 2\frac{p\vec{v}^2}{2}\,\frac{p\vec{v}\,\mathrm{d}p\vec{v}}{(p\vec{v})^2} = \vec{v}\,\mathrm{d}p\vec{v}.$$

Или в виде произведения по времени:

$$(1 - M^2)\mathrm{d}\frac{p\vec{v}^2}{\mathrm{d}\tau} = \upsilon\,\frac{\mathrm{d}p\vec{v}}{\mathrm{d}\tau}.$$

После преобразования получаем:

$$\upsilon\,\frac{\mathrm{d}\vec{i}}{\mathrm{d}\tau} = (1 - M^2)\,\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}\tau} = -(1 - M^2)\vec{v}\,\mathrm{grad}P.$$

Подставляем его в основное уравнение, получаем:

$$-\vec{i}(1 - M^2)\mathrm{grad}P = -\nu\vec{i}\,\mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\vec{i}.$$

Воспользуемся теоремой о соотношении движений:

$$\mathrm{rot}^2\vec{i} = \frac{\vec{i}}{\nu}(1 - M^2)\mathrm{grad}P.$$

Получаем рабочую формулу:

$$\mathrm{rot}\vec{i} = \pm\sqrt{\frac{\vec{i}}{\nu}(1 - M^2)\mathrm{grad}P}.$$

Выделяя в формуле число Рейнольдса окончательно запишем:

$$\mathrm{rot}\vec{i} = \pm\sqrt{\mathrm{Re}\,\frac{1 - M^2}{\mathrm{d}}\,\mathrm{grad}P}.$$

При анализе течений можно воспользоваться этой формулой и понять важные практические результаты.

1. Два знака перед корнем говорят о том, что вихрь парный.

2. Число Рейнольдса, в соответствии с предыдущем анализом должно быть ограничено пределами: $Re_{кр} < Re < Re_{*}$.

3. Для дозвукового потока турбулентность возникает при положительном градиенте давления.

4. Отрицательный градиент давления в дозвуковом потоке делает значение над корнем отрицательным. Ротор - не существует, значит поток ламинарный.

5. В критическом сечении сопла (M = 1) ротор равен нулю, значит турбулентности в критике нет.

6. В сверхзвуковом потоке оба фактора говорят о том, что поток ламинарный $(1 - M^2) < 0$ и $\text{grad}P < 0$, но их произведение приводит к парадоксу: корень больше нуля. Дополнительный анализ [12], позволяющий расслоить эти два параметра, показывает, что после преобразований скобка $(1 - M^2)$ сокращается, а $\text{grad}P$ остается с отрицательным знаком.

7. При $\text{grad}P > 0$ также получается логичное утверждение о том, что турбулентность при этом присутствует. Она сосредоточена в скачках уплотнения. Дискуссионным остается вопрос: уложатся ли они в размер скачка. В связи с чем приведём фотографию из альбома Глотова (рис. 2).

В заключении приведем три фотографии, которые наглядно характеризуют торсионно-волновую природу турбулентности. Это течение в камере ЖРДМТ (рис. 3), обтекание газодинамического руля (рис. 4) и турбулентность за уступом в сверхзвуковом сопле (рис. 5).

Литература

1. П. Берже, Н. Помо, К. Видал. Порядок в хаосе // М. Мир, 1991 г.

2. А.А. Юн. Исследование течений и прочностной анализ // М. издание Ленанд, 2014 г.

3. Ю.М. Кочетков, А.И. Бажанов. Турбулентность. Пространственный нестационарно-тепловой экзерцис ЖРДМТ // Двигатель №1, 2020 г.

4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и солитоны // Двигатель №2, 2005 г.

5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность - не хаос, а тонко организованная структура // Двигатель №6, 2004 г.

6. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Волны Толлмина-Шлихтинга // Двигатель №1, 2014 г.

7. Ю.М. Кочетков, Н.Ю. Кочетков. Турбулентность. Градиентные волны Кельвина-Гельмгольца // Двигатель №2, 2014 г.

8. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вихри Тейлора - Гёртлера // Двигатель №2, 2014 г.

9. Ю.М. Кочетков. Турбулентность сверхзвуковых течений. Памяти Д.Д. Гилевича // Двигатель №2, 2013 г.

10. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Критические параметры вычислительной газодинамики // Двигатель №3, 2019 г.

11. Ю.М. Кочетнов. Турбулентность. Пять теорем как инструмент глобального преобразования уравнений сохранения в целях разработки новых подходов к вычислительной газовой динамике // Двигатель №4, 2019 г.

12. Ю.М. Кочетков, Т.Н. Кравчик, О.А. Подымова. Пять теорем турбулентности и их практическое приложение // Ж. Вестник машиностроения №7, 2019 г.

Связь с авторами: kolabuy@gmail.com

Рис. 1-1

Рис. 1-2

Рис. 1-3

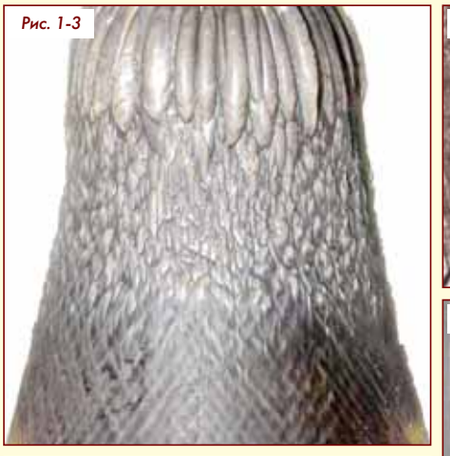


Рис. 1-4

Рис. 1-5

Рис. 2

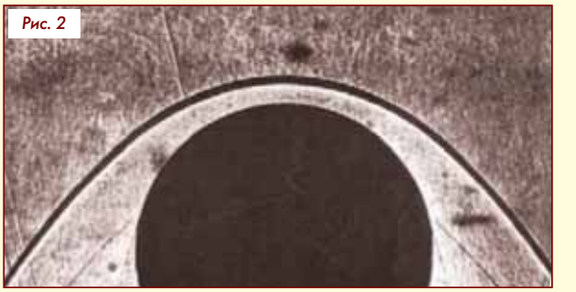


Рис. 3

Рис. 4

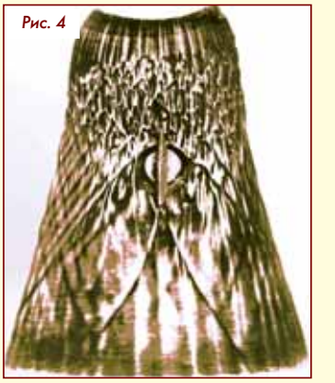
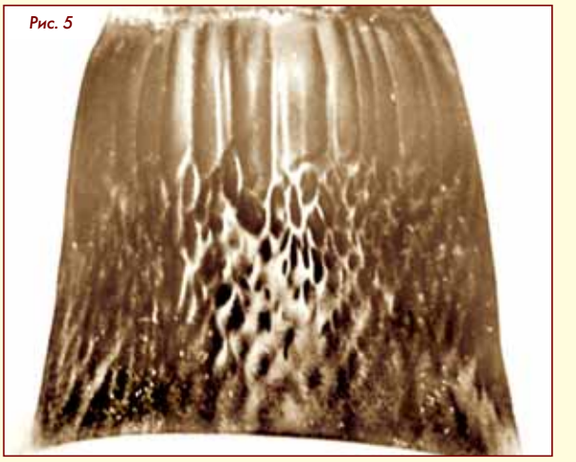


Рис. 5



МЫ И МИР

Дмитрий Александрович Боев

(В ПРОДОЛЖЕНИЕ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ"
№ 6 2017 Г."О ФИЗИКАХ И МАТЕМАТИКАХ"
№ 3 2019 Г."ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ"
№ 6 2019 Г."УВИДЕТЬ И ПОНЯТЬ"
№ 1 2020 Г."ОПЫТ, ОПЫТЫ И ГРАФИКИ"
№ 3 2020 Г."ЧЕЛОВЕК МЕЖДУ ДВУМЯ МИРАМИ")
№ 4-6 2020 Г."ИГРЫ, В КОТОРЫЕ ИГРАЮТ ЛЮДИ. ЛЮДИ,В КОТОРЫХ ИГРАЮТ ИГРЫ"

Социально-экономические теории, которые со времён Возрождения всё в возрастающем объёме завладевали умами людей занимающихся обществом - как в понятийном плане, так и непосредственно им управляющих - последние лет 250 превратились в незыблемость, в первенстве которой не то, чтобы усомниться, но и сомневаться было грешно. И во всех случаях люди в целом с точки зрения экономики рассматривались большими массами, действовали "гуртом" и воспринимались как группы, классы, отряды, находящиеся в постоянной антагонистической войне "всех со всеми" за выживание (конъюнктурные союзы в такой борьбе - также тактический способ ведения боевых действий). И это было настолько убедительно показано, что и сторонникам и противникам этих теорий видится практически как нечто запущенное Создателем при сотворении мира и теперь случайно обнаруженное тикающим и показывающим верное время. При этом как мелкая незначительная недоработка смотрится то, что все это не могло учитывать конкретной роли (в том числе - индивидуальных различий, да и просто желания) отдельных личностей. Здесь они или просто не учитывались, или значение их предполагалось вторичными по отношению к групповым, классовым, конфессиональным или национальным интересам, что практиковалось и продолжает это делать всеми религиями и философскими системами. Строго говоря, для того, чтобы показать общие тенденции, роль и значение отдельного индивидуума не так уж важны. Для всех, кроме него самого, естественно.

Действие, как известно, вызывает противодействие. Посему, никогда не было недостатка и в социальных теориях на либеральной базе, прямо противоположно расставляющие акценты в этом споре общественного и личного. Примат последнего создавал вовсе неработоспособную модель общества (да его, кстати, в таком случае, строго говоря, и не было). Соллиптическая картина социума наличия общества не требует и не предполагает. Допускается их упоминание разве что как сцена для анархического проявления волюнтаризма самовыражающейся личности, совершенно не принимающей во внимание воли, желаний, да, в конце концов, и просто существования других (столь же эгоцентричных в этих постулатах) существ, считаемых разумными. Так что в целом картина получалась не слишком радующая. Убедительности теориям не прибавляли не данные крайности, ни попытки их компиляции. Битва происходила вовсе не на том поле и не тем оружием, которое стоило того. Однако, "лицом к лицу лица не разглядишь": чтобы что-то понять нужно было посмотреть на все это со стороны, для чего попытаться немного отойти с прямой личность - общество.

Мало что поменялось и после возникновение понятия информации, появления теории и становление ее, как величины, имеющей самостоятельную ценность, а не просто служебного приложения описательного характера для иных областей знаний. Элементы такого подхода существовали практически во всех философских школах, но, опять-таки, не более, чем как прикладные к различным проповедуемым теориям. Причем, это не то (точнее, не только то), что называли знаниями, уменьями, опытом. Все это должно было объединиться, очиститься друг от друга, от своих создателей и носителей и стать воистину самоценной ценностью и всеобщим достоянием. Но и в этом случае долго действовало, не пересекаясь с пониманием социальных процессов.

Основы цельного взгляда на информацию в качестве самостоятельного объекта исследования были заложены Норбером Винером при обосновании кибернетики, и в таком виде восприняты учеными, развивавшими это направление знаний в дальнейшем. В России труды Винера были встречены (по крайней мере, официальной наукой) весьма неласково. Как не стыкующиеся с основной принятой классовой экономической концепцией. Информационный взгляд на человеческие взаимоотношения предполагает индивидуальную ценность отдельного человека как генератора, переработчика и передатчика этой информации. Иначе: он является одновременно и субъектом процесса (информационный обмен предполагает наличие как минимум передатчика и приемника информации, иначе - двух личностей - в приделе они могут быть сосредоточены и в одной, исполняющей обе указанные функции) и объектом его, поскольку именно им генерирован сам процесс. Обилие техницизмов в подходе к теме предопределило изначально весьма непродуктивный критиканский взгляд на возможность ее приложения к чему-либо, кроме чистой техники. И вот, кибернетика (подразумевающая, в том числе и некое моделирование социальных процессов) была сразу же принята в нашей стране официальной наукой советского времени в штыки. Стоит обратить внимание, что и в этом случае шараханье в крайности пользы не принесет: апологетика этого процесса оставляет сам процесс, абсолютизируя его и устраняя из рассмотрения объект, данным процессом описываемый. Кажется, эту болезнь мы в основном уже пережили. Хотя, если судить по современным философским трудам, всегда возможны рецидивы. А уж если обратить внимание на современное засилье трудов по искусственному интеллекту и цифровизации жизни - так вообще, похоже на вторую волну формализации, захлёстывающую общественный мир.

Активный период горячих войн философских систем по большей части уже отгремел, неприятие друг друга перешло в позиционное состояние. Ныне большинство современных философских и экономических теорий приняли за данное, что прогресс человечества в любом его виде ни что иное, как стремление к выживанию вида (сохранение и приумножение за счет улучшения самого качества жизни). Отношение к этому процессу теоретиками высказывается самое разнообразное: от благословления и практически полного обожествления через попытку устроиться на его гребне, удержаться на нем и попытаться им немного поуправлять, вплоть до неприятия и отрицания его блага и для человечества в целом и для своей цельной личности в частности. Однако практически никто и нигде не объяснил и даже не дал более - менее удовлетворительную попытку объяснения того, "что сие", как и каким образом функционирует механизм этого "прогресса". Впрочем, в попытках этого действия недостатка не было, по справедливости сказать - попыток больше компиляторского свойства.

Каковы же силы, инициирующие его и что в этом случае, собственно говоря "движет солнце и стихии", (если всерьез не зацикливаться на любви)? По делу, если только не заниматься подменой тезисов через умножение сущностей и не пытаться объяснить одно необъяснимое другим, отважусь заявить, что весь наш прогресс, в конечном счете, не что иное, как стремление увеличить количество добытой и функционирующей в обществе информации, а также глубину и качество ее "вторичной переработки". Возможность экстрагирования из бесчисленного количества взаимосвязей природных объектов и явлений некоторых, принятых как наиболее существенные, вообще - исключи-

тельное свойство всего живого. Для человека (как, кстати, и для любого живого существа), это - родовой признак, специализация, способ выживания. В силу физической природы мозга, разум оперирует абстрактными конечными картинами. Мир, однако же конкретен во всех своих бесконечных взаимосвязях всего со всем (иначе говоря, число абстракций из него по каждому объекту может быть бесконечным). Кроме того, все объекты и связи между ними существуют и изменяются во времени, а наша картина мира может претендовать на что-то только в отношении того момента, в который была получена. Отсюда, основная проблема выживания - максимальное совпадение по времени и пространству картины мира, собранной нами из таких абстрактных частей и реального конкретного мира. А этот процесс постоянно требует привлечения новой информации: как замечено выше, мир конкретен не только в пространстве, но и во времени, следовательно - постоянно изменчив. Раз так, то чем отдаленнее самая полная серия абстрактных картин мира от момента времени их получения, тем больше не совпадает с состоянием в котором этот мир находится к этому времени. При этом, мир "до тебя", в принципе, так же бесконечно далек от построенного с него образа, как и мир "после тебя". Не надо забывать только, что этот мир включает и самого тебя и каждого из нас как объект и сумму объектов и связей.

Мне уже приходилось в предыдущих статьях обосновывать, что то, что мы представляем, о чем думаем, с чем работаем, это - действительно абстракция. Не объекты реального мира, но более-менее полные (с нашей точки зрения) воспринятые как-то и когда-то состояния этих объектов и каких-то из их взаимосвязей в какой-то момент, или ряд моментов времени. Если быть последовательными, то даже и не "ряд состояний" или "картин мира", но - ряд наших представлений об этих состояниях и картинах, достроенных разумом исходя из анализа ощущений, базирующегося на всем прошлом опыте индивидуума. Именно в этом смысл популярного среди философов утверждения о том, что "понять объект - это умертвить объект" (в этом нет элементов триллера, сие означает - лишить его возможности к дальнейшему изменению и развитию), абстрагировав его, прежде всего от времени, развязав время и свое восприятие объекта. Познавая, мы постоянно дискретизируем связи объекта, его состояние и взаимодействие данного объекта с остальными и в таком виде оперируем с ними. Информация и есть результат такого абстрагирования. До данного процесса никакой "информации" в природе не существовало. Следует отметить, что такая новообразованная абстракция сама является объектом, связью и может передаваться от одного живого существа другому (не обязательно одного вида, не только от человека человеку), изменяться, накапливаться и компилироваться с другими. Она в состоянии применяться в процессе жизнедеятельности и к остальным объектам мира, изменяя их и мир в целом. И, как я уже тоже имел честь утверждать: эти процессы - основное и единственное отличие живого от неживого. Так что, не только "kogito, ergo sum", но и "perception, ergo sum", "movie... " и прочее в том же роде.

Вступить в информационный контакт с данным предметом или явлением: воспринять его органами чувств, либо пытаться как-то воздействовать, означает на самом деле построить для себя некий образ предмета сообразно с нашими знаниями о нем и его связях. Любая наша фантазия о каком-либо конкретном предмете или явлении есть уже план нашего поведения, или скорее - отношения, к этому объекту. И чем большей мы владеем информацией по этому вопросу, тем большей реальностью (т.е. совпадением с объектом и в пространстве и во времени - в исполнении его возможных функций) обладает данный план. То, что мы называем "планами" в обычной жизни есть просто развитие данного тезиса по отношению к предмету или явлению. Когда в разряд информации о явлении попадают еще и стимулы поведения (иначе, накладывается ранее полученная и обработанная информация, достраивающая положение объектов и анализ их состояния перспективой положения субъекта и желаемыми вариантами этих взаимоположений), план из отношенческого становится поведенческим.

Однако, достоверность плана от этого скорее всего не изменится, то есть план не станет более реальным из-за того только, что появился стимул к его выполнению, воплощению. Иначе: из-за того, что мы захотели, чтобы нечто исполнилось, больше вероятность того, что так оно и будет, не стало (если только это желание не стало дополнительным стимулом для нас, это "нечто" исполняющих). Реальность плана зависит от полноты и существенности информации об объекте вообще и его связях в частности (причем как внешних, так и внутренних), а стимул здесь не более чем повод для сбора дополнительной информации. Полнота информации - вот что делает наши планы реальными. Любое наше мысленное построение относительно не только уже потому, что требует дополнительных проверок и идентификаций вследствие приблизительности, но в первую очередь из-за того, что вся информация, на фундаменте которой оное построено, абстрагирована из постоянно меняющегося конкретного мира и никоим образом ему целиком соответствовать не может.

Все формальные построения человека, даже те, которые кажутся 100% реалистичными, на самом деле - более или менее приближенные модели реальной действительности, с помощью которых человек пытается понять мир, действовать в этом мире, влиять на мир. Они что-то и имели общего с тем моментом жизни, который безвозвратно сгинул во времени и пространстве (а может быть и никогда не существовал), а в целом - являются компиляцией прошлого опыта человека и его фрагментарного воображения.

Проще: человек живет в реальном мире (конкретном), но действует (в смысле - строит поведенческую линию согласно своему "пониманию жизни") в мире абстрактном, измышленном. Иначе говоря: будучи производимыми в реальном конкретном мире, ход наших действий (а тем более - их результат) не вполне совпадет с той абстрактной картиной, которую мы выстраивали в своем мозгу при планировании этих действий, а иногда и совсем не совпадает. Реально наиболее существенные связи данного действия могут оказаться не самыми наполненными (важными) в процессе восприятия, а значит, воспринятый процесс будет неизбежно отличаться от реально происходящего. Планируя наши действия мы неизбежно опираемся только на те связи, из которых построена предполагаемая картина процесса (с учетом и тех, которые мы "присовокупили" к воспринятой картине, исходя из собственного опыта). На самом деле, никто не может поручиться, точнее, поручается всегда - с какой-то вероятностью (именно здесь и появляется та самая "вероятностность мира", о которой так много говорится и которая свойственна как раз не миру, но нашему восприятию)- в том, что выбраны именно наиболее влияющие на процесс связи и при оценке правильно расставлены приоритеты влияния различных факторов. При этом, чем выше уровень организации мозга, тем большее число связей может одновременно связывать рассматриваемые им объекты.

Я уже говорил ранее, что основное свойство всего живого - способность к целенаправленному выделению из общей массы природных явлений и связей между ними тех, что необходимы для себя. Частный случай, а возможно, исходная ступень этого явления - обмен веществ в любом организме и даже отдельной его части (клетке и любом ее элементе). Процесс вступления веществ в химические соединения друг с другом в природе весьма и весьма случаен, и только живое существо способно выделить из окружающего мира именно те вещества, которые необходимы для дальнейшей жизнедеятельности, не принимая во внимания прочие, несущественные в этом плане свойства этих веществ. Именно в этом кроется появление и отмечаемый философами примат наличия цели у живого. Такова первооснова процесса выделения информации. До появления живого информации не было, было лишь то, что существует и сейчас - связи между объектами приро-

ды - более или менее влияющие на эти объекты и меняющие их самих, их взаимное положение, их состояние.

Пожалуй, стоит заметить, что структура этих связей объектов в природе - полевая - гравитационная, электромагнитная разного рода, спиновая, а также и полей других типов, возможно пока нами не определяемых, но тем не менее - реально влияющих. Как все полевые структуры они не дискретизируемы. Наше же восприятие базируется на конечных объектных элементах. Оно дискретно по сути своей, и потому уже изначально не может целиком совпадать с объектом, на котором получено. В этом разница между живым и неживым, связями природы и получаемых с них и на их основе информации.

Конкретность природных объектов и связей бесконечна именно в силу того, что к неживому неприложима сама структурность системы "понятий", а, следовательно, не имеют смысла рассуждения о целях, началах и концах чего-либо. Как только мы переходим от конкретики полевой бесконечности природы к абстракции предметной конечности восприятия, появляются сами по себе понятия, и в первую очередь определенность понятий начала и конца. Бесконечность непрерывности исчезает и заменяется разложением её в дискретный ряд. При этом, для восприятия используется не вся бесконечная последовательность любого ряда, но большее или меньшее число членов этого ряда. Что и определяет его приблизительность по отношению к исходному явлению. Заметим, что совершенно закономерно с этой точки зрения оперирование совершенно аналогичными категориями при работе с любыми созданными человеком информационными системами. Интересно, что будучи элементами реального мира с точки зрения носителей информации, её передачи, систем модерирования, они одновременно несут вложенные нами черты нашего абстрагированного его понимания.

Целенаправленное выделение из общей массы природных явлений отдельных взаимосвязей и использование их в своей жизнедеятельности - наиболее универсальное отличие живого от неживого, и происходит это на всех уровнях деятельности - от клеточного химизма - до общественных и производственных отношений. С этой точки зрения, например, "прибавочная стоимость" марксистской теории не что иное, как имеющаяся у субъекта дополнительная информация, реализуемая в процессе труда и приложенная к объекту труда. Она повышает информационную, а, следовательно, и потребительскую (в конце концов, для производства это - одно и то же) ценность объекта. Точно так же - и в продолжение сказанного - деньги не есть овеществленный труд, но именно, овеществленная информация обо всех элементах данного объекта труда: и о понятиях, связанных с ним, его изготовлением, движением, изменением.

Мы постоянно пытаемся "перетащить" свое представление о мире на этот мир. И приписываем ему желаемые свойства, сообразные с нашим представлением о нем. На самом деле, мир не вероятностен, а бесконечен, непрерывен, конкретен и, как следствие этого всего, бесконечно разнообразен. Вероятностно наше представление о мире. Как я уже утверждал неоднократно выше и в предыдущих статьях. Мир сам по себе совершенно определен и конкретен: в нем каждое следствие совершенно однозначно имеет свою причину (чаще - множество причин). Любое событие, происходящее в мире строго, определённо и все имеет свои причины и следствия. Но только, мы практически никогда не знаем этих причин и следствий и чаще всего способны лишь воссоздать картину происходящего по ощущаемому его результату. Именно наше незнание связей объектов мира делает следствия случайными. До того, как все случится, можем лишь предполагать возможность развития ситуации, основываясь на своих представлениях о мире и знания субъектов и объектов происходящего. Так что случайность - невязка между миром и нашими знаниями о мире. В самом же мире в чистом виде нет не только "случайности" или "логичности" но и элементарной детерменированности, поскольку, прежде всего, понятие определенности жестко завязано на понятие времени, а ощущение его течения - категория также присущая лишь живому.

Мир начинается для нас именно там, где начинаются наши ощущения. Мы знаем лишь один этот, воспринятый нами мир. Мир внешний, окружающий нас неведом до тех пор, пока его взаимодействие с нашими органами чувств не сделает его частью нашего внутреннего мира, а значит - доступным нам. Случайность - никоим образом не есть некая "внешняя сила", влияющая на нас и нашу деятельность, но - наше незнание внешних сил, связей и их закономерностей при планировании и проведении этих действий. Чем меньше знаний - тем больше влияние "случайности". Вся теория вероятности - попытка учета невязок наших знаний и хода естественных процессов природы и (или) общества. Соответственно, чем меньше понимание того, что делаешь, тем более требуется веры в правильность выбранных действий. Вера и логика - две части одного процесса - существования человека в мире, определения своего места в этом существовании, планирования поведения, воплощения планов и оценки результатов. Посему: меньше понимания - больше веры и напротив, больше понимания реального положения вещей - меньше требуется веры в истинность избранного пути действий.

Вероятность, как и все квантуемое и дискретное - свойство разума, свойство живого. Квантуется оно не столько даже по пространственной шкале, сколько по шкале времени. При отсутствии живого теряет смысл понятие цели, а, следовательно, говорить что-либо о прогнозе, то есть о предположительной вероятности развития событий в достижении данной цели, также смысла нет. Только живое, оперирующее с абстрагированными и дискретными величинами (информацией), способно на прогноз, а значит - на ошибку. Причина всего этого одна: живя в конкретном мире, планируем свои действия мы в абстрактном, являющемся нашим собственным отражением этого мира. Эти миры могут быть бесконечно близки по каким-то параметрам, но они не способны совпасть. По той же причине, все созданные и создаваемые системы, сколько бы мы не именовали их "искусственным интеллектом" на самом деле не обладают свойствами интеллекта - брать какие бы то ни было из природных связей объектов и явлений, и создавать из них абстрактные дискретные картины. То, что им дано - не более, чем развитие того, что раньше уже было сделано человеком, их создателем - и продолжено или углублено, в зависимости от задачи, какую этот создатель перед своим творением поставил.

ДАБ 1980...2021©

УДК 519.63:532.526.2

УРАВНЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ФОРМЕ ПУАССОНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ

Мгер Каджикович Мкртчян, инженер-конструктор 3 кат., АО ГНПП "Регион"

Предлагается новая запись уравнении энергии в форме Пуассона, полученная путем преобразования уравнения движения в условиях вязкой-сжимаемой среды. Уравнение является частью постановки задачи решения газового поля.

A new Poisson-shaped energy equation is proposed, which is obtained by transforming the equation of motion in a viscous-compressible medium. The equation is part of the gas field solution problem statement.

Ключевые слова: уравнение энергии, уравнение движения, ламинарное течение.

Keywords: energy equation, equation of motion, laminar flow.

Для определения газового поля в конструкциях ракетного двигателя необходимо корректное задание основных уравнений и граничных условий [1]. В качестве дополнительных уравнений к уравнению движения обычно добавляют уравнение энергии, которое предлагается записать в более универсальной форме: в виде уравнения Пуассона.

Запишем уравнение движения ламинарного течения, полученное в работе [2].

$$\rho\frac{\partial\vec{V}}{\partial t}+\rho\,\mathrm{grad}\left(\frac{\vec{V}^2}{2}\right)+\mathrm{grad}\left(p-\frac{4}{3}\mu\,\mathrm{div}(\vec{V})\right)=0.$$

Распишем уравнение в скалярном виде:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial u}{\partial t}+u\dfrac{\partial u}{\partial x}+v\dfrac{\partial u}{\partial y}=-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x}+\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}\right),\\ \dfrac{\partial v}{\partial t}+u\dfrac{\partial v}{\partial x}+v\dfrac{\partial v}{\partial y}=-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y}+\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right).\end{cases}$$

Домножим первое уравнение на $\frac{\partial}{\partial x}$, а второе на $\frac{\partial}{\partial y}$:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)+u\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)^2+v\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial v}{\partial x}\dfrac{\partial u}{\partial y}=-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial^2 p}{\partial x^2}+\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}\right),\\ \dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)+u\dfrac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial u}{\partial y}\dfrac{\partial v}{\partial x}+v\dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\left(\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)^2=-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial^2 p}{\partial y^2}+\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right).\end{cases}$$

Складываем оба уравнения и после несложных преобразований имеем:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)+u\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}\right)+\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+v\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+2\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}=$$

$$=-\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}\right)+\frac{4}{3}\frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^3 u}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 v}{\partial x^2\partial y}+\frac{\partial^3 u}{\partial x\partial y^2}+\frac{\partial^3 v}{\partial y^3}\right).$$

Выносим лапласиан давления и получаем:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}=-\rho*\left[\begin{array}{c}\dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}+\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)+u\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}\right)+\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\\ +v\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+2\dfrac{\partial u}{\partial y}\dfrac{\partial v}{\partial x}-\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial^3 u}{\partial x^3}+\dfrac{\partial^3 v}{\partial x^2\partial y}+\dfrac{\partial^3 u}{\partial x\partial y^2}+\dfrac{\partial^3 v}{\partial y^3}\right)\end{array}\right].$$

Преобразуем один член к такому виду:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right)=\frac{\partial}{\partial t}div(\vec{V}).$$

Дискретизируем и получим:

$$\frac{1}{\Delta t}\left(div(\vec{V})^{n+1}-div(\vec{V})^{n}\right),$$

где ***n+1*** и ***n*** последовательные шаги по времени.

Приравниваем к нулю $div(\vec{V})^{n+1}=0$, так как она рассчитывается в уравнении движения и тогда получается:

$$-\frac{1}{\Delta t}div(\vec{V})\ \text{или}\ -\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}\right),$$

и получим уравнение энергии в форме Пуассона ($\Delta p+\rho f(\vec{V})=0$):

$$\Delta p+\rho*\left[\begin{array}{c}-\dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}+\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)+u\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial x\partial y}\right)+\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)^2+\left(\dfrac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\\ +v\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\partial y}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)+2\dfrac{\partial u}{\partial y}\dfrac{\partial v}{\partial x}-\dfrac{4}{3}\dfrac{\mu}{\rho}\left(\dfrac{\partial^3 u}{\partial x^3}+\dfrac{\partial^3 v}{\partial x^2\partial y}+\dfrac{\partial^3 u}{\partial x\partial y^2}+\dfrac{\partial^3 v}{\partial y^3}\right)\end{array}\right]=0.$$

В результате анализа получены новые преобразования и запись в форме уравнения Пуассона.

Литература:

1. Кочетков Ю.М. Турбулентность. Пять теорем как инструмент глобального преобразования уравнений сохранения в целях разработки новых подходов к вычислительной газовой динамике / Кочетков Ю.М. // Двигатель. - 2019. - №4. - С. 20-22

2. Кочетков Ю.М. Турбулентность сверхзвуковых течений / Кочетков Ю.М. // Двигатель. - 2013. - №2. - С. 48-50

Связь с автором: mger_97@mail.ru

МАИ и ОДК-Климов договорились о сотрудничестве

Московский авиационный институт и АО "ОДК-Климов" (входит в Объединённую двигателестроительную корпорацию Госкорпорации Ростех) будут развивать взаимодействие по проектам создания новых двигателей ВК-650В и ВК-1600В, в сфере математического моделирования и целевого обучения студентов.

Обсуждение совместных программ сотрудничества состоялось в рамках визита в МАИ представителей ОДК-Климов. Речь шла о трудоустройстве выпускников МАИ в АО "ОДК-Климов", переподготовке работников предприятия, а также участии в конференциях.

ОДК-Климов активно сотрудничает с петербургскими образовательными организациями высшего образования. Работа велась эпизодически. Теперь она будет организована на системной основе.

В дополнение к уже выполняемым в настоящим момент работам по тематике нового двигателя ВК-1600В будет

рассмотрена возможность привлечения специалистов МАИ к оптимизации узла свободной турбины двигателя ВК-650В и выполнению НИР по математическому моделированию обтекания и потерь энергии в определённых узлах.

Для студентов третьего и более старших курсов института № 2 МАИ "Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки" будет организована презентация по привлечению молодёжи на практику и для трудоустройства выпускников в ОДК-Климов.

https://mail.yandex.ru/?win=35&clid=1858002&uid=1327040#message/176203335421250821

УДК 338.3

УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПАО "ОДК-КУЗНЕЦОВ"

ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева:
Игорь Исаакович Ицкович, к.т.н, доцент кафедры экономики, менеджмента и экономических информационных систем
Ольга Владимировна Камакина, к.э.н., доцент, зав. кафедрой экономики, менеджмента и экономических информационных систем

В статье представлена авторский подход к анализу экономического состояния кризисного дочернего предприятия ОДК, показан пример оценки избыточных расходов двигательного предприятия по данным открытой финансовой отчетности.
The article presents the author's method of analyzing the economic state of a crisis subsidiary of the UEC, shows an example of assessing the excess costs of a motor company based on the data of open financial statements
Ключевые слова: экономическая эффективность, рентабельность
Keywords: economic efficiency, profitability.

В данной статье на примере дочернего предприятия ПАО "ОДК-Кузнецов" рассматриваются управленческий и финансовый механизмы его кредитования, раскрытые в результате анализа ежегодной (обязательной для ПАО) финансовой отчетности.

Согласно Устава управляющей компании (УК) АО ОДК , ее главной задачей является безусловное выполнение гособоронзаказа по заданной номенклатуре продукции, а достижение экономической эффективности дочерних предприятий для УК не первостепенно. Управляющая компания АО ОДК выступает обязательным посредником ("Поставщиком услуг") при продаже продукции дочерних предприятий, за что берет около 17 процентов от суммы их ежегодной выручки (см. Отчет о движении денежных средств дочерней компании) и [1]. При этом, возникающие убытки дочерних предприятий им компенсируются новыми кредитами (и продажей их акций) , которые ,со временем, частично спишутся на госбюджет (на сокращение государственных социальных программ).

Экономические показатели по открытой финансовой отчетности ПАО "ОДК-Кузнецов", за рассматриваемые в статье четыре года (2017-2020 гг.), говорят о давнем экономическом кризисе (см. Таблицу):

- **рентабельность продукции всегда отрицательная** (минус 5-12 процентов);
- **чистые убытки** (из отчета о финансовых результатах) составляли от 2,8 до 3,3 млрд. рублей ежегодно;
- **убыток от продажи** продукции ежегодно составлял более 1 млрд. рублей (или порядка 10% от выручки).

Расчет показал, что предприятие ежегодно в два и более раз превышало нормальный отраслевой фонд заработной платы (за 4 года переплата составила порядка 14,7 млрд. рублей), а в 2018 и 2019 гг. экстремально переплатили *прочим поставщикам* порядка 4,8 млрд. рублей (с.11), убытки хозяйственной деятельности покрывали новыми кредитами - накопленная только за 2017-2020 гг. новая задолженность банку составила 25 млрд. руб. (с.18).

По мнению авторов данной статьи, такие тенденции стали возможными по следующим причинам:

♦ управляющая компания АО "ОДК" ориентирована, в основном, на сумму выручки дочернего предприятия для получения из нее 17% посреднических (агентских) за предоставляемые предприятию услуги[1], поэтому, убытки дочернего предприятия не влияют на выручку и прибыль управляющей компании;

♦ обязательное выполнение гособоронзаказа по номенклатуре, но без достижения минимально необходимой экономической эффективности предприятия, с годами для менеджмента стало нормой (основные причины: низкий объем заказов по сравнению с мощностями предприятия, высокие накладные расходы, неограниченное кредитование текущих расходов и т. п.).

В итоге, это привело к необходимости пересмотра экономической политики предприятия и замене в половине 2019 года его управляющего директора. В результате этой замены, только в 2020 году сумма превышения нормативного ФОТ и экстремальной оплаты поставщикам была уменьшена на 3,2 млрд. рублей по сравнению с предшествующим годом (Таблица, с.12).

Рассмотрим причины тяжелого финансового состояния этого предприятия по исходным данным его открытой финансовой отчетности

(см. Таблицу. Расчет выделен курсивом и красным цветом).

1. Отрицательная рентабельность продукции предприятия

Продукция гособоронзаказа должна (в соответствии с действующими нормативными документами о ценообразовании) всегда иметь положительную рентабельность 5-20%, а гражданская продукция имеет свободную рентабельность в зависимости от рыночной ситуации (даже отрицательную). Отрицательная рентабельность всей продукции данного предприятия означает проблему в приложении методики ценообразования на продукцию гособоронзаказа и избыточную себестоимость производимой гражданской продукции. Обе составляющие данной проблемы разрешимы и являются важными задачами для руководства предприятия.

2. Избыточный фонд оплаты труда

Согласно отраслевым статистическим нормам, нормальный фонд оплаты труда в производстве реактивных двигателей составляет 25% в полной себестоимости продукции предприятия (таблица, с. 7). Тогда, учитывая ежегодное изменение полной себестоимости продукции (по данным бухгалтерской отчетности), превышение ФОТ над нормальным составляло в от 2678 до 4248 млн. руб. в год (с.8), т.е. средняя списочная численность персонала была в 2 раза выше необходимой численности для такой себестоимости продукции предприятия. Наметившееся повышение выручки и себестоимости продукции данного предприятия приведет к увеличению нормативной численности персонала, т.е. сокращению его избыточной численности и экономии ФОТ.

Избыточная численность персонала оплачивалась за счет взятия банковских кредитов.

3. Экстремально (единовременно много) оплачено поставщикам предприятия

Оплата поставщикам предприятия разделяется на три группы:

- управляющей компании АО "ОДК", она получает агентские (в сумме 17% выручки предприятия);
- поставщикам материалов, энергии и т. п., эта сумма входит в себестоимость продукции предприятия;
- превышение нормы оплаты поставщикам, как частный экстремум доли оплаты поставщикам в полной себестоимости продукции.

Агентские отчисления для АО "ОДК" показаны в (с. 9.1.), они составили в сумме 8170 млн. руб. за 2017-2020 г.г. Расчет 17% основан на определении нами в [1] отношения выручки управляющей компании к консолидированной выручке всей государственной корпорации ОДК по данным открытой отчетности [2].

Остальные поставщики рассчитываются как разность "Поставщики - Агентские". Внутри ряда затрат на остальных поставщиков (с.9.2.) находятся экстремальные относительные затраты на остальных поставщиков (с.11), которые выше ежегодных данных анализируемого временного ряда. Долю превышения оцениваем сравнением с обычной нормой оплаты остальным поставщикам (с.11). Так, показатели финансовой отчетности ПАО "ОДК-Кузнецов" за 2018 и 2019 гг. характеризуются экстремально высокими значениями расходов на выплаты "остальным поставщикам" по сравнению с предыдущим и последующим периодами, за 2 года над текущим трендом периода составило 4828 млн. руб.(с.11).

4. Сумма превышения ФОТ и оплаты "остальным поставщикам"

Таблица. Расчет избыточных финансовых расходов ПАО "ОДК-Кузнецов", по данным открытой бухгалтерской отчетности (2017-2020 г.г.)

	Наименование показателя	Ед. изм.	2017	2018	2019	2020	Всего
1	Выручка	млн. руб.	9704	9593	13231	15540	48068
2	Убыток от продаж	млн. руб.	-1008	-1319	-629	-1453	-4409
3	Полная себестоимость (с.1-с.2)	млн. руб.	*10712*	*10912*	*13860*	*16993*	*52477*
4	Рентабельность продукции (с.2/с.3)		*- 0,094*	*- 0,120*	*- 0,045*	*- 0,085*	-
5	Фонд оплаты труда	млн. руб.	7092	6986	7035	6721	27834
6	ФОТ/Полная себестоимость	млн. руб.	*0,662*	*0,640*	*0,507*	*0,395*	-
7	Нормальный ФОТ (25% полной себестоимости)	млн. руб.	*2678*	*2728*	*3465*	*4248*	*13119*
8	Превышение ФОТ (с.5-с.7)	млн. руб.	*4414*	*4258*	*3570*	*2473*	*14715*
9	Уплачено поставщикам,в т.ч.:	млн. руб.	4954	6718	10280	8683	30635
9.1	- агентские (17% выручки)	млн. руб.	*1650*	*1630*	*2250*	*2640*	*8170*
9.2	- остальным поставщикам (за материалы и т.д.)	млн. руб.	*3304*	*5088*	*8030*	*6043*	*22465*
10	Доля остальных поставщиков в полной себестоимости	млн. руб.	*0,308*	*0,466*	*0,579*	*0,355*	
11	Превышение (ближайшей) нормы оплаты остальным поставщикам	Доля в структуре расходов (млн. руб.)	-	0,158 (1724)	0,224 (3104)	-	4828
12	Сумма превышения ФОТ и оплаты поставщикам (с.8 +с.11)	млн. руб.	*4414*	*5982*	*6674*	*2473*	*19543*
13	Чистые убытки в операционной деятельности (из отчета о фин. рез.)	млн. руб.	2797	3183	3013	3330	12323
14	Итого, суммарные убытки хоз. деятельности (с.12+с.13)	млн. руб.	*7211*	*9165*	*9687*	*5803*	*31866*
15	Получение кредитов и займов	млн. руб.	14746	8161	10336	105625	43805
16	Получено от выпуска акций	млн. руб.	2658	3396	5228	3226	14508
17	Погашено кредитов и займов	млн. руб.	10706	1149	702	6272	18829
18	Прирост долга (с .15- 17с.)	млн. руб.	*4040*	*7019*	*9634*	*4290*	*24976*
19	Справочно. Проценты к уплате	млн. руб.	1810	1785	2403	1945	7943
20	Остаток привлеченных средств (с.15.+с.16.-с.13-с.17)	млн. руб.	*-513*	*1243*	*5175*	*1713*	*7618*

Сумма (с.8 +с.11) позволяет оценить превышения расходов по данным Отчета о движении денежных средств. По нашей оценке сумма превышения за четыре года составила порядка 19,5 млрд. рублей (с.12).

5. Суммарные убытки финансово-хозяйственной деятельности предприятия, возмещаемые новыми кредитами и эмиссией акций

Сложив чистые убытки в операционной деятельности (с.13) с суммой превышения ФОТ и экстремальных значений оплаты "остальным поставщикам", получим (с.14) суммарные убытки, покрываемые за счет привлечения дополнительных финансовых ресурсов.

Суммарные убытки составили 31 866 млн. рублей за 4 года (с.14).

6. Получение дополнительных кредитов и прирост долга предприятия

Для покрытия текущих убытков предприятие дополнительно привлекло кредитов за период 2017-2020 гг. на сумму 43 805 млн. рублей, вычитаем возврат части долга (с.17), тогда прирост долга банку составил 24 976 млн. рублей [с. 18]. Прирост долга банку ухудшил финансовое положение предприятия в связи с оплатой процентов [с. 19] и проблемой возврата кредитов.

7. Эффективность привлечения предприятием внешних ресурсов

За четыре года из привлеченных предприятием финансовых средств менее 17% (с.20/ с.15) были вложены в развитие , а 83% привлеченных средств были истрачены на покрытие непроизводительных переплат ФОТ, чистых убытков хозяйственной деятельности (с.13) и экстремальных переплат поставщикам (с.11). Долг банку вырос на 24, 9 млрд. рублей с перспективой списания на госбюджет, когда-нибудь.

Вывод

Приведенный выше анализ открытых финансовых отчетов предприятия показал:

1) основными причинами убытков в операционной деятельности являются заниженные цены продажи (давление заказчиков) и закономерно повышенная предприятием полная себестоимость продукции (для увеличения выручки и прибыли от гособоронзаказа), а также постоянно высокие (для выручки 10 млрд. руб.) уплаченные проценты (порядка 2 млрд. руб. в год) по накопленным кредитам, т.е. возник замкнутый круг " убытки от продаж- кредиты- новые убытки от продаж - новые кредиты и т.д.";

2) убытки в финансовой деятельности (отчет о движении денежных средств) возникли в связи с отчислениями предприятием посреднических (агентских) управляющей компанией (ей уплачиваются 17% от выручки, т.е. в сумме это вторые управленческие накладные расходы предприятия), а также предприятием содержалась удвоенная (к нормальной) численность персонала, и временами возникали экстремальные выплаты поставщикам;

3) выпуск акций данным убыточным предприятием являлся всего лишь средством получения дополнительных финансовых ресурсов от управляющей компании, но не свидетельством его инвестиционной привлекательности;

4) списание нарастающего долга банку, при существующей финансовой схеме работы предприятия, возможно только в будущем за счет госбюджета, как и для других аналогичных предприятий;

5) выбранная финансовая схема работы данного предприятия является типовой для нехолдингов, когда доход (как посреднические) управляющей компании (здесь 17% агентские от выручки дочернего предприятия) не зависит от чистых убытков управляемого предприятия.

В целом, проблемы убыточности данного предприятия - это проблемы его экономического управления, в том числе:

- системные проблемы (агентские платежи в УК в размере 17 % от выручки посреднику всех продаж, привели к естественной потере интереса УК к рентабельности продукции и в целом убыткам своего дочернего предприятия);
- внутренние проблемы, как продолжение системных проблем, т.е. вхождение предприятия в замкнутый круг "убытки от продаж - новые краткосрочные кредиты - новые убытки от продаж...." под давлением посредника, заказчиков и поставщиков, но при неограниченном кредите и законодательной защите предприятия, находящегося в составе ОПК, от банкротства ;
- постоянное отсутствие у дочернего предприятия чистой прибыли создает условия для дальнейшего увеличения его долга за счет вынужденного взятия и долгосрочных (инвестиционных) кредитов на развитие производства, что дополнительно увеличивает процентную нагрузку предприятия.
- Не все предприятия ОДК отличаются убытками, есть и прибыльные ПАО "ОДК-УМПО", ПАО "ОДК-Сатурн" и другие, что доказывает важность внутреннего эффективного управления, несмотря на общие для всех предприятий системные проблемы.

В статье рассмотрена проблема убыточности дочернего предприятия ОДК и апробирован авторский подход (см. Таблица) расчета текущих (не инвестиционных) избыточных затрат по данным открытой бухгалтерской отчетности.

Литература

1. И.И. Ицкович, О.В. Камакина " УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО "ОДК", ж. ДВИГАТЕЛЬ, №4-6, 2020г.

2. Открытые годовые бухгалтерские отчеты ПАО "ОДК-Кузнецов" за 2017-2020 г.г. (сайт АО "ОДК-Кузнецов").

3. Дж. Пойа " Математика и правдоподобные рассуждения".М.,1975 г., 464 с.

4. Л.А.Бернстайн " Анализ финансовой отчетности. Теория, практика и интерпретация" М. :Финансы и статистика, 1996. - 624 с.

Связь с авторами: iitskovichi@yandex.ru
kamakina@mail.ru

УДК 623.436.5

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АМЕРИКАНСКИХ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Андрей Иванович Касьян, к.т.н., АО НПО "Мобильные Информационные Системы",
Игорь Александрович Нестеров, к.т.н., Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя

Описана история создания и принятия на вооружение современных крылатых ракет воздушного базирования американской разработки. Рассмотрены их оснащение, алгоритмы функционирования и процесс разработки полётных заданий.
The article deals with analysis of the process of creating and adopting modern USA airborne cruise missiles. Their equipment, algorithms of functioning and process of development of flight planes are considered.
Ключевые слова: ***крылатая ракета, боевая часть, полётное задание.***
Keywords: ***cruise missile, explosive charge, flight plan.***

Рис. 1 Крылатая ракета AGM-158

AGM-158

Американская ракета AGM-158 класса "воздух-земля" массой 1020 кг выполнена по схеме с раскрывающимся низкорасположенным крылом (размах 2,4 м). Ракета предназначена для поражения как стационарных, так и мобильных целей (комплексов ПВО, бункеров, больших зданий, легко бронированных и небольших сильно защищённых объектов, мостов) в простых и сложных метеоусловиях, ночью и днём. Разработчик -корпорация "Lockheed Martin Missiles" (в рамках программы JASSM - Joint Air to Surface Standoff Missile). Максимальная дальность пуска AGM-158A составляет 500 км, максимальная скорость на траектории соответствует числу M=0,85, а крейсерская - M = 0,65.

Первое лётное испытание ракеты по программе JASSM проведено в 2001 г. Носителями AGM-158A являются стратегические бомбардировщики B-52H (12 ракет), B-1B (24 ракеты), B-2 (16), истребители F-15E (3), а также тактические истребители F-16C/D (2), F/A-18 (2), F-35 (2, только на внешней подвеске).

Фюзеляж AGM-158 имеет трапециевидное сечение шириной 0,5 м с заострённым носовым обтекателем "лодочного" типа. В конструкции широко используются современные композиционные материалы на основе углеродных волокон. В хвостовой части ракеты установлен турбореактивный двигатель J402-CA-100 с усовершенствованным компрессором. В своё время этот двигатель тягой 294 кгс был разработан для противокорабельной ракеты "Гарпун". Донный W-образный воздухозаборник способствует снижению радиолокационной заметности ракеты. Боевая часть смонтирована в средней части ракеты, а носовой отсек используется для размещения элементов комбинированной системы управления и наведения, которая включает:

- инерциальную навигационную систему на лазерных гироскопах;
- глобальную космическую систему позиционирования GPS;
- рельефометрический навигационный канал с радиовысотомером;
- тепловизионную систему конечного наведения.

Для наведения ракеты на цель применяются алгоритмы корреляционного сравнения получаемого в ИК-диапазоне изображения обнаруженного объекта (области прицеливания) с имеющимися в памяти бортовой ЭВМ эталонными сигнатурами, что также позволяет автоматически выбирать оптимальную точку прицеливания. Сообщается, что тепловизионная система работоспособна как в простых, так и в сложных метеоусловиях. Подготовка полётного задания для ракеты AGM-158A производится специалистами авиационной эскадрильи самолётов-носителей.

В зависимости от типа цели ракета снаряжается кассетной или унитарной боевой частью (БЧ). В настоящее время на ракете устанавливается бетонобойная БЧ типа J-1000 с корпусом из стального сплава с добавкой вольфрама. Масса взрывчатого вещества - 109 кг. БЧ J-1000 при скорости 300 м/с способна проникать в грунт средней плотности на глубину 6...24 м и пробивать железобетонные плиты толщиной до 2 м.

С середины 2008 г. на вооружение ВВС США поступает модернизированный в рамках программы JASSM-ER образец управляемой ракеты - AGM-158B с максимальной дальностью пуска по-

рядка 1000 км, который выполнен с сохранением массогабаритных показателей (стартовой массы и массы боевой части)прототипа -AGM-158A. При этом оптимизирована компоновка ракеты, а также установлен более экономичный двухконтурный турбореактивный двигатель вместо прежнего одноконтурного. Уровень унификации основных элементов AGM-158A и AGM-158B оценивается более чем в 80 %. Ракета оснащается инерциальной системой наведения со спутниковой коррекцией, на конечном участке траектории она "донаводится" с помощью тепловизионной ГСН с автоматическим распознаванием цели.

Следует отметить, что при пуске ракеты на большую дальность возникает проблема обмена информацией между ракетой и пунктом управления. Информация необходима, в частности, для определения факта попадания ракеты в цель, а в будущем и для перенацеливания в полёте. Ракета получила передатчик мощностью 25 Вт типа BIA (Bomb Impact Assessment) и антенное устройство, обеспечивающие передачу данных на стратегический разведчик RC-135V/W со скоростью до 9600 бит/с.

Рис. 2 Крылатые ракеты AGM-158C LRASM под крылом F/A-18

Дальнейшее развитие AGM-158 предусматривает поэтапное наращивание её боевой эффективности путём использования более современных технологий и применения новых конструктивных решений, позволяющих поражать мобильные наземные и надводные цели без применения дорогостоящих систем самонаведения, а также производить перенацеливание ракеты в полёте. Данные задачи будут решаться благодаря обмену информацией через объединённую сеть передачи данных бортовой системы наведения ракеты, самолёта-носителя и самолётов-разведчиков под управлением ударной системы "Джистарс".

Боевое применение ракеты типа AGM-158 было отмечено в Сирии. По данным Минобороны России, список атакованных американцами целей был весьма широк, а эффективность удара оказалась заметно ниже заявленной американской стороной. Так, в перечень атакованных целей (различными типами ракет), представленный отечественным военным ведомством, вошли: аэродром Дували - сообщается об уничтожении средствами ПВО всех 4 ракет из 4 выпущенных по этой цели, аэродром Думейр - сбито 12 из 12, аэродром Блей - сбито 18 из 18 запущенных ракет, аэродром Шайрат - сбиты 12 из 12 ракет, аэродром Т-4 - сбиты обе запущенные ракеты, аэродром Мезze (неиспользуемый) - уничтожены 5 из 9 ракет. ПВО аэродрома Хомс сбило 13 ракет из16 (сильных разрушений нет), и, наконец, объекты в населённых пунктах Барзе и Джерамани были атакованы 30 ракетами, 5 из которых были сбиты. Низкий процент перехвата объясняется тем, что объекты в этих населённых пунктах не использовались, и их ПВО была относительно слабой. Итого сирийские силы ПВО претендуют на 71 сбитую цель.

AGM-158C LRASM

Американская противокорабельная крылатая ракета (ПКР) большой дальности (Long Range Anti-Ship Missile, LRASM) в августе 2015 г. получила официальное обозначение AGM-158C. Первоначально под этой аббревиатурой скрывались два варианта ракеты: LRASM-A - дозвуковая противокорабельная ракета на базе AGM-158 JASSM-ER и LRASM-B - сверхзвуковая ракета, концептуально близкая к советской ПКР "Гранит". Однако технологические риски при разработке сверхзвуковой ракеты посчитали слишком высокими и работы над ней прекратили. Первые испытания ракета прошла в 2013 г. В качестве носителей ракеты AGM-158C LRASM названы стратегический бомбардировщик B-1B (24 ракеты), а также тактические истребители F/A-18 (4) и F-35C (2). Ожидается, что в ближайшем будущем список носителей LRASM пополнится ещё двумя-тремя самолётами. На завершение всех работ потребуется не менее нескольких лет - они будут продолжаться до 2024 г.

Ракета AGM-158C LRASM имеет длину около 4,3 м, массу 1100 кг, включая БЧ массой 454 кг. Устройство бинарной высокоэнергетической фрагментированной БЧ обеспечивает детонацию основного заряда во внутренних отсеках корабля. Максимальная дальность пуска ракеты - 1000 км. Реализованы несколько схем поиска цели (движение "змейкой", спиралью и т.п.). Для преодоления системы ПВО/ПРО ракета может выполнять так называемый манёвр "морского скольжения" (Sea Skimming). На конечном участке траектории полёта цель отслеживается электронно-оптическими и пассивным радиочастотным датчиками.

Бортовой компьютер содержит набор эталонных изображений целей. Для компенсации возможных ошибок наведения используется не одно изображение корабля, а несколько эталонов, сформированных с учётом величины ошибки наведения. В случае пуска нескольких ракет предусмотрен независимый поиск и обмен информацией между ракетами с целью передачи друг другу координат обнаруженной цели.

Дополнительным преимуществом противокорабельной ракеты AGM-158C считается её лучшая защищённость от средств обнаружения ПВО/ПРО, что связано с уменьшенным уровнем электромагнитного и инфракрасного излучения. Силовая установки ракеты представлена турбовентиляторным двигателем Williams International F107-WR-105.

AGM-154C-1 JSOW-ER

Семейство управляемых бомб AGM-154 JSOW(Joint Stand off Weapon - единое "останавливающее" оружие) серийно про-

Рис. 3 Первый прототип управляемой ракеты Raytheon JSOW-ER

изводится в США с 1999 г. ВВС закупили 523 бомбы AGM-154AJSOW с кассетной боевой частью, но с 2004 г. они вышли из программы. В то же время бомбы семейства JSOW остались в числе основных видов авиационного высокоточного оружия авиации ВМС и Корпуса морской пехоты США, они активно поставлялись американским союзникам. Планирующая бомба JSOW обладает максимальной дальностью полёта 116 км при сбрасывании с больших высот и 22 км - с малых высот.

В 2004 г. фирма Raytheon приступила к разработке управляемой крылатой ракеты, получившей наименование JSOW-ER, а в 2008 г. начались лётные испытания её опытных образцов. В 2017 и 2018 гг. ВМС США заключили два контракта с Raytheon на проведение демонстрационных испытаний JSOW-ER и по их результатам был заключён контракт на полномасштабную разработку ракеты.

Рис. 4 Бомбардировщик B-52H с макетом ракеты AGM-183A под крылом

JSOW-ER оснащена компактным турбореактивным двигателем Hamilton Sundstrand TJ-150, который обеспечивает ракете дальность полёта до 250 морских миль (463 км), но в планах Raytheon доведение дальности до 300 морских миль (556 км). JSOW-ER сохранила основные массогабаритные характеристики серийной бомбы (длина 4,06 м, масса 468 кг), но для размещения двигателя и топлива масса проникающей боеголовки уменьшена.

Система наведения JSOW-ER заимствована у планирующей бомбы AGM-154C-1, она включает спутниковую инерционную систему, тепловизионную головку конечного наведения, а также оборудование двусторонней передачи данных Rockwell Collins Tac Net 1.0, позволяющее осуществлять перенацеливание в полёте, а также наведение на подвижные цели.

Важнейшим отличием JSOW-ER от ракет семейства Lockheed Martin AGM-158 JASSM считаются существенно меньшая масса и габариты, что обеспечивает возможность подвески во внутренних отсеках новейших истребителей F-35 (самолёт получит две ракеты). В ВМС и Корпусе морской пехоты США носителями JSOW-ER должны стать истребители и штурмовики F/A-18.

По сообщениям американских СМИ, ВМС США в феврале 2019 г. заключили контракт с компанией Raytheon на завершающий этап создания крылатых ракет JSOW-ER, которые должны поступить на вооружение "не позднее 2023 финансового года".

AGM-183A ARRW

Разработка изделия AGM-183A стартовала 13 августа 2018 г., когда корпорация Lockheed Martin Missile sand Fire Control получила контракт стоимостью $480 млн на создание новой аэробаллистической ракеты для ВВС. Проект получил наименование Air-Launched Rapid Response Weapon - "Оружие быстрого реагирования воздушного базирования", сокращённо ARRW. На работы по ARRW по плану отводилось чуть более трёх лет. Серийные изделия AGM-183A должны были поступить на вооружение до конца 2021 г., однако впоследствии сроки неоднократно переносились "вправо".

Из официальных источников известно, что в июне 2019 г. состоялся первый полёт макетного образца ракеты ARRW на самолёте-носителе B-52H. Официальный пресс-релиз сопровождался фотоматериалами. Утверждалось, что макетный образец AGM-183A имеет габариты и массу, соответствующие будущему боевому изделию. Он получил часть систем управления, остальные агрегаты были заменены имитаторами. Сброс макетного образца не выполнялся. Целью испытаний была проверка поведения ракеты на внешней подвеске.

AGM-183A представляет собой аэробаллистическую ракету с отделяемой боевой частью, цилиндрическим корпусом, коническим головным обтекателем и складными стабилизаторами в хвосте. В качестве головной части намечается использовать планирующий боевой блок Tactical Boost Glide, разрабатываемый DARPA. Разгон блока до требуемых скоростей обеспечивается твердотопливным двигателем ракеты. По разным оценкам, ракета имеет длину 6...6,5 м при диаметре корпуса около 1 м и стартовой массе 2 т. Сообщалось о том, что дальность пуска составляет 800 км при баллистическом профиле полёта.

Ракета AGM-183A будет оснащена инерциальной и спутниковой навигационной системами, обеспечивающими её полёт по заданной траектории. Ранее сообщалось, что боевой блок TBG может развивать скорость до M = 20 с маневрированием на нисходящей части траектории перед поражением цели и будет способен нести ядерную или обычную боевую часть.

Необходимо отметить, что запуск "обычного" боевого блока по баллистической траектории на дальность до 800 км в настоящее время не гарантирует прорыва ПВО и ПРО противника. Ожидается, что изделие TBG, обладая всеми преимуществами гиперзвукового оружия, сможет эффективно проходить через любые системы обороны. Высокая скорость сократит допустимое время реакции ПВО и ПРО, а способность маневрирования затруднит перехват.

В декабре 2019 г. минобороны США выдало корпорации Lockheed Martin Missile sand Fire Control новый контракт на полномасштабную разработку, испытания и подготовку к серийному производству ракеты AGM-183A ARRW. Стоимость контракта $988,832 млн. По плану работы должны были завершиться к 31 декабря 2022 г.

19 марта 2020 г. ВВС США провели второй испытательный полёт с макетом гиперзвуковой ракеты AGM-183A, а 8 августа 2020 г. - третий. Затем последовали полёты 23, 29 октября и 19 декабря 2020 г.

В июне 2020 г.были оглашены планы ВВС США со сроками проведения практических пусков AGM-183A. Для проведения лётных испытаний заказаны восемь опытных образцов ракеты ARRW, причём четыре пуска планируется произвести в 2021 г. и четыре - в 2022 г. Начало поступления ракеты на вооружение вновь было перенесено, теперь уже на 2023 г. Ранее, впрочем, сообщалось об отставании работ DARPA по блоку TBG от графика примерно на год.

Литература

1. Испытания гиперзвуковой ракеты AGM-183AARRW на бомбардировщике B-52H. Авиационные системы. Экспресс-информация 2021/1/ М.: ГосНИИАС

2. Контракты ВВС на поставку ракет LRASM. Авиационные системы. Экспресс-информация 2021/6/ М.: ГосНИИАС

Связь с авторами: bearam08@40mail.ru

ИСТОРИЯ АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКИ В ГОРОДЕ НА НЕВЕ

Виталий Владиславович Лебедев, Председатель Секции истории авиации и космонавтики СПбФ ИИЕТ РАН

В 2021-м году мы отмечаем уже 60 лет, как Ю.А. Гагарин позвал всех нас в Космос. Но чтобы совершить этот технологический скачок в бескрайнее будущее, человечеству пришлось пройти с конца XVIII в. большой путь длиною в век: От первых воздушных шаров, паривших в волнах воздушного океана, до дирижаблей и аэропланов, способных летать куда угодно и как угодно. Пророческими стали слова русского учёного-аэродинамика, профессора Н.Е. Жуковского: "Человек полетит, опираясь не на силу своих мускулов, а на силу своего разума".

Россия всегда, заботилась не только о своих мускулах, но и развивала науки и технологии, которые привели нас сегодня к одной из развитых аэрокосмических держав. Более 100 лет назад, в 1908 г., мы официально вступили на путь развития авиации, когда в воздух поднялись первые русские пилоты и аэропланы, когда в Петербурге был создан Всероссийский Аэро-Клуб (с 1909 г. - Императорский (ИВАК)). Затем были первый в мире многомоторный самолёт "Илья Муромец", петля Нестерова и победа над штопором, самолёты-гиганты АНТ-25, Ан-22, "Руслан" и "Мрия", перелёты через Северный полюс и победа в Великой Отечественной войне, первые серийные пассажирские реактивные Ту-104 и сверхзвуковой Ту-144, первый спутник и, наконец, первый человек в космосе. А сколько ещё пионерских страниц мировой истории покорения Пятого океана были перевёрнуты нашей страной! История распорядилась так, что многие эти страницы были написаны в городе на Неве.

Сегодня хранителями этой истории являются не только архивы и музеи, но и многие историки и популяризаторы Аэрокосмонавтики, значительная отечественная часть которых сосредоточена ныне в петербургской Секции истории авиации и космонавтики, где продолжают дело начатое "крылатыми" предками, занимаясь Историей Воздухоплавания, Авиации и Космонавтики (ИВАК: www.ivak.spb.ru).

16 апреля 2021 г. Секции "История авиации и космонавтики" Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники Российской Академии наук (СПбФ ИИЕТ РАН) исполнилось 63(!) года. Это старейшее в нашей стране научно-историческое сообщество учёных, под крылом которого ныне концентрируются учёные не только нашей страны, но и со всего мира.

Ярким показателем этой большой работы являются многочисленные труды историков аэрокосмонавтики на сайте секции, а также доклады на Международной научной годичной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники Российской академии наук, где уже многие годы драйвером научных исследований является Секция "История авиации и космонавтики". В последние годы с её высокой научной трибуны прозвучали отчёты исторических исследований учёных не только Петербурга и Москвы, но и Самары, Смоленска, Симферополя, Ульяновска, Тулы, Новокузнецка, Арсеньева, а также Парижа (Франция), Лондона (Великобритания), Чаньчун (Китай), Каунаса, Вильнюса (Литва), Рига (Латвия), Киева (Украина) и др.

Вот и в этом году, когда мы отмечаем не только 60 лет полёта Ю.А. Гагарина, но и 165 лет со дня рождения основателя военного воздухоплавания России А.М. Кованько, 110-летние юбилеи первого отечественного междугороднего перелёта С.-Петербург-Москва, введения врачебно-лётной экспертизы, первой в России радиопередачи с самолёта на землю, открытия в С.-Петербурге при Политехническом институте Теоретических курсов авиации им. В.В. Захарова, и т.д. и т.п. Да много ещё аэрокосмических событий за прошедшие века прошло в стране и в мире, о которых стоит вспомнить и рассказать.

И такая возможность будет у вас на очередной конференции СПбРАН, которая состоится 25-29 октября сего года. В этом году она называется "Наука и техника в годы бурь и потрясений" и будет проходить под сенью 175-летних юбилеев со дня рождения двух выдающихся российских учёных: геолога и горного инженера, первого выборного президента Российской академии наук (1917) Александра Петровича Карпинского (1846-1936) и зоолога, эволюциониста, географа, историка науки, президента Русского географического общества, академика Льва Семёновича Берга (1876-1950).

Несмотря на то, что они не имеют прямого отношения к покорению небесных и космических пространств, тем ни менее эти юбилейные даты позволяют обратиться к исследованию широкого круга вопросов истории науки и техники в особо сложных исторических условиях, в годы бурь и потрясений, в переломные моменты нашей истории. В XX веке авангардом этой истории были чувства и потрясения, которые мы ощущали при покорении Пятого океана и космического пространства.

На нашей Секции "История авиации и космонавтики" предлагаем Вам вспомнить о самых важных событиях в истории воздухоплавания, авиации и космонавтики. А также о людях их сотворивших, деяния которых внесли решающий вклад в освоении Неба и Космоса. Мы ждём ваших открытий, сообщений о ещё ранее неизвестных фактах нашей истории, и введению их в научный оборот на благо всех нас.

Ждём ваши заявки и тезисы докладов до 14 июня 2021 г. на Секцию "История авиации и космонавтики"

Связь с автором: lebed2000@mail.ru

УДК 621.4

ЗАРУБЕЖНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ ТУРБОВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВЫХ САМОЛЁТОВ

(ПРОДОЛЖЕНИЕ. НАЧАЛО В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ" №130-132)

ГЛАВЫ ИЗ КНИГИ ПРОФЕССОРА В.А. ЗРЕЛОВА

ФГАОУВО "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва":
Владимир Андреевич Зрелов, д.т.н., профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов.

Проанализировано развитие зарубежных турбовентиляторных двигателей для сверхзвукового полёта. Основу разработок составляли научно-технический задел и проверенные в эксплуатации конструкторско-технологические решения. Основные усилия разработчиков направлены на применение новых материалов и технологий, уменьшение количества деталей, снижение удельной массы, повышение эксплуатационной технологичности и ремонтопригодности двигателей, уменьшение объёма сопроводительной документации.

The development of foreign turbofan engines for supersonic flight is analyzed. The basis of the development was the scientific and technical reserve and proven design and technological solutions. The main efforts of the developers are focused on the use of new materials and technologies, reducing the number of parts, reducing the specific weight, increasing the operational adaptability and maintainability of engines, reducing the volume of accompanying documentation.

Ключевые слова: ***Реактивные самолёты, газотурбинные двигатели, двухконтурные двигатели, ретроспектива.***
Keywords: ***Jet aircraft, gas turbine engines, dual-circuit engines, development retrospective.***

В современной сверхзвуковой военной авиации в основном применяются турбовентиляторные двухконтурные двигатели с форсажной камерой (ТРДДФ). Эти двигатели характеризуются небольшой степенью двухконтурности (m = 0,25 – 2,1), обеспечивающей высокие тяговые характеристики на форсажных режимах при сверхзвуковом полёте и удовлетворительную топливную эффективность на дозвуковой скорости полёта; предельно высоким значением температуры газа перед турбиной (Тг > 1900 К) и высоким значением суммарной степени повышения давления ($p_{кS}$ > 35).

В них применяются высоконагруженные, с малым количеством ступеней компрессоры с регулируемыми направляющими аппаратами, малоэмиссионными камерами сгорания, эффективными охлаждаемыми одно- или двухступенчатыми турбинами, двухроторнной (с противоположного вращения двухопорными роторами высокого давления и трёхопорными роторами низкого давления) и трёхроторной (с двухопорными роторами высокого и среднего давления и трёхопорными роторами низкого давления) конструктивной схемы.

В современные ТРДДФ применяются форсажные камеры сгорания со смешением газового и воздушного потоков; регулируемые с управляемым вектором тяги реактивные сопла; высокоэффективные цифровые системы управления, контроля и диагностики двигателя.

Применение передовых методов расчёта в сочетанием с оптимальными конструкторско-технологическими решениями и прогрессивными материалами, обеспечивает чрезвычайно малую удельную массу двигателей (до 0,01 кг/Н) при высокой надёжности и простоте эксплуатации.

Можно утверждать, что современные ТРДДФ являются образцами самых передовых и перспективных достижений инженерной науки и техники.

Актуальным является анализ конструктивно-технологических решений, тенденций развития основных параметров и области применения авиационных двигателей, который представлен на примере развития зарубежных ТРДДФ.

В книге описывается деятельность General Electric и Pratt & Whitney (США), Rolls-Royce (Великобритания), SNECMA (Франция), а также ряда других зарубежных компаний в области создания авиационных ТРДДФ военного назначения.

Построены линии трендов изменения основных параметров этих двигателей и представлены некоторые их перспективные конструктивные схемы.

Результаты предлагаемого исследования могут быть полезны студентам, курсантам, аспирантам и преподавателям ВУЗов, инженерно-техническим работникам, а также широкому кругу читателей, интересующимися авиационной техникой.

Принятые условные обозначения основных параметров двигателя:

Тяга статическая на режиме форсажа (Мп=0, Нп=0)	$P_ф$
Удельный расход топлива на режиме форсажа (Мп=0, Нп=0)	$C_{уд.ф}$
Тяга статическая на максимальном режиме (Мп=0, Нп=0)	$P_{взл.}$
Удельный расход топлива на максимальном режиме	$C_{уд.взл.}$
Удельный расход топлива на крейсерском режиме	$C_{уд.кр}$
Расход воздуха на максимальном режиме	$G_в$
Температура газа перед турбиной на максимальном режиме	$T_г$
Степень двухконтурности	m
Суммарная степень повышения полного давления в компрессоре	$\pi_{к\Sigma}$
Степень повышения давления в вентиляторе	$\pi_в$
Частота вращения ротора, об/мин	n
Масса двигателя	$M_{дв}$
Длина	$L_{дв}$
Диаметр	$D_{дв}$

1.3.7. F101-GE-102

Для удовлетворения более жёстких эксплуатационных требований фирма General Electric и ВВС в 1976 г. начали программу развития F101-GE-102 (рисунок 1.42) [18, 21, 22]. С 1977 по 1978 гг. двигатель проходил демонстрационные испытания. Программа продолжалась до 1981 г. с целью увеличенния надёжности элементов двигателя и снижения затрат на эксплуатацию при сохранении характеристик исходного двигателя F101-GE-100.

Двигатель F101-GE-102 был снабжён новым нерегулируемым воздухозаборником со стабилизированными скачками уплотнения, в которых исключены сложные элементы регулирования и имеется искривленный входной канал для уменьшения ЭПР самолёта во фронтальной плоскости. Это потребовало внести некоторые изменения в конструкцию переднего корпуса двига-

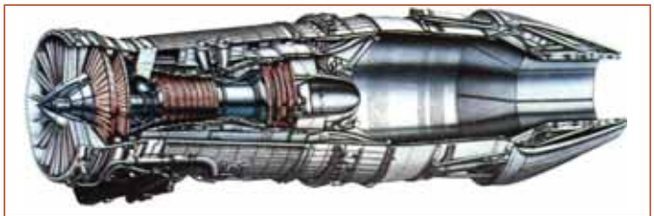


Рисунок 1.42 - Конструктивная схема ТРДДФ F101-GE-102

теля и узел вентилятора.

Использование радиопоглощающих материалов в конструкции B-1B в сравнении с B-1A было увеличено на 85%.

Изменена также конструкция гондол. На рисунке 1.43 показана схема воздухозаборников двигателей самолётов B-1A и B-1B. Конструкция реактивного сопла полностью изменена и упрощена. Турбулентность воздушного потока за стыком крыла с изменяемой стреловидностью и пространством между соседними соплами порождала пульсации давления, приводившие к вибрации сопла. Для решения этой проблемы длина его наружных створок была уменьшена с 1190 мм до ~ 890 мм, а толщина увеличена.

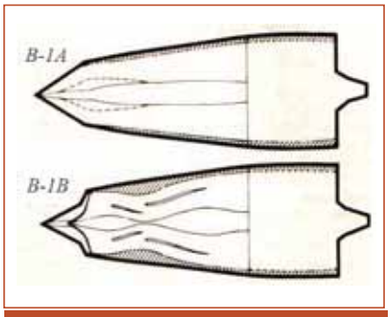


Рисунок 1.43 - Конфигурация воздухозаборников двигателей самолётов B-1A и B-1B

Модификация F101-GE-102 для первого самолёта варианта B-1B, который был построен в 1984 г. и был передан в ВВС в 1985 г., была создана в 1983 г.

Этот ТРДДФ оптимизирован для работы при M=0,8 на малой высоте. Для автономного запуска двигателей использовались две бортовые ВСУ фирмы Garrett AiResearch мощностью по 294,2 кВт (400 л.с.), обеспечивающие также привод аварийного электрогенератора. Воздухозаборники нерегулируемые, с изогнутыми воздушными каналами и S-образными перегородками, экранизирующими вентиляторы двигателей для уменьшения радиолокационной заметности самолёта.

Для быстрого запуска двигателей в нише носовой опоры шасси установлена кнопка единого запуска.

Модификация F101-GE-102 представляет собой двухроторный ТРДДФ со степенью двухконтурности около двух (рисунок 1.44). Основными критериями конструкции были долговечность и работоспособность при сохранении высокой температуры турбины.

Элементы конструкцииТРДДФ F101-GE-102 и их отличие отF101-GE-100 [19, 21, 25]:

Вентилятор - двухступенчатый. Изменена крутка передней и задней кромок рабочих лопаток первой ступени и сокращено число лопаток ВНА с 20 до 17. Лопатки ВНА и рабочие лопатки вентилятора заменяются индивидуально. Корпус вентилятора выполнен с продольным разъёмом.

Компрессор осевой, девятиступенчатый. Лопатки ВНА и НА первых трёх ступеней поворотные и могут заменяться индивидуально. Ротор стальной, барабанно-дискового типа, изготовлен с применением сварки трением. Диски из никелевого сплава DA-718. Корпус компрессора с продольным разъёмом, передняя секция корпуса литая из титана, задняя - из стали.

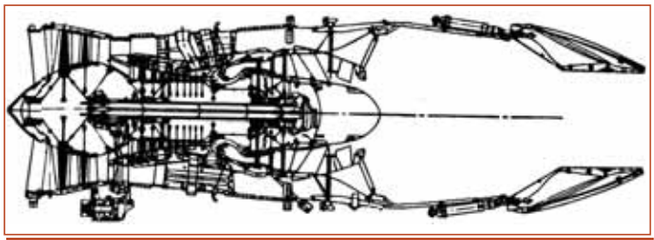


Рисунок 1.44 - Конструктивная схема ТРДДФ F101-GE-102

Камера сгорания кольцевая, короткая. Смесеобразующее устройство, с непосредственным впрыском топлива. Внешняя стенка жаровой трубы состоит из трёх сварных кольцевых секций, изготовленных раскаткой из никелевого сплава. Секции подвергаются электроэрозионной и механической обработке для придания им окончательной формы. Охлаждающие отверстия выполнены лазерным сверлением. В отличие от двигателя F101-GE-100 осуществлена тепловая защита камеры. Корпус камеры сгорания выполнен из раскатанных кольцевых секций.

Турбина компрессора одноступенчатая, высоко нагруженная. Рабочие и сопловые лопатки полые, с конвективно-плёночным охлаждением. Отверстия плёночного охлаждения диаметром 0,254 - 0,875 мм в рабочих и сопловых лопатках выполнены лазерным сверлением. Рабочие лопатки изготовлены из усовершенствованного никелевого сплава DSR8011 с направленной кристаллизацией. Организация плёночного охлаждения позволила снизить температуру в зоне выходной кромки рабочих лопаток примерно на 110°C. Температура газа перед турбиной на взлётном режиме снижена на 33°C по сравнению с двигателем F101-GE-100. Этот запас позволяет увеличить взлётную тягу на 4% без ухудшения долговечности. Диски изготовлены из никелевого сплава DA-718, а в двигателях третьей партии (начиная с сорок второго) вновь применён порошковый никелевый сплав Rene 95. Кожух турбины состоит из сегментов и охлаждается для управления радиальными зазорами. Межремонтный ресурс, согласно требованиям ВВС США, составлял 3000 ч.

Турбина вентилятора - двухступенчатая, неохлаждаемая. Рабочие лопатки первой ступени изготовлены из усовершенствованного никелевого сплава DSR8011 с направленной кристаллизацией. Рабочие лопатки с бандажными полками и заменяются индивидуально, сопловые лопатки второй ступени - сегментными группами.

Форсажная камера - общая, со смешением потоков наружного и внутреннего контуров. Смеситель потоков лепесткового типа. Смешение происходит в сечении расположения стабилизаторов пламени. Воспламенение топлива начинается с внутреннего кольца стабилизаторов пламени. Наличие радиальных стабилизаторов в потоке внутреннего контура улучшает запуск камеры и устойчивость горения в высотных условиях. Обеспечивается плавное и непрерывное возрастание температуры во всем диапазоне увеличения степени форсирования.

По сравнению с двигателем F101-GE-100 в форсажной камере двигателя F101-GE-102 устранены низкочастотные пульсации давления, возникавшие в результате неоптимального смесеобразования в наружном и внутреннем контурах. Эта проблема была решена путём перераспределения топлива и установкой за распылителями смесителей топлива и воздуха.

Реактивное сопло сверхзвуковое, регулируемое. Оно состоит из двенадцати перекрывающихся створок без уплотнений. Сопло двигателя F101-GE-100 имело 8 створок с уплотнениями. Уплотнения преждевременно изнашивались и требовали более частого технического обслуживания. Число деталей сопла сокращено, что позволило уменьшить его массу на 38,5 кг. Для управления соплом используются шесть силовых приводов вместо восьми для сопла ТРДДФ F101-GE-100. Сопло рассчитано на большую долговечность.

Система управления гидромеханическая с электронным корректором. В отличие от двигателя F101-GE-100 введено устройство, контролирующее перемещение РУД, так как РУДы четырёх двигателей бомбардировщика B-1A автоматически перемещались более часто, чем предполагалось при полётах па малой высоте над различными рельефами местности.

Эксплуатационная технологичность. Для обеспечения высокой степени эксплуатационной готовности стратегического бом-

бардировщика предусмотрена возможность использования системы централизованного комплексного контроля, позволяющей периодически проверять техническое состояние двигателя и определять тенденции изменения его параметров.

Этапы развития двигателя F101:

Июнь 1970 г. Выдача заказа ВВС США на разработку двигателя F101-GE-100.

Апрель 1972 г. Испытание первого двигателя F101-GE-100.

1973 г. Предлётное испытание двигателя F101-GE-100.

Декабрь 1974 г. Первый полёт бомбардировщика B-1 с ТРДДФ F101-GE-100.

Август 1970 г. Завершение испытании двигателя F101-GE-100 по программе "Проверка изделия". Начало непрерывной технической доводки (CED) двигателя F101-GE-100.

Ноябрь 1976 г. Разрешение на производство бомбардировщика B-1. Выдача заказа на производство ТРДДФ F101-GE-100.

Июнь 1977 г. Приостановка производства бомбардировщика B-1.

Март 1981 г. Завершение непрерывной технической доводки двигателя F101-GE-100.

Апрель 1981 г. Завершение программы лётных испытаний бомбардировщика B-1B.

Октябрь 1981 г. Рекомендация президента США о производстве бомбардировщика B-1B. Начало доводки ТРДДФ F101-GE-102 по полной программе (FSD).

Февраль 1982 г. Выдача заказа на выполнение доводки двигателя F101-GE-102 по полной программе.

Апрель 1982 г. Получение заказа на производство ТРДДФ F101-GE-102.

Лето 1983 г. Завершение 150-часовых испытаний на высотном стенде.

Сентябрь 1983 г. Завершение доводки двигателя F101-GE-102 по полной программе. Поставка первого серийного двигателя F101-GE-102.

С самого начала программа F101 была ориентирована на технологию, которая снижала воздействие выхлопных газов и шума и улучшала топливную экономичность. Двигатель малодымный, общее количество выбрасываемых в атмосферу веществ из него значительно меньше, чем у других реактивных двигателей. Вследствие достаточно высокой степени двухконтурности он имеет относительно слабое инфракрасное излучение. Уровень шума двигателя F101 на неформированном режиме сравним с уровнем шума двигателей гражданских самолётов.

Также были усовершенствованы многие технологические процессы изготовления двигателя. В производстве деталей использовалась штамповка, литье корпусных деталей. прокатка кольцевых секций и лазерное сверление.

В 1982 г. фирма General Electric выполнила лазерным сверлением около 4 млн. охлаждающих отверстий в турбинных лопатках. К середине 80-х годов это число достигло 25 - 30 млн. отверстий в год. Основное преимущество данного способа заключается в его большой гибкости, быстроте и чистоте обработки по сравнению с электроэрозионным способом или сверлением электронным лучом.

Таблица 13 - Основные параметры самолётов Rockwell B-1A и B-1B [18, 19, 23]

Разработчик	North American Rockwell	
Самолёт	B-1A	B-1B
Первый полёт, г.	1974	1980
Изготовлено, шт.	4	100
Масса пустого, кг.	64860	87090
Максимальная взлётная масса, кг.	176800	216365
Масса боевой нагрузки, кг.	34020	60700
Силовая установка	4хТРДДФ General Electric F101-GE-100	4хТРДДФ General Electric F101-GE-102
Максимальная скорость км/ч.	2300	1328
Дальность, км	9817	12000
Потолок, м.	18900	18290

Первый серийный двигатель F101-GE-102 был поставлен ВВС в начале октября 1983 г. Фирма General Electric и командование авиационных систем оружия ВВС США затратили на его исследования, разработку, испытания и производство более 13 лет (включая работы по исходному варианту F101-GE-100). Для 100 бомбардировщиков B-1B было изготовлено 469 двигателей, закупка которых была завершена в декабре 1987 г.

Руководитель программы разработки двигателя F101 отметил, что фирма General Electric выполнила обязательства перед ВВС США по указанному двигателю и внесла существенный вклад в создание бомбардировщика B-1B в установленные сроки без превышения бюджетных ассигнований. Основная причина этого связана с использованием программы ускоренных испытаний AMT (Accelerated Mission Test), предусматривавшей испытания в условиях, максимально приближенных к реальным.

Испытания по программе AMT были проведены в объёме, соответствующем 10 годам эксплуатации самолёта B-1B. Наработка двигателя составила около 800 ч, из них более половины - на максимальном режиме. Число включений форсажной камеры составляло 4713, число полных "термических циклов" работы (под термическим циклом работы понимается последовательный перевод двигателя с режима малого газа на максимальный режим и обратно) двигателя - 9427. Объём испытаний в высотной камере составил 150 ч. Отмечается, что ТРДДФ F101-GE-102 могут запускаться друг от друга и таким образом самолёт B-1B может быть подготовлен к взлёту с помощью любой из двух бортовых ВСУ, размещённых в передней части спаренной гондолы двигателей и аналогичных применённым на самолёте B-1A, без аэродромного пускового устройства.

Двигатели оптимизированы на работу при скорости полёта, соответствующей числу M=0,8 на малых высотах. При скорости полёта, соответствующей числу M=1,2, восстановление в них давления резко ухудшается, хотя тяга двигателя достаточна для разгона самолёта до скорости, превышающей число M= 1,2.

Возникшая в ходе лётных испытаний самолёта B-1B проблема, связанная с повреждениями двигателя из-за попадания в него посторонних предметов, решалась поэтапным (три этапа) изменением конструкции: первый этап включал изучение принятого временного положения установки перепускных створок, в которых для крепления использованы болты наибольшего диаметра, дополнительные шайбы и безопасные расчальные крепле-

Таблица 14 - Основные параметры двигателей F101-GE-100 и F101-GE-102 [15, 19, 21, 24]

Применение	North American Rockwell	
Двигатель	F101-GE-100	F101-GE-102
$P_{ф}$, кН (кгс)	136,5 (13900)	136,9 (13974)
$C_{уд.ф}$ кг/кН ч (кг/кгс ч)	224,4 (2,2)	251 (2,46)
$P_{взл.}$, кН (кгс)	-	77,4 (7900)
$C_{уд.взл}$, кг/кН ч(кг/кгс ч)	56,1 (0,55)	57,3 (0,56)
$C_{уд.кр}$	-	-
$G_{в}$, кг/с	159	161,5
$T_{г}$, K	1647	1672
m	2	1,91
$\pi_{к\Sigma}$	26,8	26,8
$\pi_{в}$	>2	2,31
$n_{ВД}/n_{НД}$	-	-
$M_{дв}$, кг	1995	2018
$L_{дв}$, м	4,595	4,59
$D_{дв}$, м	1,400	1,402
$D_{вх}$, м	1,070	1,135
Год начала стендовых испытаний	1972	1982
Годы начала производства	1970	1983

ния. На втором этапе предлагалось оборудовать датчиками гондолы двигателей самолёта B-1A № 1 для более тщательного изучения аэродинамических условий в каналах воздухозаборников, в которых работают створки. Результаты лётных испытаний должны были определить, оставлять ли постоянным принятое временное положение створок. Параллельно фирма Rockwell осуществляла третий этап - изменение конструкции створок, изготавливая их в виде монолитных отливок с небольшим количеством отдельных деталей [17 - 23].

Рисунок 1.45 - Сопла двигателей F101-GE-102, установленных на самолёте B-1B

Разрабатывались следующие модификации самолётов B-1:

B-1A (произведено 4 машины). Версия, построенная по изначальному техзаданию, с регулируемыми воздухозаборниками и максимальной скоростью полёта M = 2,2. В качестве системы спасения экипажа устанавливалась одна катапультируемая капсула, в которой самолёт покидали все четыре члена экипажа вместе.

B-1B (произведено 100 машин). Пересмотренный вариант B-1, с применением технологий радиолокационной малозаметности и максимальной скоростью M = 1,25. Реализована концепция самолёта маловысотного прорыва ПВО посредством возможности полёта на сверхмалых высотах с огибанием рельефа местности. Для спасения экипажа используется система из четырёх индивидуальных катапультируемых кресел ACES II, над каждым из которых расположен свой персональный аварийный люк. Во время полёта каждый член экипажа зафиксирован в своём кресле и может катапультироваться независимо от остальных. Покинуть B-1B одновременно всем экипажем невозможно; предусмотрено поочерёдное катапультирование: сначала сидящие сзади операторы вооружения и оборонных систем, затем пилоты - чтобы члены экипажа не могли врезаться друг в друга. За время использования персональные катапультируемые кресла ACES II доказали свою надёжность и низкий уровень травмирования человека при катапультировании.

B-1R (проект, R - обозначает "региональный"). Вариант, выдвинутый в качестве модернизации B-1B. B-1R должен получить новые РЛС, ракеты класса воздух-воздух и новые двигатели Pratt & Whitney F119. Предположительно, данный вариант самолёта будет иметь максимальную скорость M=2,2, но дальность полёта будет на 20% меньше, чем у предшественника.

1.3.8. Семейство F404-GE-400

Как отмечено в разделе 1.3.2, компания General Electric на базе газогенератора-демонстратора GE1 в 1964 г. создала двигатель-демонстратор GE9, ставший основой для разработки ТРДДФ YJ101 для самолёта Northrop YF-17.

Дальнейшим развитием этого двигателя, стал ТРДДФ F404-GE-400 (рисунок 1.46), разработанный на основе ТРДДФ YJ101 с использованием наиболее совершенных технических решений, заложенных в конструкцию ТРДДФ F101 и перспективного газогенератора ATEGG.

Рисунок 1.46 - Конструктивная схема ТРДДФ F404-GE-400

Рисунок 1.47 - F/A-18 Hornet

Двигателем F404-GE-400 оснащён самолёт McDonnell Douglas F/A-18 Hornet (рисунки 1.47, 1.48).

Рисунок 1.48 - Схема расположения двигателей на самолёте F/A-18 Hornet

Заводское обозначение самолёта - Model 267, современное обозначение - F/A-18 (F/A- fighter attack - истребитель-штурмовик) - американский палубныйи стребитель-бомбардировщик и штурмовик, разработанный в 1970-х годах.

Основным подрядчиком по производству самолёта является компания McDonnell Douglas. Компания Northrop участвовала в его разработке (доля 30%) и в производстве (доля 40%).

В настоящее время является основным боевым самолётом ВМС США. Этот самолёт состоит на вооружении ряда стран Европы и Азии, применялся в военных операциях в Ливии, Ираке, Югославии.

Первый полёт F/A-18 Hornet совершил 18 ноября1978 г. Первый серийный самолёт поднялся в воздух 12 апреля1980 г., а в мае новые машины начали поступать в ВМС (рисунки 1.49, 1.50).

После снятия с вооружения штурмовиков A-6 в 1990-х гг. F/A-18 остался единственным специализированным ударным самолётом ВМС, а после завершения эксплуатации истребителей F-14 в 2006 г. он остался единственным боевым самолётом, базирующимся на американских авианосцах до вступления в строй истребителей F-35 Lightning II.

Рисунок 1.49 -Взлёт пары F/A-18 с палубы авианосца, на которой видны F/A-18и F-14

Рисунок 1.50 - Посадка F/A-18 на палубу авианосца

Силовая установка самолёта состоит из двух двигателей F404-GE-400 модульной конструкции, разработанных фирмой General Electric специально для F/A-18.

Двигатели разделены титановой противопожарной перегородкой. Тяги одного двигателя достаточно для возвращения самолёта на свою базу.

Таблица 15 - Основные параметры самолёта F/A-18 Hornet [6, 7, 26 - 30]

Разработчик	McDonnell Douglas
Первый полёт, г.	1980
Изготовлено, шт.	>2000
Масса пустого, кг.	10455
Максимальная взлётная масса, кг.	25400
Масса боевой нагрузки, кг.	-
Силовая установка	2xТРДДФ General Electric F404-GE-400
Максимальная скорость км/ч.	1915
Боевой радиус, км	720
Потолок, м.	15240

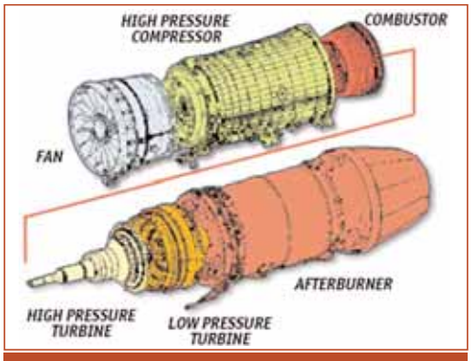


Рисунок 1.51 - Модули ТРДДФ F404-GE-400

F404-GE-400 является двухроторным турбовентиляторным двигателем модульной конструкции с форсажной камерой (рисунок 1.51).

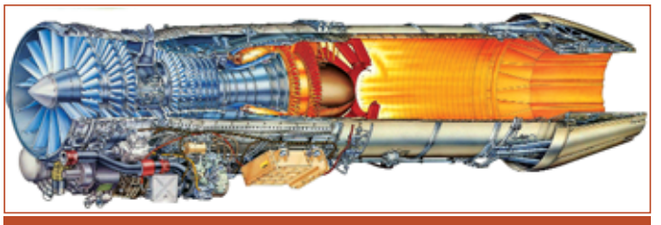


Рисунок 1.52 - Конструктивная схемаТРДДФ F404-GE-400

Рисунок 1.53 - Изменения в конструкции ТРДДФ F404-GE-400 по сравнению с YJ101

Элементы конструкции ТРДДФ F404-GE-400 (рисунки 1.52 - 1.56) [4, 20, 26 - 30]:

Воздухозаборники самолёта F/A-18- боковые полукруглые нерегулируемые, расположены под корневыми наплывами крыла. Отсекатель пограничного слоя выступает перед каждым воздухозаборником примерно на 1 м и отводит пограничный слой фюзеляжа, направляя его вверх и вниз от воздухозаборника. Непосредственно перед воздухозаборником отсекатель имеет перфорацию, через которую отводится собственный пограничный слой отсекателя. Плоскость отсекателя составляет угол 5° с направлением невозмущенного потока и обеспечивает предварительное сжатие воздуха при сверхзвуковой скорости полёта.

Вентилятор - трёхступенчатый. В направляющем аппарате-первой ступени вентилятора первоначально применялись поворотные лопатки, а потом от этого отказались. Рабочие лопатки сплошные, широкохордные, изготовлены из титанового сплава. Рабочие лопатки первой ступени снабжены антивибрационными полками, расположенными на среднем радиусе. Диаметр вентилятора F404-GE-400 по сравнению с диаметром вентилятора ТРДДФ YJ101 был увеличен на 23 мм, а его масса - на 10,5 кг - вследствие удлинения лопаток всех трёх ступеней.

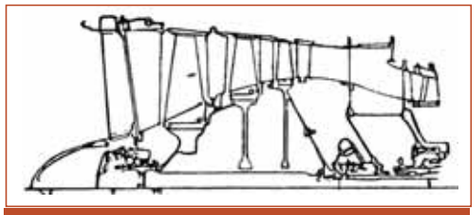


Рисунок 1.54 - Вентилятор F404-GE-400

Компрессор - семиступенчатый. Срыв потока не отмечался даже при резких перемещениях РУД из положения, соответствующего режиму полётного малого газа (при скорости полёта 220 км/ч), в положение режима максимальной форсированной тяги и обратно.

Камера сгорания - кольцевая, компактная, бездымная, диаметром 584 мм, длиной 330 мм и массой 64,4 кг. Жаровая труба изготовлена из механически обработанных колец.

Турбина компрессора - одноступенчатая. Её сопловые и рабочие лопатки имеют конвективно-плёночное охлаждение.Диски турбины изготовлены из жаропрочного порошкового сплава Rene 95, рабочие лопатки - монокристаллические.

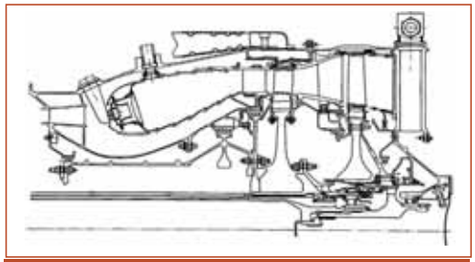


Рисунок 1.55 - Камера сгорания и турбина F404-GE-400

Турбина вентилятора - одноступенчатая. Рабочие лопатки с конвективным охлаждением. Сопловые лопатки спаяны попарно. Диаметр турбины по сравнению с диаметром турбины ТРДДФ YJ101 увеличен на 10 мм, а её масса - на 6,4 кг. Рабочие лопатки турбины усовершенствованы с целью повышения эффективности демпфирования колебаний и имеют утолщенную корневую часть.

Форсажная камера имеет смеситель потоков наружного и внутреннего контуров, ультрафиолетовый сигнализатор пламени и соответствующую логическую цепь управления для предотвращения жёсткого запуска. Форсажная камера имеет удовлетворительные характеристики запуска на высоте до 13 700 м и скорости полёта до 280 км/ч. Степень форсирования равна 1,55. Диаметр камеры на 58 мм больше, чем у двигателя YJ101. При доводке для подавления высокочастотных поперечных коле-

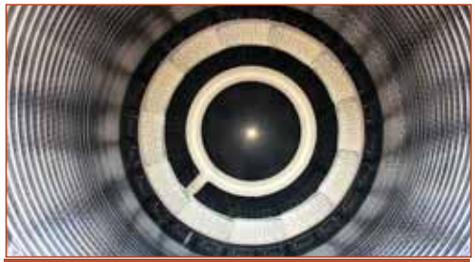


Рисунок 1.56 -Вид на форсажную камеру со стороны сопла

баний на режиме полного форсирования при богатой смеси изменены конфигурация и расположение отверстий в антивибрационном экране форсажной камеры.

Силовая система. Двигатель имеет три силовых корпуса, три опоры и пять подшипников (рисунок 1.57).

Реактивное сопло - сверхзвуковое, регулируемое. Диаметр сопла по сравнению с диаметром сопла двигателя YJ101 увеличен

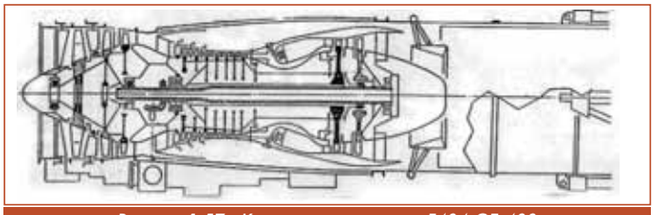


Рисунок 1.57 - Конструктивная схема F404-GE-400

на 63,5 мм. Створки сопла перемещаются гидравлическим механизмом. Регулирование сопла осуществляется в зависимости от числа Мп. Соотношение площадей сопла составляет 1,62 (рисунки 1.58, 1.59).

Рисунок 1.58 - Вид на двигатели F404-GE-400 со стороны сопла

Масса форсажной камеры и сопла по сравнению с двигателем YJI0I была увеличена на 23,1 кг.

Система управления - электронно-гидромеханическая.

Масляная система - циркуляционная. Предусмотрены три масляные полости опор.

Рисунок 1.59 - Результат попадания ракеты ПЗРК "Стрела-2" в сопло левого двигателя F/A-18 в ходе "Войны в заливе" (1991 г.). Самолёт, серийный №164051 вернулся на базу и был отремонтирован [30]

Пусковая система - обеспечивает возможность быстрого и надёжного запуска двигателя в полёте путём использования авторотации от набегающего потока воздуха, раскрутки с помощью вспомогательной силовой установки, подачи воздуха от работающего двигателя к воздушно-турбинному стартёру на неработающем двигателе и встречного запуска при выбеге ротора.

Материалы. С целью повышения работоспособности двигателя в условиях морского климата его передний корпус изготовлен из сплава Inco718, а для изготовления коробки приводов использован алюминиевый сплав.

Надёжность. Время между отказами двигателей F404-GE-400, использованных при осуществлении программы доводки истребителя F-18, приблизилось к 300 ч. при достижении двигателями общей наработки 10 000 ч. в апреле 1980 г. В тот период техническими требованиями время наработки между отказами к моменту достижения такой общей наработки предусматривалось равным 75 ч.

В январе 1980 г. F404-GE-400 проходил 1000-часовое ускоренное эксплуатационное испытание (AST - Accelerated Service Test), подтвердившее надёжность двигателя в полёте и его эксплуатационную технологичность.

Во время испытаний производилось измерение количественных показателей надёжности и обслуживаемости двигателя.

Рисунок 1.60 - Испытание F404-GE-400 на борту авианосца

Двигатель содержит систему контроля состояния двигателя в полёте (IECMS), которая фиксирует критические неисправности и отслеживает срок службы деталей.

В отсеке силовой установки имеются системы обнаружения и тушения пожара.

Ресурс. Межремонтный ресурс двигателя в начальный период эксплуатации составлял 1500 ч. Межремонтный ресурс доведенного двигателя равен 3000 ч.

Обслуживание. Удобство обслуживания F404 обеспечивается возможностью разборки двигателя на шесть блоков-модулей, наличием одиннадцати лючков для бороскопического осмотра, применением устройств диагностики, расположением агрегатов в нижней части двигателя, исключением возможности неправильного соединения штепсельных разъёмов, отсутствием проволочных контровок крепежных деталей, взаимозаменяемостью левого и правого двигателей, возможностью обслуживания двигателя как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях, отсутствием необходимости в балансировке при замене модулей. Двигатель может быть заменен бригадой из четырех механиков за 21 мин. (рисунки 1.60 - 1.62, 1.72).

Во время демонстрации обслуживаемости двигателя, проведенной в конце 1979 г., время, затраченное на его техническое обслуживание, было значительно меньше нормативного.

Время необходимое для замены запчастей составляет: вентилятор - 2,3 часа силами 3-х человек; КВД - 12,6 часа силами 3-х человек; - камера сгорания - 6,9 часа силами 2-х человек; ТВД - 6 часов силами 3-х человек; ТНД - 3 часа силами 2-х человек; форсажная камера - 1 час силами 3-х человек.

К 2010 г. было изготовлено более 4000 двигателей, которые имели общий налёт более 12 млн. часов. В соответствии с решени-

а) б)

Рисунок 1.61 - а) - ремонтная бригада на борту авианосца Kitty Hawk перед установкой двигателя F404 на истребитель F/A-18.б) - монтаж двигателя

ем, принятым ВМС США в 1985 г., в производстве ТРДДФ F404 на своих заводах по технологии фирмы General Electric участвует компания Pratt-Whitney.

Рисунок 1.62 - Двигатель F404 на борту авианосца Abraham Linkoln

Двигатель F404-GE-400 также применялся на экспериментальных самолётах: Grumman X-29A с обратной стреловидностью (рисунок1.63) и сверхманевренном Rockwell-Messerschmitt-Belkow-Blohm X-31A (рисунок 1.64).

Два построенных самолёта Grumman X-29A проходили лётные испытания по программам NASA и ВВС США. Первый полёт самолёта состоялся в 1984 г. Программа испытаний первого самолёта была завершена 2 декабря 1988 г. после выполнения 254 полётов, второго самолёта - 30 сентября 1991 г., после выполнения 120 полётов. Оба самолёта в настоящее время находятся на консервации в лётно-исследовательском центреим. Драйдена (Dryden) [44, 45].

На самолётах X-31A была применена система отклонения вектора тяги двигателя с использованием трёх поворотных газовых рулей, установленных за соплом двигателя (рисунок 1.65). Рули были изготовлены из материала углерод-углерод с теплозащитным покрытием и имели стальные вкладыши для цапф привода. Эта система позволяла отклонять струи выходящих газов в любом направлении на угол до 10° относительно продольной оси двигателя с обеспечением поперечной составляющей силы тяги до 17 % от величины полной силы тяги. Отклонение вектора тяги использовалось не только для управления по тангажу и рысканью, но и как воздушный тормоз самолёта.

Первый полёт X-31 совершил с испытательного аэродрома фирмы Rockwell в Палмделе (Palmdel) 11 октября 1990 г., вторая машина начала летать 19 января 1991 г. В январе 1992 г. оба самолёта X-31A перевели из Палмдела в центр Эдвардса (Edwards), чтобы использовать испытательную инфраструктуру, которую предоставила NACA. В апреле начались полёты при постоянно увеличивающихся углах атаки на закритических режимах. В итоге в сентябре того же года получили уникальный режим: стабильный полёт при угле тангажа 70° (углом атаки это уже назвать трудно) - причём пилот разворачивал машину практически на 360°.

Стало ясно, что истребитель, обладающий системой изменения вектора тяги, сможет ориентироваться на цель без изменения траектории полёта, сумеет раньше, чем машина обычной схемы, занять выгодное положение для атаки в ближнем бою.

Рисунок 1.63 - Экспериментальный самолёт Grumman X-29A

а) б)

Рисунок 1.64 - Экспериментальный самолёт Rockwell-MBB X-31A: а) - в полёте; б) - монтаж газовых рулей

а) б)

Рисунок 1.65 -Система отклонения вектора тяги двигателя на самолёте X-31A: а) - вид сбоку; б) - вид со стороны сопла ТРДДФ F404-GE-400

Таблица 16-Основные параметры самолётовX-29A и X-31A[44 - 47]

Разработчик	Grumman	Rockwell-MBB
Самолёт	X-29A	X-31A
Первый полёт, г.	1984	1990
Изготовлено, шт.	2	2
Масса пустого, кг.	6250	5175
Максимальная взлётная масса, кг.	8074	7228
Масса боевой нагрузки, кг.	-	-
Силовая установка	1хТРДДФ General Electric F404-GE-400	1хТРДДФ General Electric F404-GE-400
Максимальная скорость км/ч.	1932	2752
Боевой радиус, км	-	-
Потолок, м.	16670	12190

Модификации двигателя F404-GE

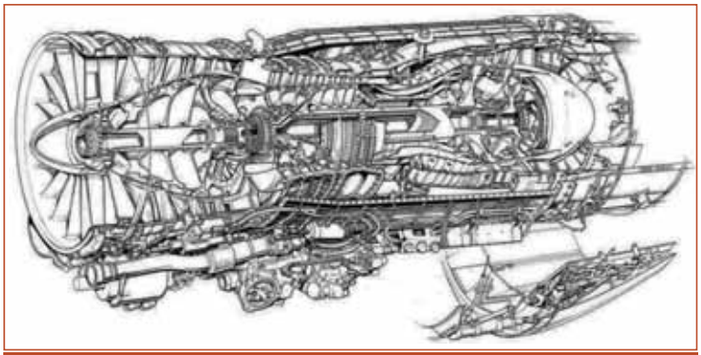


Рисунок 1.66 - Схема F404 с частичным вырезом

Таблица 17 - Основные параметры двигателей F404-GE-400, F404-GE-400D и F404-GE-402 [4, 17, 26 - 31, 41]

Применение	McDonnell Douglas F/A-18A/B Hornet	A-6F, A-4-S1, F-19A	McDonnell Douglas F/A-18C/D Hornet
Двигатель	F404-GE-400	F404-GE-400D	F404-GE-402
$P_{ф}$, кН (кгс)	70,7 (7260)	б/ф	78,7 (8014)
$C_{уд.ф}$ кг/кН ч (кг/кгс ч)	204 (2,0)	б/ф	177 (1,74)
$P_{взл.}$, кН (кгс)	47,1 (4800)	48,1 (4900)	48,9 (4980)
$C_{уд.взл}$, кг/кН ч(кг/кгс ч)	86,7 (0,85)	82,0 (0,804)	83 (0,814)
$C_{уд.кр}$	-	-	-
$G_{в}$, кг/с	64,4	64,4	-
$T_{г}$, K	1656	1603	1717
m	0,34	0,34	0,34
$\pi_{к\Sigma}$	25	-	26
$\pi_{в}$	-	-	-
$n_{ВД}/n_{НД}$	-	-	-
$M_{дв}$, кг	989	814	1035
$L_{дв}$, м	4,033	2,26	3,90
$D_{дв}$, м	0,884	0,884	0,89
$D_{вх}$, м	-	0,787	-
Год начала стендовых испытаний	1977	1986	2003
Годы начала производства	1980	-	-

Двигатель **F404-GE-400D** отличается от ТРДДФ F404-GE-400 отсутствием форсажной камеры, разными узлами крепления, наличием гидромеханической и цифровой электронной САУ [17, 31].

Система управления состоит из полностью заменяющих друг друга гидромеханической и цифровой электронной систем.

Комплексные квалификационные испытания начались в 1986 г., лётные испытания - в 1987 г.

Применение: самолёт A-6F.

GrummanA-6F Intruder II ("незваный гость") - вариант радикальной модернизации американского всепогодного палубного штурмовика A-6E (рисунок 1.67), предложенный в середине 1980-х гг. Первый полёт был совершён в августе1987 г.

Этот самолёт должен был заменить старый Intruder с турбореактивными двигателями Pratt & Whitney J52-P-8A на вариант с турбовентиляторными бесфорсажными двигателями General Electric F404-GE-400D, что обеспечивало существенное увеличение мощности и улучшение топливной экономичности. Было построено пять опытных самолётов, после чего ВМС США отказались от этого варианта, предпочтя ему разрабатывавшийся по технологии "стелс" перспективный штурмовик A-12 Avenger II [48].

Рисунок 1.67 - Grumman A-6E, прототипA-6FIntruder II

F404-GE-402/102 (рисунки 1.68, 1.71, 1.72).

Двигатель с улучшенными характеристиками (EPE) имеет большую тягу, улучшенную топливную экономичность и расширенные возможности выполнения полётов для самолётов F/A-18C/D Hornet (рисунки 1.69, 1.70). Он сохраняет проверенные конструктивные решения базового F404, в то же время обеспечивает повышенную тягу за счёт улучшенного термодинамического цикла и повышенной температуры. Эти улучшения характеристик без потери долговечности стали возможными благодаря применению новейших технологий и материалов в турбинной и форсажной частях двигателя [4, 34].

F/A-18B и F/A-18D- двухместные модификации одноместных истребителей-бомбардировщиков F/A-18A и F/A-18C, соответственно. Самолёты предназначены для ВМС и корпуса морской пехоты США

Рисунок 1.68- F404-GE-402

Рисунок 1.69 - F/A-18C Hornet швейцарских ВВС

Рисунок 1.71-Работа двигателей на форсажном режиме

Рисунок 1.70- F/A-18D Hornet

Рисунок 1.72- Подготовка к испытаниям ТРДДФ F404-GE-402 на палубе авианосца

Двигатели семейства F404 в основном применялись на различных модификациях самолётов F-18:

Таблица 18 -Основные параметры самолётов F/A-18C/D Hornet [6, 7, 28 - 30, 38]

Разработчик	McDonnell Douglas	
Самолёт	F/A-18CHornet	F/A-18D Hornet
Первый полёт, г.	1986	1987
Изготовлено, шт.	>2000	1479
Масса пустого, кг.	10455	10800
Максимальная взлётная масса, кг.	25400	25400
Масса боевой нагрузки, кг.	-	-
Силовая установка	2хТРДДФ General Electric F404-GE-402	2хТРДДФ General Electric F404-GE-402
Максимальная скорость км/ч.	1915	1950
Боевой радиус, км	720	740
Потолок, м.	15240	15240

YF-18A - опытный истребитель.

F/A-18A - одноместный истребитель-бомбардировщик. Для ВМС и КМП (корпус морской пехоты) США построен 371 самолёт (1980-1987 гг.).

F/A-18B (прежнее обозначение TF-18A) - двухместный учебно-боевой вариант самолёта F/A-18A. Для ВМС и КМП США построено 39 серийных F/A-18B.

F/A-18C - одноместный многоцелевой истребитель с усовершенствованным БРЭО и вооружением. Первый полёт - 3 сентября 1986 г., поставки начались 21 сентября 1987 г. и закончились в 2000 г. С конца 1989 г. выпускается в модификации "NightAttack" с оборудованием для всепогодных ночных ударов.

F/A-18D - двухместный вариант самолёта F/A-18C. Первый полёт - 6 мая 1988 г. Поставки начались в декабре 1989 г. и закончились в сентябре 2000 г. Выпускается с оборудованием для всепогодных ночных ударов. Модификация для КМП производится без командного поста управления самолётом в задней кабине и предназначена для выполнения только боевых задач, тогда как модификация для ВМС имеет двойное управление и используется только для тренировочных задач.

F/A-18E Super Hornet - модернизированная версия самолёта.

F/A-18F Super Hornet - двухместный учебно-боевой вариант.

CF-18A и B - одно- и двухместный варианты для ВВС Канады. Первый полёт - 29 июля 1982 г., поставлено 138 самолётов, из них 40 CF-18B - с 25 октября 1982 г. по 21 сентября 1988 г.

AF-18A и ATF-18A - одно- и двухместные варианты для ВВС Австралии. Было заказано 75 самолётов, в том числе 57 AF-18A и 18 ATF-18A, из них первые два были получены из США, остальные собраны или построены по лицензии и поставлены с мая 1985 г. по май 1990 г.

EF-18 - одноместный (испанское обозначение C. 15) и двухместный (CE. 15) варианты для ВВС Испании. Поставлено 72самолёта с лета 1986 г. по июнь 1990 г.

F/A-18D(RC) - двухместный разведчик с контейнерной системой ATARS. Летные испытания F/A-18 с разведывательным оборудованием начались 15 августа 1984 г. Серийно не строился.

F-18L - вариант наземного базирования. Серийно не строился.

F-18 HARV - экспериментальный самолёт для исследований в 1987-1994 гг. полётов на больших углах атаки, системы управления вектором тяги с использованием периферийных рулей и новых способов управления самолётом на больших углах атаки (с помощью расположенных в носовой части фюзеляжа поворотных гребней или системы выдува струй).

F404-GE-100. Предназначен для однодвигательного истребителя NorthropF-5G,в 1982 г.получившего обозначение F-20 Tigershark (рисунок 1.73). При его разработке ставилась задача получить надёжность однодвигательного истребителя Northrop F-20 Tigershark, равную надёжности двухдвигательного истребителя McDonnell Douglas F/A-18 Hornet.

По сравнению с двигателем F404-GE-400, ТРДДФ F404-GE-100 имеет следующие особенности [25, 36].

Компрессор. Изменена геометрическая форма регулируемых НА, что позволило увеличить на 3% расход воздуха через газогенератор и улучшить характеристики двигателя.

Камера сгорания получила дублирующую систему зажигания, питаемую от бортовой аккумуляторной батареи.

Турбина компрессора. Диски турбины изготовлены из сплава Inconel DA-718 вместо сплава Rene 95. С целью повышения долговечности рабочие лопатки изготовлены из сплава DSR80 с направленной кристаллизацией.

Привод агрегатов. Добавлена вторая коробка приводов с гидравлическим насосом и электрогенератором для аварийного питания соответствующих самолётных систем.

Топливная система имеет шестерённый топливный насос повышенной надёжности.

Система управления - дублированная, состоит из полностью заменяющих друг друга гидромеханической и цифровой электронной систем.

Система диагностики - регистрирует время запуска, длительность работы на различных режимах, температуру в нескольких местах двигателя и частично температурные циклы для определения срока службы элементов двигателя. Счётчик временной и циклической наработки регистрирует изменение некоторых параметров двигателя для контроля износа основных элементов. В случае неисправности какой-либо части системы, электронный цифровой блок берёт на себя выполнение диагностических функций при использовании установленных на корпусе восьми пронумерованных флажков, соответствующих определённым дефектам. При возникновении дефекта механик по сочетанию порядковых номеров флажков определяет процедуру выявления и устранения неисправностей. Этот блок обрабатывает все параметры, отражающие состояние двигателя во время полёта и наземных испытаний.

Программа F-20 была закрыта в ноябре 1986 г. Менеджеры фирмы попытались продать документацию на самолёт и технологическую оснастку Тайваню, однако эту сделку пресёк Госдепартамент США, не желавший портить отношения с континентальным Китаем [37].

На сегодняшний день единственным сохранившимся самолётом является третий Tigershark. Самолёт, никогда не принадлежавший правительству США, был подарен расположенному в Выставочном парке (Exposition Park Drive) Лос-Анджелеса Калифорнийскому научному центру (California Science Center). Сегодня самолёт выставлен в галерее прототипов (Sketch Foundation Gallery) этого центра.

F404-GE-100D - бесфорсажный вариант F404, разработанный для самолёта A-4SU Super Skyhawk (рисунок 1.74) - модернизированный вариант штурмовика Douglas A-4S Skyhawk (рисунок 1.74), осуществленный Singapore Aircraft Industries (SAI,

Рисунок 1.73- F-20 Tigershark

ные ST Aerospace) в 1980-х гг. Он использовался как истребитель-бомбардировщик ВВС Республики Сингапур (RSAF), с 1989 по 2005 гг.

Самолёты **A-4SU/TA-4SU**, ставшие глубокой модернизацией A-4S-1, предназначались исключительно для ВВС Сингапура (RSAF). Они оснащались бесфорсажным двигателем и современным электронным оборудованием. В середине 1980-х годов был проведён первый этап модернизации сингапурских А-4, получивших двигатели General Electric F404-GE-100D (A-4S-1). На втором этапе модернизации в 1988 г. была установлена новая авионика; эти самолёты (A-4SU и TA-4SU) получили обозначение Super Skyhawk[42].

Двигателем **F404-GE-102** (рисунок 1.76, 1.77), являющимся модификацией двигателя F404-GE-402, оснащался однодвигательный лёгкий учебно-боевой истребитель T-50 Golden Eagle (рисунок 1.78), производимый Korea Aerospace Industries (KAI) и Lockheed Martin для ВВС Республики Корея (ROKAF). Поскольку этот самолёт использует один двигатель, надёжность и безопасность являются

Рисунок 1.74 - A-4S с F404-GE-100D [43]

Рисунок 1.75- A-4SU Super Skyhawвзлетает с авиабазы Korat (Корат), Таиланд

Таблица19 - Основные параметры двигателей F404-GE-100 и F404-GE-100D[25, 34 - 37,41]

Применение	NortropF-20 Tigershark	A-4SU Super Skyhawk
Двигатель	F404-GE-100	F404-GE-100D
$P_{ф}$, кН (кгс)	77 (7907)	б/ф
$C_{уд.ф}$ кг/кН ч (кг/кгс ч)	204 (2,0)	б/ф
$P_{взл.}$, кН (кгс)	47,9 (4882)	48,9 (4980)
$C_{уд.взл}$, кг/кН ч(кг/кгс ч)	86,7 (0,85)	83 (0,814)
$C_{уд.кр}$	-	-
$G_{в}$, кг/с	64,4	64
$T_{г}$, K	1610	-
m	0,34	-
$\pi_{к\Sigma}$	25	25
$\pi_{в}$	-	-
$n_{ВД}/n_{НД}$	-	-
$M_{дв}$, кг	1013	826
$L_{дв}$, м	4,038	2,261
$D_{дв}$, м	0,89	0,889
$D_{вх}$, м	0,79	-
Год начала стендовых испытаний	-	-
Годы начала производства	1982	1988

Таблица 20 - Основные параметры самолётов F-20 Tigersharkи A-4SU Super Skyhawk[34 - 37,42]

Разработчик	Northrop	Singapore Aircraft Industries
Самолёт	F-20 Tigershark	A-4SU Super Skyhawk
Первый полёт, г.	1982	1986
Изготовлено, шт.	3	~ 150
Масса пустого, кг.	5357	4650
Максимальная взлётная масса, кг.	12474	10250
Масса боевой нагрузки, кг.	-	-
Силовая установка	1хТРДДФ General ElectricF404-GE-100	1хТРДД General ElectricF404-GE-100D
Максимальная скорость км/ч.	2124	1128
Боевой радиус, км	713	-
Потолок, м.	16500	12192
Практическая дальность с ПТБ, км	3002	3220
Максимальная перегрузка, g	9	-

важными требованиями для двигателей серии -102.

Первый успешный полёт был совершён в августе 2002 г., а первый сверхзвуковой полёт последовал только через шесть ме-

сяцев. Поставка Т-50 началасьв 2005 г. Масса двигателя - 1000 кг [49].

F404-102D был выбран Агентством перспективных исследовательских проектов в области обороны (Defense Advan-ced Research Projects Agency - DARPA) и ВВС США для оснащения однодвигательного экспериментального многоцелевого беспилотного лета-

Рисунок 1.76- F404-GE-102

Рисунок 1.77 -Основные модули ТРДДФ F404-GE-102

Рисунок 1.78- KAIT-50

тельного аппарата X-45B (Unmanned combat aerial vehicle - UCAV), который разрабатывался компанией Boeing [50,51].

Boeing планировал разработать и построить два прототипа БПЛА. Версия X-45B получила обозначение A-45. Первый полёт был осуществлён в 2002 г. В начале 2003 г. DARPA объявило об отмене проекта X-45B в пользу разработки более крупной и улучшенной системы UCAV, включающей летательный аппарат Boeing X-45C, систему управления полётом, поддержки и моделирования. X-45C имел большую грузоподъемность (2041 кг), устойчивость и диапазон дальности, чем X-45B (рисунок 1.81). Его взлётная масса - около 16 тонн.

Таблица21 - Основные параметры самолётаT-50 GoldenEagle[39]

Разработчик	KAI+ Lockheed Martin
Самолёт	T-50 GoldenEagle
Первый полёт, г.	2002
Изготовлено, шт.	208
Масса пустого, кг.	6350
Максимальная взлётная масса, кг.	13500
Масса боевой нагрузки, кг.	3740
Силовая установка	1 x ТРДДФ General ElectricF404-GE-102
Максимальная скорость км/ч.	1485
Боевой радиус, км	-
Потолок, м.	14630
Практическая дальность с ПТБ, км	1850 (без ПТБ)
Максимальная перегрузка, g	+8/-3

Разработка X-45C (рисунок 1.80) осуществлялась по программе Единой боевой беспилотной авиационной системы (Joint Unmanned Combat Air Systems -J-UCAS). На реализацию программы X-45C, включающую строительство и испытание трёх са-

Рисунок 1.79-F404-GE-102D

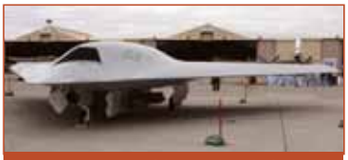


Рисунок 1.80- БПЛА X-45C

молётов, DARPA в октябре 2004 г.выделило 767 миллионов долларов. В июле 2005 г. DARPA выделило дополнительно 175 миллионов долларов на продолжение программы, а также на внедрение технологии автономной дозаправки в воздухе.

Первый из трёх запланированных самолётов X-45C первоначально предполагалось построить в 2006 г., а демонстрация его возможностей планировалась на начало 2007 г. К 2010 г. Boeing надеялся завершить создание системы автономной дозаправки в воздухе

а)

б)

Рисунок 1.81 - Проекции и некоторые параметры БПЛА:а)X-45Bи б) X-45C

X-45C с помощью а танкера KC-135. В перспективе планировалось разработать версию X-45D еще большей грузоподъемности.

2 марта 2006 г. ВВС США решили не продолжать проект X-45. Компания Boeing представила ВМФ предложение о создании демонстрационной версии X-45, получившей обозначение X-45N. Первый полёт был запланирован на ноябрь 2008 г. Однако, контракт был заключён с компанией Northrop Grummanна создание БПЛА X-47 для ВМФ.

Программное обеспечение, разработанное Boeing для автономной посадки и взлёта X-45N на авианосцах, было установлено на первом F/A-18F, который использовал его для выполнения автономных заходов на посадку на борту авианосца.

Компоновка F404-102D ориентирована на высокую надёжность и включает полностью автоматизированное цифровое электронное управление (FADEC). Эта программа по двигателям также включает разработку усовершенствованной выхлопной системы для самолётов-невидимок X-45C [51].

Бесфорсажная модификация F404-GE-F1D2 (1998 г.) рисунок1.82. устанавливалась на ударный самолет (штурмовик-бомбардировщик) Lockheed-F-117A - Nighthawk (рисунок 1.83)

Для улучшения малозаметности на двигателе использовалось плоское сопло высотой 20 см и шириной 165 см. Макс. тяга 4850 кгс.

Таблица 22 - Основные параметры самолётов X-45B и X-45C[50, 51]

Разработчик	Boeing	
Самолёт	X-45B	X-45C
Первый полёт, г.	2002	2006
Изготовлено, шт.	-	3
Масса пустого, кг.	6350	8165
Максимальная взлётная масса, кг.	9979	16556
Масса боевой нагрузки, кг.	907	2041
Силовая установка	1xТРДДФ General Electric F404-GE-102D	1xТРДД General Electric F404-GE-102D
Максимальная скорость км/ч.	1020	1020
Боевой радиус, км	-	-
Потолок, м.	12192	12192
Практическая дальность с ПТБ, км	833	2407
Максимальная перегрузка, g	-	-

Рисунок 1.82- F404-GE-F1D2

Самолёт предназначен для ночных высокоточных атак особо важных целей в ходе автономных одиночных вылетов. Он может также использоваться для тактической радиоэлектронной разведки районов, прикрытых средствами ПВО противника. На F-117 впервые применена новая малоотражающая форма. Он впервые взлетел в 1981 г. и долгое время держался в тайне, поскольку его основной секрет - внешние обводы. И только 21 апреля 1990 г. состоялась его первая публичная демонстрация.

Контракт на разработку F-117 МО США заключило с Lockheed 16 ноября 1978 г. В ВВС США трёхзначная индексация присваивалась самолётам, о которых было не принято распространяться в печати.

Появление в Советском Союзе ЗРК С-300В, способных

а) б)

Рисунок 1.83 - Ударный самолет Lockheed-F-117A-Nighthawk. а) внешний вид, б) структурная схема

обстреливать цели с ЭПР до 0,02 м^2 способствовало снижению интереса ВВС США к F-117A. Последний серийный самолёт был построенв 1990 г. В 2008 г. снят с вооружения.

Опытная модификация **F404-GE-F2J3** установлена на однодвигательном индийском лёгком многоцелевом истребителе четвёртого поколения Tejas Mk.1 ("Бриллиант") [54]. Самолёт разрабатывался Агентством развития авиации (Aeronautical Development Agency - ADA) при министерстве оборонных исследований и разработок (DR&D) министерства обороны Индии по программе LCA (Light Combat Aircraft). Взлётная тяга двигателя составляла 81,4 кН (8289 кгс), суммарная степень повышения давления - 27 [13].

Разработка перспективного индийского истребителя лёгкого класса была начата в 1983 г. Целью проекта было создание самолёта для замены советских МиГ-21. Разработка должна была осуществляться местной промышленностью при минимальном участии зарубежных организаций. Первый опытный самолёт типа LCA был построен в 1996 г., а его лётные испытания начались в 2001г. Дальнейшие испытания, доработка и доводка проекта из-за проблем технического и технологического характера, а также в связи с неоднократным изменением требований заказчика также заняли много времени. Мелкосерийное производство самолёта началось в 2007 г. Палубная версия LCA(N) совершила первый полёт 27 апреля 2012 г. Истребитель LCA Tejas Mk.1 был принят на вооружение в 2015 г. Стоимость программы разработки ~1,3 млрд $.

Рисунок 1.84- HALTejasMk.1

Предполагалось, что двигателями F404-GE-F2J3 оснастят прототипы Tejas Mk.1, а серийные самолёты будут иметь индийские двигатели GTRE GTX-35VS Kaveri, однако, вследствие недостатка опыта и технологий у индийских разработчиков проект не был реализован [55].

Двигатель **F404-GE-IN20** (рисунок 1.85) пришёл на смену опытным двигателям F404-F2J3[56]. Hindustan Aeronautics Limited (HAL) заказала дополнительно к первоначально закупленным в 2004 г. семнадцати двигателям F404-GE-IN20, ещё 24 - для истребителей Tejas ВВС Индии.

Основанный на F404-GE-402, F404-GE-IN20 включает в себя высокопроизводительный вентилятор, имеет увеличенную тягу, систему Full Authority Digital Electronic Control (FADEC), монокристаллические лопатки турбины и разнообразие однодвигательных функций.

Также как и предыдущие модификации, этот двигатель сос-

Рисунок 1.85 - F404-GE-IN20

тоит из трёхступенчатого вентилятора и семиступенчатого компрессора высокого давления, приводимыми одноступенчатыми турбинами.

Таблица 23 - Основные параметры самолётов F-117A-Nighthawk и TejasMk.[51 - 53]

Разработчик	Lockheed	Aeronautical Development Agency (ADA)
Самолёт	F-117A-Nighthawk	TejasMk.1
Первый полёт, г.	1981	2001
Изготовлено, шт.	64	>30
Масса пустого, кг.	13381	8165
Максимальная взлётная масса, кг.	23625	15500
Масса боевой нагрузки, кг.	2270	-
Силовая установка	2xТРДД General Electric F404-GE-F1D2	1xТРДДФGeneral Electric F-404-GE-IN20
Максимальная скорость км/ч.	993	1920
Боевой радиус, км	860	-
Потолок, м.	13716	15950
Практическая дальность с ПТБ, км	1720	2000
Максимальная перегрузка, g	6	+8,0/-3,5

Двигатель **ТРДДФ F404J** был выбран для прототипа шведского недорогого однодвигательного истребителя четвёртого поколения JAS-39 Gripen, производимого компанией SAAB. Силовая установка серийного самолёта состоит из одного ТРДДФ Volvo Flugmotor RM12, являющегося шведской модификацией ТРДДФ F404J (рисунки 1.86 - 1.89).

Начало серийного производства двигателя было запланировано на 1989 г. Изготовление большинства узлов и деталей и общая сборка двигателя производились в Швеции фирмой Volvo Flugmotor Aero (сейчас GKN Aerospace Engine Systems) по лицензии фирмы General Electric [58, 59].

Двигатель разрабатывался с учётом сбалансированного выполнения требований в отношении характеристик, надёжности, эксплуатационной технологичности, цены и эксплуатационных расходов, а также опыта эксплуатации двигателя F404-GE-400 и особенностей системы управления двигателя F404-GE-100. Двигатель F404J был оптимизирован на выполнение конкретного профиля полёта.

Таблица 24 - Основные параметры двигателей F404-GE-F1D2 иF404-GE-IN20 [13, 52 - 56]

Применение	Lockheed-F-117A-Nighthawk	HAL Tejas Mk.1.
Двигатель	F404-GE-F1D2	F404-GE-IN20
$P_{ф}$, , кН (кгс)	б/ф	84 (8554)
$C_{уд.ф}$ кг/кН ч (кг/кгс ч)	б/ф	-
$P_{взл.}$, кН (кгс)	46,884 (4775)	-
$C_{уд.взл}$, кг/кН ч(кг/кгс ч)	82,6 (0,81)	-
$C_{уд.кр}$	-	-
$G_{в}$, кг/с	64,9	70
$T_{г}$, K	-	-
m	-	-
$\pi_{к\Sigma}$	25	28
$\pi_{в}$	-	-
$n_{ВД}/n_{НД}$	-	-
$M_{дв}$, кг	785	1072
$L_{дв}$, м	2,108	3,91
$D_{дв}$, м	0,889	0,89
$D_{вх}$, м	0,79	0,71
Год начала стендовых испытаний	-	-
Годы начала производства	1998	1992

С этой целью (рисунок 1.86):

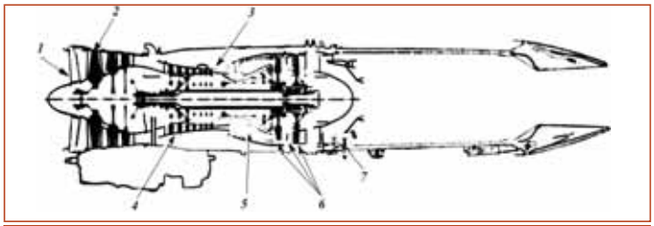


Рисунок 1.86- Особенности двигателя F404J. Вероятно, по отношению к двигателю F404-GE-100[25]

- ***1*** увеличен расход воздуха на 10%;
- ***2*** обеспечена способность выдерживать удар птицы массой до 0,5 кг;
- ***3*** повышено предельное значение давления за компрессором на ~ 15%;
- ***4*** изменена программа управления регулируемыми НА;
- ***5*** на боевом режиме увеличена температура газа перед турбиной на ~ 42 К
- ***6*** применены улучшенные материалы в турбине;
- ***7*** - оптимизирована площадь форсажной камеры.

Двигатель имеет три силовых корпуса и пять подшипников, установленных в трёх опорах. Число деталей уменьшено, срок их службы увеличен.

Вентилятор был полностью переконструирован, чтобы обеспечить большую прочность и больший расход воздуха (рисунок 1.87).

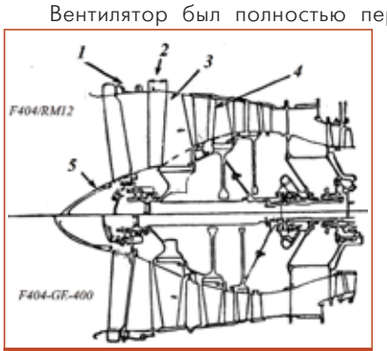


Рисунок 1.87- Изменения в конструкции вентилятора двигателя RM12
1-усиленный передний корпус; 2-увеличено осевое расстояние; 3-усилены лопатки первой ступени; 4-увеличена толщина передней кромки лопатки; 5-усилен носовой обтекатель

Некоторые элементы двигателя также были изменены, чтобы улучшитьего обслуживание. Воздухозаборники были спроектированы так, чтобы свести к минимуму отражение радара от вентилятора, уменьшая радиолокационное сечение самолёта в целом.

Аналоговый блок управления двигателем в F404 был заменен цифровым блоком

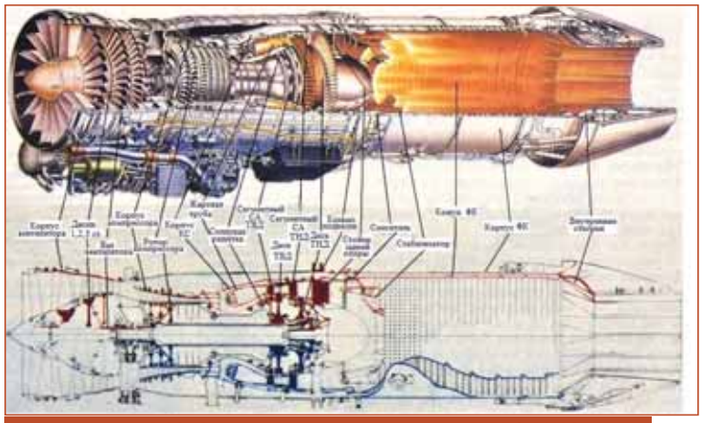


Рисунок 1.88- Основные элементы конструкции ТРДДФ RM12

управления, разработанным совместно Volvo и General Electrc. Новый блок обменивается данными с кабиной пилотов через цифровые шины данных. Гидромеханическая система осталась в качестве резервной в новой системе полномасштабного цифрового управления двигателем

Рисунок 1.89- Турбокомпрессор VolvoRM12

(FADEC), которую Volvo начала разрабатывать в 1996 г. Такие элементы, как диски и корпус вентилятора/компрессора, ротор компрессора, ступицы, уплотнения и форсажная камера, производятся в Швеции, там же производится окончательная сборка. General Electric сохраняет права на конструкцию двигателя и примерно на 60% его конструктивных элементов двигателя [59].

В 1979 г. правительство Швеции развернуло программу JAS (Jakt- истребитель, Attack- штурмовик, Spaning- разведчик),

Таблица25 - Основные параметры модификаций двигателя F404J и RM12 [13, 17, 41, 58, 59]

Применение	JAS-39 Gripen	
Двигатель	F404J	RM12
$P_{ф}$, , кН (кгс)	80,23 (8170)	84 (8554)
$C_{уд.ф}$ кг/кН ч (кг/кгс ч)	-	177 (1,74)
$P_{взл.}$, кН (кгс)	-	48,9 (4980)
$C_{уд.взл}$, кг/кН ч (кг/кгс ч)	-	83 (0,814)
$C_{уд.кр}$	-	-
$G_{в}$, кг/с	68	69
$T_{г}$, K	1613	-
m	-	0,34
$\pi_{к\Sigma}$	27	27
$\pi_{в}$	-	-
$n_{ВД}/n_{НД}$	-	-
$M_{дв}$, кг	-	1054
$L_{дв}$, м	4,038	4,04
$D_{дв}$, м	0,89	0,89
$D_{вх}$, м	0,79	0,71
Год начала стендовых испытаний	1978	1984
Годы начала производства	1989	1991

а) б)

Рисунок 1.90- SAAB JAS-39Gripen: а) -в полёте; б) - на взлётной полосе

предполагающую создание единого и универсального боевого самолета. В 1980 г. был создан концерн Industrigruppen JAS, в который помимо SAAB вошли фирмы Scania, LM Ericsson, Volvo и другие.

Первый JAS 39 Gripen был публично представлен в 1987 г., а первый полёт был совершён в 1988 г. Программа испытаний была очень плотной и проводилась непрерывно.

Самолёт был принят на вооружение ВВС Швеции в 1993 г. (рисунок 1.90).

Он создавался для эксплуатации в тяжёлых зимних условиях, на коротких ВПП в том числе, на склонах, автомагистралях и грунтовых дорогах.

Самолёт JAS-39 Gripen снабжён системой связи и передачи данных CDL39, являющейся одной из лучших в мире [63]. Используя эту систему во время ударной операции самолёт может выполнять атаку, получать радиолокационное изображение района расположения цели и передавать его экипажам следующей группы самолётов. Эти экипажи получат полное представление о районе цели и её состоянии. Эта же информация может быть передана на командный пункт. При ведении воздушного боя радиолокационное изображение противника может быть передано с борта одного Gripen на другой. Последний может выключить свою БРЛС и незаметно приблизиться к цели. При этом любая, запущенная с него ракета, может контролироваться с борта первого истребителя.

Таблица 26 - Основные параметры самолёта SAAB JAS-39Gripen [69, 61]

Разработчик	VolvoFlugmotorAero (GKN Aerospace Engine Systems)
Самолёт	SAAB JAS-39Gripen
Первый полёт, г.	1988
Изготовлено, шт.	264
Масса пустого, кг.	6622
Максимальная взлётная масса, кг.	14000
Масса боевой нагрузки, кг.	-
Силовая установка	1 х ТРДДФ Volvo Aero RM12
Максимальная скорость км/ч.	2130
Боевой радиус, км	700
Потолок, м.	15240
Практическая дальность с ПТБ, км	3000
Максимальная перегрузка, g	+8/-3

Во время учений три пары истребителей-перехватчиков Gripen контролировали всё восточное побережье Швеции. Каждый лётчик знал, где находятся его товарищи, что они наблюдают и что собираются делать [63].

Рисунок 1.91- Самолёт Rafale A

В 1983 г. фирмой Dassault в рамках национальной программы был разработан экспериментальный боевой самолёт Avion de Combat Experimentale (ACX). Позже ACX переименовали в Rafale A (рисунок 1.91).

Демонстрационный образец первого французскогомногоцелевого истребителя четвёртого поколения Rafale A (первый полёт в июле 1986 г.), разработанного компанией Dassault Aviation. был оснащён турбовентиляторными двигателями General Electric F404-GE-400[82].

В двигателях семейства **F404** для обеспечения надёжности, безопасности и удобства эксплуатации предусматривались следующие мероприятия (рисунок 1.92):

Рисунок 1.92- Особенности конструкции двигателей F404

- защита от перегрева;
- устойчивость к коррозии;
- ограничение частоты вращения роторов;
- испытаны давлением и огнестойкостью
- модульность;
- отсутствие межремонтного периода;
- техническое обслуживание по состоянию.

Список использованных источников информации

1. Parsch A. Designations of U.S. Military Aero Engines. 2008. http://www.designation-systems.net/usmilav/engines.html#_MIL-STD1812_AirBreathing.
2.Younossi O., Arena M. V., Moore R. M., Lorell M., Mason J., Graser J. C. Military Jet Engine Acquisition. Technology Basics and Cost-Estimating Methodology. Published by RAND. 2002. - 153 pp.
3. Connors, J. The engines of Pratt & Whitney: a technical history. Reston, American Institute of Aeronautics and Astronautics. 2010. - 565 pp.
4. St. Peter, James, The history of aircraft gas turbine engine development in the United States: a tradition of excellence. Published by the International Gas Turbine Institute of The American Society of Mechanical Engineers, Atlanta, Georgia.1999. - 592 pp.
5. P. Grie. The Jet Age in Review. AIR FORCE Magazine / February 1997. pp. 72 - 76.
6. Полная энциклопедия мировой авиации. Пер с англ. The Complete Encyclopedia of World Aircraft. General Editor D. Donald. - Самара: корп. "Фёдоров". 1997. - 928 с.
7. Мировая авиация. Полная энциклопедия. www.aviacia.deagostini.ru.
8. The History Of General Electric Aircraft Engines
. https://www.456fis.org/HISTORY_OF_GENERAL_ELECTRIC_AIRCRAFT_ENGINES.htm.
9. MF-295. .https://www.secretprojects.co.uk/threads/looking-for-information-on-the-general-electric-mf-295-turbofan-engine.30101.
10. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, вып. 6. 1971. - 698 с.
11. Пономарёв Б.А. Настоящее и будущее авиационных двигателей. - М.: Воениздат, 1982. - 240 с.
12. General Electric YJ93-GE-3. https://www.thisdayinaviation.com/tag/general-electric-yj93-ge-3.
13. Elodie Roux. Turbofan and Turbojet Engines: Database Handbook. Elodie Roux, 2007. - 596 pp.

14. F-17 Cobra. http://www.airwar.ru/enc/fighter/f17.html.
15. Seven Decades of Progress. A Heritage of Aircraft Turbine Technology. General Electric Company. Dayton, Ohio. Aero Publisher Inc. 1979. - 232 pp.
16. P&W JTF17 (Proposed Boeing 2707 SST Engine) https://www.secretprojects.co.uk/threads/p-w-jtf17-proposed-boeing-2707-sst-engine.12721.
17. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, вып. 11. 1987. - с. 34 - 39.
18. Авралова В.И. Стратегический бомбардировщик РОКУЭЛЛ В-1. (По материалам иностранной печати). - М.: ЦАГИ. 1993.- 99 с.
19. B-1A Lancer. Авиационная энциклопедия. Уголок неба. http://www.airwar.ru/enc/bomber/b1.html.
20. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, вып. 9. 1981. - 298 с.
21. General Electric F101-GE-102, http://www.airwar.ru/enc/engines/f101-102.html.
22. Никольский М. B-1B. Авиация и космонавтика. №3. 2011. http://www.xliby.ru/transport_i_aviacija/aviacija_i_kosmonavtika_2011_03/p6.php
23. Ильин В.Е., Левин М.А.Бомбардировщики. Т 1. - М.: Виктория, Аст, 1996. - 272 с.
24. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, вып. 7. 1975. -282 с.
25. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, вып. 10. 1984 - 320 с.
26. Ю. Алексеев. Американский палубный истребитель-штурмовик F/A-18 "Хорнет" // "Зарубежное военное обозрение", №1, 1993. стр.49-55, №2, 1993. стр.51-55.
27. Левин М.А., Ильин В.Е. Современные истребители. - М.:Хоббикнига, 1994. - 288 с.
28. Иванов А. Палубный истребитель-бомбардировщик F/A-18. Военное обозрение. https://topwar.ru/37157-palubnyy-istrebitel-bombardirovschik-f-a-18.html.
29. Yaffee M.L. GE Increases Trust in Engine for F-18. Aviation Week and Space Technology. September, 8. 1975. pp 44 - 45.
30. McDonnell Douglas F/A-18 Hornet. Материал из Википедии - свободной энциклопедии.
31. Иностранные авиационные двигатели. - М.: ЦИАМ, приложение к вып. 12. 1992 - 289 с.
32. Boeing F/A-18 Hornet and Super Hornet. http://www.ausairpower.net/bug.html.
33. D.C. Isby . Figter Combat in the Jet Age. London. Harper Collins Publishers. 1997. - 192 pp.
34. Опытный истребитель Northrop F-20 "Tigershark" https://raigap.livejournal.com/651923.html
35. Нереализованные проекты: опытный истребитель F-20 Tigershark (США) https://www.arms-expo.ru/articles/weapons-in-the-world/nerealizovannye-proekty-opytnyy-istrebitel-f-20-tigershark-ssha/
36. Federation of American Scientists. US Military Aircraft. F-20 Tigershark https://yandex.ru/images/search?text=Federation%20of%20American%20Scientists.%20US%20Military%20Aircraft.%20F-20%20Tigershark&stype=image&lr=51&parent-reqid=1615917867661090-1748387185375880518200110-production-app-host-vla-web-yp-194&source=wiz
37. Уголок неба. 2014 (Страница: "Northrop F-20 Tigershark".Дата модификации: 16-03-2021). http://www.airwar.ru/enc/fighter/f20.html.
38. Уголок неба. 2012 (Страница: "McDonnell Douglas F/A-18D Hornet". Дата модификации: 17-03-2021). http://www.airwar.ru/enc/fighter/f18d.html.
39. Самолёт KAIT-50 Голден Игл. Военное оружие и армии мира. https://yandex.ru/turbo/warfor.me/s/samolet-kai-t-50-golden-eagle/
40. Тейлор М., Маандэй Д. Книга Гиннесса об авиации: Рекорды, факты и достижения - Мн.: БелАДИ ("Черепаха"), Беларусь, 1997. - 288 с.
41. F404. General Electric, USA. http://www.leteckemotory.cz/motory/f404/index.php?en.
42. Super Skyhawk -ST Aerospace A-4SU Super Skyhawk. https://wiki2.wiki/wiki/ST_Aerospace_A-4SU_Super_Skyhawk
43. Военный Самолёт. https://www.pinterest.ru/pin/106397609922032680/
44. Bjarke L.J., Del Frate J.H., Fisher D.F. A Summary of the Forebody High-Angle-of-Attack Aerodynamics Research on the F-18 and the X-29A Aircraft. NASA Technical Memorandum 104261. NASA Dryden Flight Research Facility, Edwards, California. 1992. 20 pp.
45. Уголок неба. 2004. (Страница:"Grumman X-29" Дата модификации:27-03-2021). http://www.airwar.ru/enc/xplane/x29.html.
46. Экспериментальный самолёт Rockwell-MBB X-31A. http://www.dogswar.ru/oryjeinaia-ekzotika/aviaciia/4516-eksperimentalnyi-sam.html.
47. Уголок неба. 2019 (Страница:"Rockwell, MBB X-31" Дата модификации:28-03-2021). http://www.airwar.ru/enc/xplane/x31.html.
48. A-6 "Intruder". Палубный штурмовик. (США). https://modernweapon.ru/aviatsiya/shturmoviki/a-6-intruder-palubnyj-shturmovik-ssha.
49. F404. https://deagel.com/Propulsion%20Systems/F404/a001734
50. Wieliczko L.A. Boeing X-45 i Northrop Grumman X-47. ARMIA 6 (69) CZERWIEC 2014. pp. 48 - 56. https://docplayer.pl/10116570-Boeing-x-45-i-northrop-grumman-x-47.html.
51. https://gaz.wiki/wiki/ru/Boeing_X-45.
52. Уголок неба. 2012 (Страница:"Lockheed F-117 Nighthawk" Дата модификации:01-05-2021). http://www.airwar.ru/enc/fighter/f117.html.
53. Lockheed F-117A Nighthawk. Малозаметный тактический ударный самолет. https://topwar.ru/15671-o-f-117.html.
54. Истребитель HAL Tejas. Провал или повод для гордости? https://topwar.ru/155467-istrebitel-hal-tejas-proval-ili-povod-dlja-gordosti.html.
55. Thai Military and Asian Region. https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2016/08/26/northrop-f-20-tigershark.
56. F404-GE-IN20 Engines Ordered for India Light Combat Aircraft. http://www.defense-aerospace.com/article-view/release/78685/india-orders-f404-engines-for-light-combat-aircraft.html
57. General Electric Engines for India.http://forum.militaryparitet.com/viewtopic.php?id=20249
58. Уголок неба. 2004 (Страница: "Турбовентиляторный двигатель с форсированной тягой Volvo RM12" Дата модификации: 10-05-2021). http://www.airwar.ru/enc/engines/rm12.html.
59. Volvo RM12. https://ru.knowledgr.com/01538068/VolvoRM12.
60. SAAB JAS-39 Gripen. http://skyships.ru/?page_id=11549.
61. Sweden's JAS 39 Gripen Fighter: Can't Afford an F-35? Buy This Instead. https://nationalinterest.org/blog/buzz/swedens-jas-39-gripen-fighter-cant-afford-f-35-buy-instead-76926.
62.Французский многоцелевой истребитель Dassault Rafale. https://topwar.ru/24871-francuzskiy-mnogocelevoy-istrebitel-dassault-rafale.html.
63. Суперистребители. Новое поколение боевых самолётов: Иллюстрированная энциклопедия. Под ред. МУильямса. - М.: "Омега", 2006. - 144 с.

Связь с автором: zrelov07@mail.ru

XVIII ОЛИМПИАДА ПО ИСТОРИИ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

Светлана Валентиновна Александрова, главный менеджер Союза авиастроителей
Александр Иванович Бажанов, академик Международной инженерной академии

23 апреля 2021 года в 10 часов в Москве в конференц-зале "GALAXY" Дизайн-Отеля состоялся Молодёжный симпозиум XVIII Международной олимпиады по истории авиации и воздухоплавания им. А.Ф. Можайского, посвящённой 100-летию наследия Н.Е. Жуковского.

Олимпиада проводится Союзом специалистов в области авиастроения "Союз авиастроителей" и Академией наук авиации и воздухоплавания при поддержке Общероссийской общественной организации "Союз машиностроителей России".

Главная цель проведения олимпиады - популяризация российской авиастроительной отрасли и привлечение молодежи к работе в авиации и авиастроении.

Методическое обеспечение олимпиады разработано с использованием Гранта Президента Российской Федерации.

Олимпиада стала традиционной и проводится каждый учебный год с целью популяризации достижений технической мысли в области авиации и воздухоплавания, выявления творческой молодёжи и её профессиональной ориентации на специальности, связанные с созданием и эксплуатацией авиационной техники.

Олимпиада проводится для юношей и девушек в возрасте от 12 до 18 лет, независимо от гражданства и места проживания, добровольно изъявивших желание принять участие в олимпиаде. Рабочий язык олимпиады - русский.

Олимпиада привлекает подростков, увлекающихся авиацией, из различных регионов России и ближнего зарубежья. В течение всего учебного года участники публикуют свои работы, получают отзывы на них как от своих сверстников, так и от профессионалов, общаются с интересными людьми. Тот факт, что Первый тур олимпиады проходит в сети интернет, а Второй - очный - в виде Молодёжного симпозиума финансируется спонсорами и меценатами, позволяет подросткам участвовать в мероприятии независимо от благосостояния их семей (в 2020 году из-за пандемии коронавируса очный тур не состоялся).

В первый день симпозиума - 22 апреля - финалисты Олимпиады, представители регионов и их сопровождающие посетили московский "Мемориальный музей космонавтики" - один из крупнейших научно-исторических музеев мира, расположенный на Аллее Космонавтов. От экскурсии все в восторге, проводил её Старший научный сотрудник музея Георгий Лисицын, который увлекательно рассказал ребятам об уникальных и оригинальных экспонатах музея, ответил на их вопросы.

После экскурсии финалисты приняли участие в серии психологических тренингов и консультаций, направленных на сплочение команды и снятие излишнего эмоционального напряжения. Эти тренинги и консультации провели известные детские психологи: Иван Андреевич Дрозд и Эльмира Шамилевна Дрозд. По окончании тренингов ребята встретились со своими консультантами и потренировались в работе с презентационным оборудованием.

23 апреля финалисты представили свои работы на Молодёжном симпозиуме. Открыл симпозиум Вице-президент Союза авиастроителей по образовательным и профориентационным проектам, директор Международного института новых образовательных технологий РГГУ, кандидат технических наук Сергей Викторович Кувшинов.

В работе Жюри олимпиады приняли участие: Председатель жюри, доктор философских наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, Почётный работник высшего образования РФ, академик Российской академии естественных наук Надежда Гегамовна Багдасарьян; главный редактор журнала "Двигатель", генеральный директор ООО "Рэм-вибро", действительный член Международной инженерной академии Александр Иванович Бажанов; Вице-президент Союза авиастроителей по образовательным и профориентационным проектам, директор международного института новых образовательных технологий РГГУ, кандидат технических

Жюри готовится к оценке докладов участников Олимпиады

Исполнительный Вице-президент Союза авиастроителей С.В. Гвоздев приветствует участников Олимпиады

С.В. Кувшинов пожелал участникам Олимпиады успехов

наук Сергей Викторович Кувшинов; Вице-президент Российской инженерной академии, доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Премии Президента Российской Федерации Марк Рахмильевич Либерзон; Заведующий кафедрой "Летательные аппараты" Южного федерального университета, Генеральный конструктор ТАНТК им. Г.М. Бериева, Лауреат премии правительства России в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, действительный член Российской академии транспорта Геннадий Сергеевич Панатов; Директор Проектного комплекса "Гражданские самолёты" Национального исследовательского комплекса "Институт имени Н.Е. Жуковского", доктор технических наук, академик Академии военных наук Андрей Александрович Пухов; Руководитель Проблемной группы истории авиации Института истории естествознания и техники им. А.С. Вавилова Российской академии наук, историк, писатель, кандидат технических наук Дмитрий Алексеевич Соболев; Военный лётчик, авиажурналист, Почётный член Авиационного содружества "Свети Илия", Кавалер Почётного Золотого знака пилота ВВС и ПВО Армии Сербии, профессор Радмила Дмитриевна Тонкович (Республика Сербия) (через интернет); специалист в области аэрокосмической техники, кандидат технических наук, доцент Владимир Николаевич Шауров.

В качестве почётных гостей в симпозиуме приняли участие: Президент Фонда М.Л. Миля Надежда Михайловна Миль; Член рабочей группы Государственной комиссии по вопросам развития Арктики Президиума Координационного совета по развитию Северных территорий и Арктики Российского союза промышленников и предпринимателей, кандидат экономических наук, профессор Российской академии естествознания Александр Валентинович Федотовских и победители прошлых олимпиад: Анастасия Васильевна Бадакова, Илья Александрович Гришин, Венедикт Владимирович Дорожко.

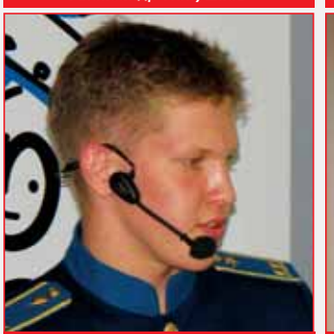
Все финалисты олимпиады получили Сертификаты победителей Первого тура и сувениры от интернет-магазина компании "Модельер", г. Москва, Россия; ООО "Пилотажная группа "Стрижи" г. Москва, Россия и Союза машиностроителей России; книги

От Союза машиностроителей России участникам финала Олимпиады призы вручает А.А. Тиунов

Егор Попов

Александр Понушков

Дарья Сёмина



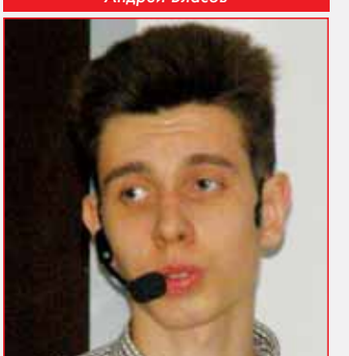
Марат Мулюков

Марина Каширина

Эдуард Акопов

Андрей Власов

Кирилл Шишкин



Сергей Приб

Николай Водолазов участвовал в Олимпиаде online

доктора технических наук, академика РАН, Героя РФ, заслуженного ученого и конструктора в области вертолетостроения, Генерального конструктора АО "Камов" Сергея Викторовича Михеева; Заслуженного лётчика-испытателя СССР, Героя Советского Союза, Владимира Николаевича Кондаурова; Военного лётчика, авиажурналиста, Почётного члена Авиационного содружества "Свети Илия", Кавалера Почётного Золотого знака пилота ВВС и ПВО Армии Сербии, профессора Радмилы Дмитриевны Тонкович (Республика Сербия) и от Фонда содействия авиации "Русские Витязи", г. Москва, Россия.

Победителями восемнадцатой Олимпиады стали:

1 место - Власов Андрей Юрьевич (Пермь), с работой "Как сложились судьбы русских авиационных инженеров, эмигрировавших в другие страны?";

Надежда Багдасарьян вручила призы Андрею Власову

2 место - Акопов Эдуард Артурович (Таганрог), с работой "Забытый проект самолёта Бе-30";

Вручение призов Эдуарду Акопову за второе место

3 место - Каширина Марина Сергеевна (Уфа), с работой "Вклад парового двигателя в развитие авиации";

3 место - Сёмина Дарья Владимировна (Лиски), с работой "Какова история и в чём перспективы развития самолётов схемы "летающее крыло"?".

Вручение призов за третье место М. Кашириной и Д. Сёминой

Призы победителям Олимпиады предоставили: Союз авиастроителей, Союз машиностроителей России и Часовая производственная компания "Romanoff".

Специальный приз Союза авиастроителей "Приз зрительских симпатий" за первое место в рейтинге популярности на сайте Олимпиады вручён Дарье Владимировне Сёминой.

Специальный приз в номинации "За лучшее отражение героических страниц в Великой Отечественной войне" получил Александр Алексеевич Понушков (Комсомольск-на-Амуре).

На основании п. 5.3 Положения об олимпиаде победители Олимпиады были приглашены стать членами Союза авиастроителей.

В подготовке и проведении Молодежного симпозиума принимали участие: Академия наук авиации и воздухоплавания (Россия); Компания "АКФ-Консалтинг" (Москва); Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет); компания "Модельер" (Москва); МПО им. И. Румянцева и лично его Генеральный директор Л.М. Халфун; Научно-технический журнал "Двигатель" (Москва); Пермский авиационный техникум им. А.Д. Швецова; Рекламно-производственная компания "Гарусс" (Москва); Российский государственный гуманитарный университет (РГГУ); Союз машиностроителей России; Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ); Фонд содействия развитию авиационных и космических технологий (Авиакосмофонд) (Москва); Фонд содействия авиации "Русские Витязи" (Москва); Часовая производственная компания "Romanoff" (Москва).

Огромную работу по подготовке и проведению симпозиума провели сотрудники Молодёжного конструкторского бюро ООО "АКФ-Консалтинг".

Работа симпозиума транслировалась в сеть Интернет.

Группа технической поддержки за работой

О ПЕРВЫХ ПОЛЁТАХ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

В ЦИАМ ПРОШЕЛ КРУГЛЫЙ СТОЛ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 30-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПОЛЕТА НА ВОДОРОДЕ И ПЕРСПЕКТИВАМ ПРИМЕНЕНИЯ КРИОГЕННОГО ТОПЛИВА

Дмитрий Александрович Боев, генеральный директор журнала "Двигатель", (по материалам ЦИАМ)

Фото И.М. Ивановой

Дорогу в эру магистральных криопланов открыли 30 лет назад, когда 15 апреля 1988 года в небо впервые поднялся самолет, использующий в качестве топлива жидкий водород. Это был советский Ту-155 с двигателем НК-88. Наш журнал уже неоднократно обращался к этой теме (смотри:. "Двигатель" № 5 за 2017 год, статья В.И. Гурова "50 лет первым в СССР испытаниям авиадвигателя на водороде", его же статья "Уникальный самолет ТУ-155 с водородным двигателем" в №5 2013 и некоторые другие).

16 апреля 2018 года в Центральном институте авиационного моторостроения имени П.И. Баранова (ЦИАМ, входит в НИЦ "Институт имени Н.Е. Жуковского") под председательством генерального директора ЦИАМ М.В. Гордина состоялся круглый стол "Криогенное топливо для летательных аппаратов будущего. К 30-летию первого полета самолета Ту-155 с двигателем НК-88, работающим на жидком водороде".

Встреча состоялась в рамках деловой программы Международного форума двигателестроения. В мероприятии приняли участие представители предприятий, занимающихся разработкой заявленной темы: НИЦ "Институт имени Н.Е. Жуковского", Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения" (АССАД), АО "ОДК", ФГУП "ЦАГИ", ПАО "Кузнецов", ПАО "Туполев", ПАО "ОАК", ООО "Газпром ВНИИГАЗ", ОАО "ИНТЕРАВИАГАЗ", ПАО "Криогенмаш", МГТУ им. Н.Э. Баумана и др.

Открыл круглый стол президент АССАД Виктор Михайлович Чуйко. Он отметил, что состоявшийся 30 лет назад экспериментальный полет отразил лидерство СССР в разработке опережающего технологического задела по освоению криогенной авиационной техники. Накопленный опыт востребован и в современных условиях.

С приветственным словом к участникам обратился советник заместителя председателя Коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации В.В. Архипов. Он входил в состав легендарного экипажа из 5 человек, который в 1988 году поднял в воздух и впоследствии успешно провел полный цикл испытаний "водородного" Ту-155. Эпохальному полету предшествовало 12-летнее сотрудничество многих НИИ, испытательных центров и производственных предприятий под руководством ОКБ, возглавляемых А.А. Туполевым и Н.Д. Кузнецовым. Инженер-испытатель поделился личными воспоминаниями о людях, благодаря которым проект состоялся. "Команда была уникальной, - сказал он. - Каждый четко отрабатывал свою часть, подходил ответственно и побеждал. Уже в первом полете пришло ощущение, что все у нас получится". Валерий Владимирович подчеркнул важность применения наработок для расширения использования водородных технологий для наземных нужд энергетики и промышленности.

В речи генерального директора ЦИАМ М.В. Гордина отмечалось, что ЦИАМ готов продолжить исследования возможностей применения криогенных топлив и создания авиационных силовых установок на альтернативных топливах, а также выступить координатором по реализации комплекса мероприятий по данной тематике.

Заместитель генерального директора по проектированию, НИР и ОКР ПАО "Туполев" Валерий Иванович Солозобов рассказал о создании экспериментального Ту-155 и разработанном для его обслуживания инфраструктурном криогенном комплексе. Докладчик отметил, что "Туполев" является обладателем разнообразных сложнейших технологий в области использования в авиации СПГ и жидкого водорода.

Представитель ПАО "Кузнецов" А.И. Иванов обратился к теме двигателей на криогенном топливе: НК-88 для работы на жидком водороде, его модернизированного варианта НК-89 для работы на СПГ и последующих разработок, в частности, энергетической установки для магистрального грузового газотурбовоза ГТ1-001. В 2009 году этот газотурбовоз был внесен в Книгу рекордов Гиннеса как самый мощный в мире. Александр Иванович отметил уникальность криогенной инфраструктуры ПАО "Кузнецов", позволяющей вырабатывать жидкий кислород, азот и СПГ. "Накопленный научно-технический задел позволяет приступить к разработке ГТД для объектов авиационного и наземного назначения", - подытожил он.

Начальник отдела ЦИАМ Анатолий Иванович Гулиенко развил тему, рассказав о системах автоматического управления двигателей на криогенном топливе.

Начальник отделения ФГУП "ЦАГИ" Андрей Викторович Шустов представил концепции развития криогенной авиационной техники. Он подчеркнул, что этому должны предшествовать расчетно-аналитические и опытно-конструкторские работы по созданию теплозащитных систем, конструктивно-компоновочных решений хранения топлива и накопление опыта эксплуатации криогенных систем. Инфраструктура для магистральных трубопроводов жидководородных систем и все элементы комплектующего оборудования в настоящее время унифицированы и могут быть использованы при создании аэродромного оборудования криогенной авиации. Все исходные материалы для этого есть в наличии, однако переход потребует значительных капиталовложений и больших мощностей электроэнергии.

Заместитель генерального директора по науке ЦИАМ А.И. Ланшин рассказал о проблемах и перспективах создания двигателей на криогенных топливах. Говоря об опыте ЦИАМ, он отметил, что практический интерес к этой тематике Институт проявил еще в 1950-е гг. Позднее именно специалисты ЦИАМ разработали отраслевой стандарт на водород в качестве авиационного топлива. Итогом программы "Холод", разработку и испытания двигателей в которой осуществлял ЦИАМ, стало подтверждение возможности устойчивого рабочего процесса в демонстраторе высокоскоростного (до М=6,5) жидководородного ГПВРД. В 2010-2015 гг. в Институте впервые в отечественной практике были созданы четыре демонстратора бортовой энергетической установки с приводом воздушных винтов от электрических двигателей, работающих на водородных твердополимерных топливных элементах. В настоящее время ЦИАМ совместно с ЦАГИ участвует в международном проекте "HEXAFLY-INT", целью которого является создание НТЗ для разработки пассажирского самолета на водородном топливе, способного летать на скоростях до М=8. Александр Игоревич озвучил ключевые направления создания НТЗ в области авиационных силовых установок на криогенных топливах.

Представитель ПАО "Криогенмаш" Анатолий Митрофанович Домошенко рассказал об опыте создания инфраструктуры криогенной авиации. Он также проанализировал проблемы и решения, связанные с производством, хранением и транспортировкой водорода. Докладчик предложил сделать переход на альтернативные топлива этапным.

В завершение мероприятия директор проектного комплекса "Гражданские самолеты" НИЦ "Институт имени Н.Е. Жуковского" Сергей Борисович Гальперин проинформировал, что по итогам круглого стола будет составлен пакет предложений в Правительство Российской Федерации о внедрении криогенных технологий в авиационной и другой транспортной технике.

ВЫСТАВКА "НАШИ ДОСТИЖЕНИЯ" 1934 ГОДА

(ФОТОГРАФИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ В ФОНДАХ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ)

Галина Сергеевна Талипова, научный сотрудник отдела истории науки и техники и изучения коллекции Политехнического музея.

В СССР в 1930-х годах работа культурных институций стала одним из важнейших средств агитации и пропаганды. В 1934 году на территории Политехнического музея открылась выставка "Наши достижения", демонстрировавшая успехи по всем видам и отраслям народного хозяйства СССР. Предмет данной статьи – фотоальбомы одного из участников выставки – нефтяного треста "Азнефть", которые достаточно широко и многообразно раскрывают тему колоссальной перестройки нефтяного хозяйства в СССР в 1930–1934 годах.

Политехнический музей - один из старейших технических музеев страны. Его деятельность всегда была тесно связана с прогрессивным развитием научно-технической мысли в нашей стране. Значительное влияние на работу Политехнического музея имели политические, социальные и экономические перемены, происходившие в нашей стране в разные годы. В первую очередь они отражались на характере выставочной деятельности музея. Так, в 1930-х годах работа культурных институций становится одним из важнейших средств агитации и пропаганды. В период подготовки к XVII Съезду ВКП(б) по заданию Техпропа ЦК ВКП(б) на территории Политехнического музея была организована выставка "Наши достижения", которая ставила своей целью показать суммарные итоги первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, первого года второй пятилетки и мобилизовать трудящихся "на дальнейшую борьбу за выполнение второго пятилетнего плана" [1]. Выставка должна была стать одним из важнейших средств пропаганды и распространения технических знаний.

Выставка была грандиозной. Она разместилась на площади около 20 000 м2. Ее участниками стали многочисленные научно-исследовательские институты, заводы, комбинаты, лаборатории, совхозы, колхозы, опытные станции, академии, школы, кооперативные артели. Только в отделе тяжелой промышленности размещалось около 5000 экспонатов, представляющих более 580 предприятий и институтов; в отделе точной индустрии - 90 предприятий, свыше 1000 экспонатов; черная металлургия представлена 30 заводами, около 1000 экспонатов [2]. К работе над экспозицией был привлечен весь штат научных сотрудников, руководителей отделов, лаборантов и экскурсоводов, а также руководство музея.

Изучая материалы по организации выставки, находим, что она была крайне интерактивна и динамична. Экспозиция создавалась на основе подлинных машин и

моделей, демонстрировавшихся в действии. Предметы, которые невозможно было показать в натуре, заменялись на макеты. В экспозиции использовался и плоскостной материал: диаграммы, карты, таблицы и фотографии. Выставка была оборудована проекционными аппаратами и стереоскопами. Для придания экспозиции большей выразительности организаторы выдвинули к участникам требование: "В максимальной степени должны быть использованы достижения техники как средства оформления выставки: а) светотехника не только для освещения, но и для обработки отдельных экспонатов; б) звукозапись (патефон, говорящая проволока, говорящая бумага и т. д.) с использованием для введения в экспозицию отрывков из речей вождей, работников науки, поэтов и т. д., а также музыкальных произведений систематически связанных с данной экспонатурой"; в) диспетчеризация и сигнализационное оборудование для обеспечения организованного движения посетителей по выставке и их обслуживания" [3].

Официальное открытие выставки состоялось 28 февраля 1934 года. Летом выставка была обновлена, дополнена и, поскольку пользовалась успехом, продлена до 1 января 1935 года [4]. Большая площадь выставки не позволяла осмотреть ее за одно посещение, поэтому для удобства посетителей вся экспозиция была разбита на отдельные маршруты:

- Топливо. Металлургия. Машиностроение;
- Энергетика. Химия. Транспорт;
- Сельское хозяйство;
- Станки и инструменты;
- Всесоюзная выставка рабочего изобретательства;
- Лесная промышленность;
- Строительная промышленность и связь;
- Легкая промышленность и промкооперация;
- Рентгенотехника, приборостроение и кинофотопромышленность;
- Арктика. Великий Северный морской путь. Эпопея Челюскина [5].

Во всех отделах отражались основные количественные и качественные достижения отраслей, освоение новых производств и новых видов продукции, основные линии технической реконструкции (электрификация, химизация, механизация, автоматизация и диспетчеризация, рост и освоение мощностей), роль и достижения научно-исследовательской работы на службе производства, изменения условий труда, перевоспитание в процессе труда и в условиях технической реконструкции [6].

После закрытия выставки часть экспонатов осталась в Поли-

Рис. 1. "Лист № 4 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". "Завод "Макс Миллер". Аммиачные холодильные башни", 1930-1933 гг., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,1х23,5 см, КП 14288/4.

Рис. 2. "Лист № 23 из альбома фотографий "Азнефть XVII партсъезду 1934 г.". Погрузка бидонов на шхуну для отправки в Персию", 1930-1933 гг., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,2х23,1 см, КП 14288/23.

Рис. 3."Лист № 4 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Лок-Батан. Поток нефти в главном русле фонтанирующей буровой 45", 1933г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,1х23,5 см, КП 14289/4.

техническом музее. Кроме этого, в фондах музея в настоящее время хранится большое количество разнообразных документальных материалов, а также фотографическое наследие в виде подлинных негативов экспозиций и фотоальбомов экспонентов (Приложение 1). В данной статье расскажем о фотографических альбомах нефтяного треста "Азнефть", которые на выставке представляли успехи нефтяной промышленности СССР.

Экспозиция, посвященная нефтяной промышленности, была представлена в отделе "Топливо", за организацию которого отвечал Наркомтяжпром [7]. Согласно тематическому плану, экспозиционный материал был разделен на девять тем:

1. Запасы нефти (мировые запасы нефти в царской России; успехи геологоразведки в СССР, в результате которых выявлены новые колоссальные запасы нефти в СССР.

2. Добыча нефти, потребление нефтепродуктов (огромный сдвиг в деле нефтедобычи в СССР и упадок нефтедобычи в капиталистических странах; освоение новых месторождений; рост потребления нефтепродуктов и их экспорта).

3. Капиталовложение в нефтепромышленность (рост капиталовложений; влияние на него освоения нашими заводами производств импортного оборудования).

4. Механизация бурения (сопоставление старых и новых способов бурения; введение новых изобретений в деле бурения).

5. Механизация эксплуатации скважин (освоение новейших способов эксплуатации и сопоставление их со старыми).

6. Рационализация транспорта и хранения нефтепродуктов (нововведения в хранении и развитие сети нефтепроводов).

7. Рационализация перегонки и переработки нефти и ее химизация (усовершенствование кубовых батарей, освоение новейших американских приемов перегонки, крекинга, создание собственных систем трубчаток и крекингов).

8. Освоение новых производств в нефтепромышленности (иллюстрация достигнутых успехов в использовании различных отходов и организации новых производств и восстановлении заброшенных).

9. Продукция нефтезаводов (ознакомление с многообразием получаемых продуктов) [8].

К нефтяной промышленности на пути подъема народного хозяйства были предъявлены немалые требования. С одной стороны, она относится к тем отраслям тяжелой индустрии, которые при помощи продуктов своего производства создают условия для развития других отраслей. С появлением новых отраслей промышленности, таких как автомобилестроение, тракторостроение, авиастроение и моторостроение многократно увеличилась потребность в нефтепродуктах (бензин, керосин, масла и т. п.). С другой стороны, нефтяная промышленность сама должна пройти через коренные преобразования.

Масштабные капитальные изменения коснулись крупнейшего нефтяного треста "Азнефть", в который входили нефтедобывающие, нефтеперерабатывающие и "подсобные" предприятия.

История "Азнефти" началась в мае 1920 года, когда в Баку было создано Государственное нефтепромышленное объединение "Азнефтеком" (позднее - "Азнефть"), объединившее все национализированные нефтяные предприятия Бакинского района [9]. К XVII съезду ВКП(б) Азербайджанская нефтяная промышленность пришла с немалыми достижениями. Техническая реконструкция основных производств - бурения и эксплуатации нефтяных скважин, начавшаяся еще в годы, предшествующие первой пятилетке, принесла положительные результаты. Кроме того, к факторам, сыгравшим значительную роль в росте добычи нефти, можно отнести вытеснение паровой машины электричеством, внедрение в нефтеперегонное дело процесса крекинга, освоение производства высоковязких масел и выработку ряда новых нефтепродуктов, введение в эксплуатацию новых нефтеносных районов [10]. Намечавшийся на 1932-1933 годы первым пятилетним планом уровень нефтедобычи был достигнут в середине 1931 года, таким образом, нефтепромышленность выполнила первую пятилетку за два с половиной года [11].

Нефтяной трест "Азнефть" для выставки подготовил десять фотографических альбомов, четыре из которых в настоящее время находятся в фондах Политехнического музея. Оформление всех четырех одинаковое и соответствует эпохе: скромные и лаконичные коленкоровые обложки, на которые золотым тиснением нанесена надпись: "Азнефть XVII-му партс'езду". Особую ценность фотоальбомам придают надписи по нижнему полю фотографий, позволяющие атрибутировать место съемки. На фотографиях запечатлены события 1930-1934-х. Фотографии выполнены неизвестным мастером. Отсутствие каких- либо фотографических приемов съемки (нестандартных ракурсов) говорит об отчетном характере данных фотоальбомов. На передний план вынесен не человек, а промышленные объекты. Сюжеты снимков не имеют громкого агитационного и пропагандистского характера, в отличие от фотографий заводов и фабрик в советской периодической литературе того времени.

Первый фотоальбомом (КП 14288) самый объемный - 34 листа, он освещает сразу несколько тем, среди которых "Техпропаганда" и "Рационализация нефтяной промышленности". Техпропаганда - новый способ улучшения технической грамотности работников всех отраслей промышленности, начиная от рядового рабочего и заканчивая инженером. На страницах фотоальбома мы видим, какими средствами велась техпропаганда в "Азнефти": оформление стендов с наглядной агитацией "Техника в период реконструкции решает все" и экспозиций по разным направлениям нефтяного дела, организация конкурсов среди бригад бурильщиков. [12].

Остальные фотографии альбома относятся к темам нефтепереработки, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов.

1933 год был ознаменован освоением новых крупнейших нефтяных месторождений: Кала (промысел имени Азизбекова) и Лок-Батан (промысел имени Микояна) [13]. Фотографии с этих промыслов помещены во второй альбом (КП 14289). Месторождение Кала

Рис. 4. "Лист № 6 из альбома фотографий "АзнефтьXVII-му партсъезду 1934 г.". Лок-Батан. Русло с нефтью от фонтанирующей буровой 45",1933г.,серебряно-желатиновый отпечаток, 16,3х22,3, КП 14289/6.

Рис. 5. "Лист № 10 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Лок-Батан. Фонтанирующая буровая 37", 1933г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,3х22,5 см, КП 14289/10.

находится на расстоянии 34 км от Баку. Район Лок-Батан - в 12 км к западу от Баку на берегу Каспийского моря. В конце 1931 года на территории Лок-Батана была установлена первая советская глубокая разведочная скважина. В августе - сентябре 1933 года началась промышленная разработка месторождения: только за несколько дней было заложено 40 новых скважин.

Рис. 6. "Лист № 12 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Каротажная установка", 1933 г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,1х22,3 см, КП 14290/12

В этом альбоме интересны фотографии знаменитых крупных нефтяных фонтанов из скважин № 45 и № 37. В мае 1933 года из скважины № 45 стал бить нефтяной фонтан с дебетом до 20 тысяч тонн в сутки. На снимках мы видим фонтанирующую нефть из скважины № 45 и разрушенную им буровую вышку, на других снимках - бурный поток нефти, снятый крупным планом, разлив нефти, а фоном выступают бескрайние просторы месторождения

Лок-Батана и "леса" буровых вышек. Следующий подобный крупный выброс нефти произошел в ноябре 1933 года на буровой № 37 [14].

Рис. 7. "Лист № 14 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Исследование скважины двумя саморегистрирующими потенциометрами "Шлюмберже", 1933 г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,4х22,7 см, КП 14290/14

Необходимым условием для увеличения объемов добычи нефти является открытие и введение в эксплуатацию новых нефтеносных площадей. Третий альбом (КП 14290) посвящен теме нефтяных разведок. Аэрофотосъемка на "Азнефти" была введена в 1931 году. Этот опыт был заимствован у американских коллег как достаточно быстрый и недорогостоящий способ разведки новых нефтеносных районов [15].

Фотографии "Общий вид каротажной установки при исследовании скважины" (лист 12) и "Лебедка с каротажным кабелем на автомашине во время работы" (лист 13) демонстрируют нам использование в нефтеразведке такого метода, как каротаж - определение электрическим способом геологического строения слоев почвы. На других фотографиях альбома представлены разведочные буровые вышки и дома нефтеразведчиков в районах Хыдырлы, Дженги, Шонгар и Рагим.

Четвертый альбом (КП 14291/1-13) посвящен нефтеперерабатывающей отрасли и содержит фотографии различных нефтеперерабатывающих установок.

В период первой пятилетки нефтеперерабатывающая промышленность была значительно реконструирована. Был сооружен целый ряд новых заводов, освоено производство крекинг-бензинов

Рис. 8. "Лист № 1 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Крекинг-заводы. Установки термического крекинга", 1933г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,3х22,5 см, КП 14291/1.

на базе установок Винклер - Коха. Важность освоения крекинг-процесса состоит в том, что он позволяет получать огромные дополнительные количества бензина из нефтяных остатков.

В дореволюционной России нефтяные компании не были заинтересованы в развитии крекинга. Прежде, наиболее легкую составляющую нефти - бензин - просто уничтожали, считая его отходом производства. И, несмотря на то что впервые конструкция для эксплуатации крекинг-процесса была разработана инженерами В.Г. Шуховым и С.П. Гавриловым еще в 1890 году, она не нашла своего развития и применения [16]. Только в 1930-х боевыми темпами начался процесс развития крекинга в СССР. В 1931 году в Баку были пущены в эксплуатацию две установки Винклер - Коха [17].

В альбоме представлены фотографии установок Винклер-Коха американского производства Гревера, Баджера, Алко, завода брайтстоков Макс-Миллера, которые были внедрены и освоены в течение 1930-1933 годов [18].

Подводя итоги, можно отметить следующее.

Выставка "Наши достижения" стала настоящим смотром успехов по всем видам и отраслям народного хозяйства СССР за период с 1928 по 1934 год. Поражало в этой выставке все: и количество экспонентов, и количество представленных предметов, и само оформление экспозиции. Кроме того, выставка сыграла важную роль в экспозиционной деятельности Политехнического музея. Она явилась началом масштабной перестройки экспозиционных залов музея: почти все предметы, освещавшие главным образом историю дореволюционной техники, были сняты с экспозиции. После закры-

Рис. 9. "Лист № 9 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Советский крекинг-завод", 1933 г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,2х22,5 см, КП 14291/9.

Рис. 10. "Лист № 13 из альбома фотографий "Азнефть XVII-му партсъезду 1934 г.". Емкости для хранения масел", 1933г., серебряно-желатиновый отпечаток, 16,4х23,0 см, КП 14291/13.

тия выставки часть предметов осталась в Политехническом музее. Вместе с тем сохранились материалы по организации и проведению выставки, фотографии и негативы экспозиционных комплексов. Большой интерес представляют фотографические альбомы, которые были подготовлены участниками специально для выставки. Данные альбомы имеют характер отчетов и демонстрируют производственные процессы отдельных фабрик и заводов, готовую продукцию, успехи и изменения, произошедшие за последние годы. Все эти альбомы являются важным документальным источником, отражающим определенный этап развития советской промышленности. Некоторых предприятий, представленных на страницах альбомов, давно уже не существует, и они стали частью истории.

Приложение 1.

Фотоальбомы, подготовленные экспонентами для выставки "Наши достижения"

1. КП 14293 Альбом фотографий "Ленинградский областной Совет Профсоюзов к XVII съезду ВКП(б): Дома культуры, клубы, физкультурные сооружения". 1934. 30 л.

2. КП 14294 Альбом фотографий "XVII съезду ВКП(б) от треста "Союз-сера". Фотомонтаж по серному руднику в Кара-Кумах". 1934. 7 л.

3. КП 14295 Альбом фотографий "Государственный Политехнический музей, выставка "Наши достижения". Отдел Нар. Ком. Лег. Пром. 1934". 1934. 41 л.

4. КП 14298 Альбом фотографий "НКТП СССР. Главное управление судостроительной промышленности XVII съезду ВКП(б). Завод: Балтийский судорем. и механ.". 1934. 36 л.

5. КП 14299 Альбом фотографий "НКТП СССР. Главное управление судостроительной промышленности XVII съезду ВКП(б). Завод: судостроительный и механ. "Петрозавод". 1934. 20 л.

6. КП 14300 Альбом фотографий "НКТП СССР. Главное управление судостроительной промышленности XVII съезду ВКП(б). Завод: "Северная судостроительная верфь"". 1934. 21 л.

7. КП 14301 Альбом фотографий "НКТП СССР. Главное управление судостроительной промышленности XVII съезду ВКП(б). Завод: судостроит. и мех. "Судмех"". 1934. 21 л.

8. КП 14428 Альбом фотографий "Народный комиссариат тяжелой пром. (НКТП). Главэнергпром. Художественное литье и ширпотреб Кусинского чугунолитейного з-да". 1934. 16 л.

9. КП 14050 "Завод "Электроцинк" в г. Орджоникидзе". 1934. 23 л.

10. КП 14051 "Златоустовский металлургический завод. Освоение техники производства высококачественных сталей. Спецсталь. 1933 г.". 1933. 48 л.

11. КП 14052 "Всесоюзное объединение "Востокосталь "Чусовский металлургический завод"" 1934 г." (черной тушью на ватмане: "Достижения Чусовского завода за первое пятилетие и 1933 г. по освоению качественной стали"). 1934. 34 л.

12. КП 14053 "Завод ферросплавов имени К. Е. Ворошилова (г. Челябинск). 1934 г.". 1934. 28 л.

13. КП 14057 "Днепровский металлургический комбинат "Запорожсталь"" 1933. 12 л.

14. КП 14059 "Днепровский алюминиевый комбинат. Этапы строительства". 1933. 14 л.

15. КП 14060 "Днепровский алюминиевый комбинат. Электролитный и электродный цеха". 1934. 18 л.

16. КП 14063 "Знатные люди Керченского государственного металлургического завода имени Войкова с фотоиллюстрациями их производительных участков". 1935. 13 л.

17. КП 14064 "Завод редких элементов". 1932-1933. 17 л.

18. КП 14292 Альбом фотографий "XVII съезду ВКП(б) от ударников Всесоюзной проектно-монтажной конторы Канатдортранс". 1933-1934. 29 л.

19. КП 29694 Альбом с фотографиями ч/б. "Завод "Красный резинщик"". 1934. 17 л.

20. КП 29697 Альбом с фотографиями ч/б. "Ярославский резиново-асбестовый комбинат". 1931-1932. 21 л.

21. КП 14539 Альбом фотографий "Заводы объединения "Союздизель" к началу 2-й пятилетки". Начало 1930-х. 19 л.

22. КП 29682 Альбом с фотографиями ч/б. "Строительство азотно-тукового комбината". 1930-1933. 24 л.

23. КП 14628 Альбом фотографий "Заводы объединения Союз-дизель к началу 2-й пятилетки 1933 г.". 1933. 33 л.

Литература

1. Фонд письменных источников Политехнического музея (ФПИ ПМ) Ф. 100. Оп. 3. Ед. хр. 30049/115. Л. 37.
2. ФПИ ПМ. Ф. 100. Оп. 3. Ед. хр. 30490/24. Л. 2.
3. Там же. Оп. 34. Ед. хр. 31832/34. Л. 108.
4. Семенова О. В. Выставочная деятельность Политехнического музея в 1920-1930-е годы // История техники и музейное дело: материалы 5-й науч.-практ. конф., 12-13 декабря 2006 г. М., 2007. Вып. 4, ч. 1. С. 98.
5. Наши достижения: выставка: путеводитель / Нар. комиссариат просвещения, Гос. политехн. музей. М., 1934. С. 1-12.
6. ФПИ ПМ. Ф. 100. Оп. 34. Ед. хр. 31832/46. Л. 106.
7. Народный комиссариат тяжелой промышленности СССР.
8. ФПИ ПМ. Ф. 100. Оп. 34. Ед. хр. 31832/46. Л. 150-152.
9. Николаевский Н. М. Вопросы экономики нефтяной промышленности СССР: ист. очерк: учеб. пособие для студентов нефт. втузов и техникумов. М., 1938. С. 44.
10. Пути роста и реконструкции Азербайджанской нефтяной промышленности: в цифрах и диаграммах. 1923/24-1933 гг. / Азнефть. Планово-экон. упр. Баку. М., 1933. С. 3.
11. Там же.
12. Гос. объединение нефт. пром-сти "Союзнефть". 1-я Всесоюз. конференция по рационализации нефт. пром-сти. Баку. 1930. С. 4.
13. Азербайджанская нефтяная промышленность 1933 г. с прил. краткого обзора за 1932 г.: стат. ежегод. / Гос. объед. азерб. нефт. пром-сти. Азнефть. Баку. М., 1935. Т. 2. С. 1.
14. Генкин И. Об освоении новых нефтяных районов (из опыта Лок-Батана) // Нефт. хоз-во. 1934. № 3. С. 35-37.
15. Работа "Азнефти" в 1931 году и задачи на 1932 год: к докладу управляющего Азнефти на VII Азербайджанском съезде профсоюзов. Баку, 1932. С. 47.
16. Кузьмина Э. И. Крекинг-установка В. Г. Шухова и С. П. Гаврилова // Кристалл. 2018. № 2. С. 7.
17. Новое в технике нефтяной промышленности СССР: сб. ст. М., 1933. С. 89-90.
18. Андреев Д. А., Дунаев Ф. Ф. Нефтяная промышленность к XVII съезду ВКП(б) // Нефт. хоз-во. 1934. № 1. С. 6.

Связь с автором: gstalipova@polytech.one

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 - 6-2020)

У военных Великобритании - страны, активно участвовавшей в создании блока НАТО, по идее, должны были быть единые подходы в создании всех видов вооружения со своими коллегами из других стран. Однако у них было своё видение на развитие техники. В те же годы, когда в ФРГ и Франции разрабатывали требования к среднему танку, английские военные, проанализировав боевое применение "Центурионов" в Корее, пришли к выводу о необходимости обеспечения высокой защищённости и огневой мощи перспективного танка с одновременным сохранением подвижности.

Однако, путь при движении к цели был не таким простым.

Напомним, что в 1954 году на вооружение британской армии поступили танки Centurion Mk 7/2 (FV 4012) с пушкой L7. Доведением "центуриона" до этого уровня вместо фирмы "Виккерс-Армстронг", традиционно до этого этим занимавшейся, работали конструкторы фирмы Leyland. Ими же в инициативном порядке была проведена ещё одна модернизация Mk.7, в результате которой в 1955 году появился танк Centurion Action X с принципиально новой башней. Новизна заключалась в полном отсутствии маски орудия при одновременном усилении лобовой части (до 198 мм) и установки её под большим углом наклона (башня типа "mantlet-less"), что повысило противоснарядную устойчивость башни.

Centurion Action X с 20-фунтовой пушкой

Во всех источниках о танке Centurion Action X говорится о единственном построенном танке и ещё об одной изготовленной башне для испытания её на снарядоустойчивость. Однако из анализа имеющихся в свободном доступе в Интернете фотографий можно сделать вывод о наличие двух, несколько отличающихся друг от друга, башен "mantlet-less", причём одна с модернизированной 20-фунтовой (84-мм) пушкой без дульного тормоза, но с эжектором, а другая со 105-мм пушкой L7.

Centurion Action X со 105-мм пушкой L7

Конкретные результаты ходовых и баллистических испытаний танков Centurion Action X, башен и пушек неизвестны, башня по типу "mantlet-less" на следующие модификации "Центурионов" не устанавливали, но подобная ей башня нашла своё место в танке FV4202, который фирма Leyland изготовила в металле в 1956 г. Напомним, что в этом же году специалистами FINABEL только-только были разработаны тактико-технические требования на европейский средний танк, к созданию которого немецкие и французские конструкторы приступили ещё позднее.

Конструкторы фирмы Leyland сделали FV4202 несколько приземистее в сравнении с "Центурионами" благодаря бо́льшим углам наклона лобовых листов. В итоге удалось снизить высоту танка на 25 см, которая стала равна 2,75 м. Кроме уменьшения высоты конструкторы уменьшили и длину танка на 0,5 м. Благодаря этому масса танка уменьшилась до 40 т (снижение на 10 т относительно модификации Centurion Mk 7), и в ходовой части стало достаточно применить по 5 опорных катков на борт вместо шести (очень похоже на Т-54). Лобовые листы брони FV4202 имели ту же самую толщину, как и у танка Centurion Mk 7, но, благодаря ещё бо́льшему углу наклона, корпус получился более защищенным. Правда, пришлось из-за этого расположить механика-водителя в полулежащее положение.

Опытный танк FV 4202

Лобовая часть башни танка FV4202 несколько напоминала башню у Centurion Action X с 20-фунтовой пушкой, но под вырезом для орудийной установки появился выступ, получивший название "борода".

Всего было изготовлено три экземпляра танка FV4202, в том числе с нарезной пушкой L11, новым двигателем Leyland L60 и лучшей защищенностью. Испытания танка FV4202 продолжались несколько лет, но дойти до серийного производства и у этого варианта не получилось.

Практически одновременно, иногда опережая, а иногда и просто останавливаясь, шла работа над проектом танка, имевшего индекс FV4201. Техническая реализация отдельных идей осуществлялась на машине FV4202, а после того, как этот проект был закрыт, все удачные наработки по нему легли в основу будущего основного боевого танка, тактико-технические требования и общая компоновочная схема которого были разработаны в 1956 году в научно-исследовательском центре MVEE. Основное требование ТЗ на создание основного боевого танка: подвижность должна быть как у "Центуриона" и при этом должен был поражать на больших дистанциях все существующие на тот момент советские танки (в т.ч. и Т-10).

Проектированием танка занялись специалисты государственного научно-исследовательского института боевых машин - FVRDE (Fighting Vehicle Research & Development Establishment) совместно с инженерами фирм Leyland и Vickers. Vickers бралась за разработку башни к новому танку. Естественно, что эти фирмы в процессе проектирования использовали наработки, полученные в ходе создания и испытания танков Centurion Action X и FV4202. В 1959 году, всего через два года с начала проектирования, на танковом заводе Royal Ordnance Factory в Лидсе был построен опытный образец танка, заводские испытания которого начались в сентябре.

Ранний прототип FV4201 с первым вариантом 120-мм пушки (L1A1)

В ходе испытаний была подтверждена недостаточная мощность первого английского оппозитного танкового двигателя, который максимально выдавал всего 450 л.с. и разгонял 45-тонный танк на шоссе только до 40 км/ч и ещё меньше на пересечённой местности.

В связи с этим, представляет интерес история появления в английском танкостроении дизельного двигателя с оппозитным расположением поршней. Всё началось с 7-тонного грузового автомобиля R7, выпущенном в 1948 году, и в котором в кабине под сиденьями находился бензиновый двигатель.

В 50-х годах компания Rootes Group решила установить на этот грузовик дизельный двигатель, но так, чтобы он умещался в том же объёме.

Для удовлетворения этого требования подходил дизельный двигатель с оппозитным расположением поршней, создание которого началось в компании Tilling-Stevens ещё в 1945 году.

Сначала был построен одноцилиндровый двухтактный прототип, а затем два трёхцилиндровых двигателя TS3.

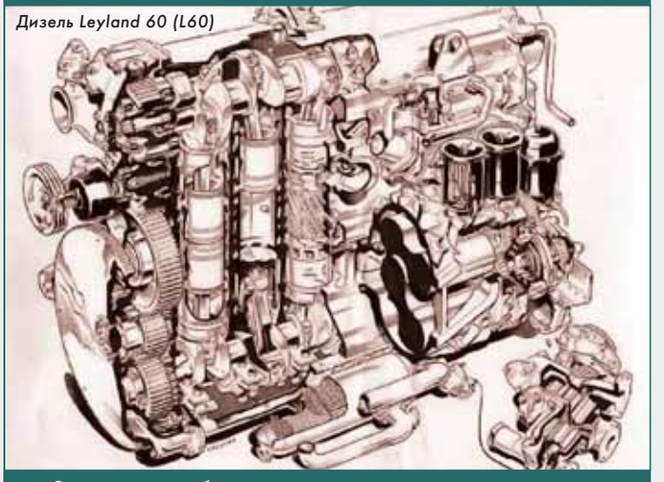
В каждом горизонтальном цилиндре находилось по два поршня, которые, двигаясь в противоположных направлениях, через шатун, коромысло, рычаг и второй шатун приводили в движение только один коленчатый вал, расположенный под цилиндрами. Помимо такой кинематической схемы уже были оппозитные поршневые двигателей с двумя коленчатыми валами, но конструкторы выбрали вариант с общим коленвалом.

TS3 выдавал всего 105 л.с., но именно он стал одним из прототипов для 19-литрового двигателя Leyland L60, предназначенного для перспективного среднего танка.

Ещё на начальном этапе проектирования английского основного боевого танка в качестве силовой установки предполагался 8-цилиндровый V-образный дизельный двигатель компании Rolls-Royce. Но тут "подоспели" требования НАТО об установке на всех боевых бронированных машинах многотопливных дизельных двигателей. Разработка такого двигателя была поручена компании Leyland Motors с "подсказкой", что за основу можно взять конструкцию двигателя TS3, который имел на тот момент в основном положительные отзывы. Помимо того, что он мог работать на нескольких видах топлива, его конструкция отличалась простотой с малым количеством деталей, низкой нагрузкой на подшипник и хорошей характеристикой холодного пуска.

Фирме Leyland Motors в работе над новым двигателем помогала компания Rolls-Royce. Они вначале создали одноцилиндровые прототипы двигателей, а к 1959 году создали полноценную конструкцию двигателя под названием Leyland 60 (L60).

Дизель Leyland 60 (L60)



Этот двигатель работал по двухтактному циклу, позволявшему при 19-литровом рабочем объёме получать почти такую же мощность (порядка 600 л.с.), как и 27-литровый бензиновый двигатель Rover Meteor. Продувка цилиндров осуществлялась с помощью нагнетателя Рутса. Основное отличие L60 от оппозитного двигателя TS3 заключалось в применение не одного, а двух коленчатых валов, как у немецкого дизеля Junkers Jumo.

В МТО многотопливный двухтактный 6-цилиндровый оппозитный дизель жидкостного охлаждения L60 фирмы "Лейланд" мощностью 585 л.с. устанавливался с вертикальным расположением цилиндров. Запуск двигателя осуществлялся в нормальных условиях с помощью электростартера, на морозе - гидростартера. Оба стартера запитывались от энергоустановки, двигателем в котором являлся 3-цилиндровый оппозитный дизель Coventry Climax мощностью 23 л.с.

Конструктивно двигатель и система охлаждения L60 были спроектированы в виде единого блока. Замена вышедшего из строя двигателя на исправный занимала не более двух часов.

Первые варианты двигателя L60 под индексами от Mark 1 до Mark 4 мощностью 450 л.с. предназначались для проведения доводочных испытаний, заводских испытаний и испытаний в составе семи построенных прототипов.

В период с 1959 по 1964 год было построено 60 таких двигателей.

Обнаруженные в ходе заводских испытаний дефекты двигателя постепенно устранялись, причём при этом пришлось менять и конструкцию танка. Так, для устранения вибрации двигателя и системы охлаждения пришлось менять конструкцию задней части корпуса вместе с МТО. Эта доработка привела к росту массы танка почти до 50 тонн, что в свою очередь потребовало усилить подвеску, первоначально рассчитанную на 45-тонную массу танка. Проблемы у самого двигателя наблюдались в месте уплотнения гильзы цилиндра, из-за чего охлаждающая жидкость попадала в цилиндры двигателя, и из выхлопной трубы шёл белый дым. Ещё один дефект был связан с избыточным натяжением ремней привода вентилятора, что приводило к растрескиванию картера. Устранение этих и других дефектов продолжалось весь период производства и эксплуатации этого танка. Отказаться от оппозитного двигателя L60 и установить другой английские конструкторы не могли, т.к. конструкция танка, МТО и трансмиссия были рассчитаны именно под него.

Впервые новый английский танк продемонстрировали обществу в 1961 году.

Chieftain P5 (прототип 1962 года)

Войсковые испытания прототипов закончились в 1962 году, а в мае следующего года на вооружение британской армии был принят танк Chieftain Mark V MBT, которых британская армия заказала 770 штук. Первые машины под индексом Chieftain Mk.1 с двигателем L60 Mk.4A мощностью 585 л.с. появились в английской армии в 1966 году. Производство танков осуществлялось на государственном заводе в Лидсе и заводе частной фирмы "Виккерс-Армстронг" в Ньюкастле.

Сварной корпус танка Chieftain выполнен по классической компоновке из литых и катаных деталей. Верхняя лобовая деталь корпуса имеет толщину 120 мм, что сопоставимо с такой у танка Centurion (126 мм). Но угол её наклона к вертикали составляет 72°, что значительно больше, чем у своего предшественника (57°). В итоге, высота передней части корпуса уменьшилась до 1178 мм и повысилась её защищённость, т.к. приведённая толщина достигла 388 мм. Последствием такой схемы бронирования стало расположение механика-водителя по центру отделения управления в полулежащем положении с наклоном сиденья в 45° (имелось ещё два фиксированных положения - 50° и 55°). Угол 55° применялся при вождении с открытым люком, для чего приподнималось всё сиденье. Сиденье и механизм его перемещения установлены на отдельном бронелисте, который был приподнят над днищем корпуса на 50 мм. Сделано это было для снижения воздействия на водителя ударной волны при подрыве танка на мине.

Литая башня сложной формы имела толщину в лобовой части порядка 195 мм при наклоне 60° (приведённое значение толщины брони составило 390 мм). Маска пушки отсутствовала, амбразура для перемещения ствола пушки была шириной всего 225 мм, благодаря чему ослабление лобовой части башни было минимально возможным.

Английские разработчики танков в послевоенное время всегда уделяли особое внимание основному вооружению. Ими в своё время была разработана нарезная 105-мм пушка L7, ставшая "популярной" в армиях НАТО. Исходя из анализа возможных боевых действий в Европе, они пришли к заключению, что эффективное поражение новых советских танков на дистанциях порядка 2000 м и более может обеспечить нарезное орудие калибра не менее 120 мм. Её разработка началась в 1954 году, и к 1957 году 120-мм танковая пушка L11 длиной 55 калибров была готова к установке в башню прототипа.

Ствол пушки без дульного тормоза, но с эжектором для продувки после выстрела, изготавливался из высококачественной стали. Для предохранения ствола от деформации при неравномерном нагреве или охлаждении была предусмотрена установка на ствол пушки теплозащитного кожуха. На дульной части ствола смонтировано зеркало встроенной коллимационной системы выверки прицела наводчика, а для повышения точности стрельбы в её конструкции было предусмотрено симметричное расположение двух тормозов отката и совмещение оси цапф с осью канала ствола.

120-мм пушка L11 была спроектирована под раздельное заряжание, что позволило установить ее в сравнительно небольшом объёме башни. Заряжание производилось вручную с помощью гидромеханического досылателя. Боекомплект пушки состоял из 53 выстрелов, состоящих из двух типов специально разработанных снарядов: бронебойного подкалиберного L15A4 (19 выстрелов) и бронебойно-фугасного L31 с пластичным взрывчатым веществом и деформирующейся головной частью (34 выстрела).

Загрузка осколочно-фугасных и бронебойно-подкалиберных снарядов в танк Chieftain

Пороховые заряды содержатся в полностью сгорающих шелковых мешочках. Контейнеры для размещения пороховых зарядов изготовлены из огнеупорного материала и имеют рубашки со специальной жидкостью, предотвращающей возникновение пожара. Воспламенение заряда при выстреле происходит с помощью запальных трубок, которые автоматически подаются из-под казенной части пушки.

Бронебойно-фугасному снаряду уделялось особое внимание, поскольку этот боеприпас считался универсальным, заменяющим и традиционные фугасные снаряды, и кумулятивные.

Начальная скорость снаряда L15A4 - 1370 м/с, снаряда L31 - 670 м/с. На первых танках с пушкой были спарены два пулемёта: 7,62-мм L8A1 устанавливался слева от орудия (боекомплект 6000 патронов) и 12,7-мм пулемёт L21A1 - над пушкой (600 патронов).

Основное предназначение пулемёта L21A1 - обеспечение точного прицеливания пушки на дистанциях до цели не более 2000 м, поскольку на этой дальности баллистика пушки совпадает с баллистикой пулемёта.

Пристрелочный пулемет

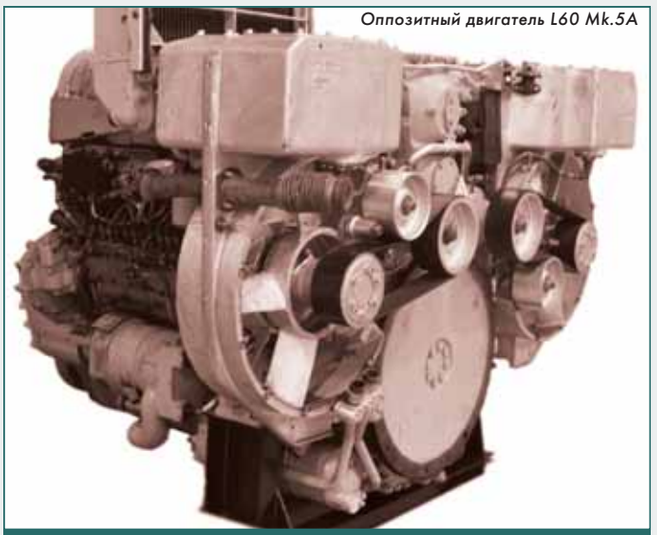
Несмотря на то, что пушка и спаренные с ней пулеметы стабилизированы в двух плоскостях, основным режимом ведения огня является стрельба с места, т.е. наводчик наводит орудие на цель ещё при движении танка, затем танк останавливается и производится выстрел. У наводчика находились два прицела с независимой стабилизацией поля зрения в горизонтальной плоскости: основной монокулярный перископический прицел с однократным и 10-кратным увеличением и дублирующий телескопический оптический прицел с 7-кратным увеличением. У командира в передней части вращающейся командирской башенки смонтирован бинокулярный перископический оптический прицел с однократным и 15-кратным увеличением. Командир имеет возможность отметить выбранную цель в поле зрения прицела наводчика, после чего наводчик осуществляет прицеливание орудия. Но прицеливание может выполняться и командиром, причем его действия имеют приоритет.

Для ведения боевых действий в ночное время у командира вместо дневного прицела устанавливается активный прибор ночного видения с подсветкой от ИК-прожектора, который находится в наружном ящике с левой стороны башни. Для удержания цели в поле зрения прицела и удобства наблюдения командирская башенка имеет привод, обеспечивающий ее вращение в направлении, противоположном направлению вращения башни танка. Углы наведения орудия в вертикальной плоскости составляют от -10° до +20°.

Изменения, внесённые в конструкцию двигателя в 1967 году, довели мощность L60 Mk.4A2 до 650 л.с., что, естественно, обеспечило достижение требуемого уровня маневренности. Если первые 40 танков Chieftain Mk.1 из-за низкой мощности и надёжности двигателя были направлены в учебные подразделения, то с новым двигателем танки под индексом Mk.2 стали поступать в строевые части. В первую очередь ими оснащалась Британская Рейнская армия, размещённая в Германии, причём на этих танках устанавливалось оборудование для подводного вождения. Всего было изготовлено 532 машины Chieftain Mk.2.

Chiften Mk.2

В дальнейшем модернизации подвергался и танк, и его силовая установка. В 1969 г. 199 танков Chieftain Mk.2 модернизировали в вариант Mk.3. В ходе проведения работ была проведена замена дизеля на более надежный L60 Mk.6 с новыми воздушными фильтрами, установлены усовершенствованные электрогенераторы и новые командирские башенки, на крыше которого смонтирован 7,62-мм пулемет L37A1.



Оппозитный двигатель L60 Mk.5A

Прицеливание пулемета синхронизировано с бинокулярным прицелом командира танка. Огонь по воздушным целям возможен после установки зенитного прицела. На танк установили вспомогательную силовую установку для обеспечения оборудования энергопитанием при выключенном двигателе. Масса танка возросла до 53 тонн.

На следующий год на 29 танках Chieftain Mk.2 модернизировали систему управления огнем. Вместо пристрелочного 12,7-мм пулемета L21A1 был установлен лазерный дальномер LF-2, измеряющий дальность от 500 до 10 000 м с 10-метровой точностью. Этот танк получил индекс Mk.3/3.

Chieftain Mk.3/3 с лазерным дальномером

В этом же году было сделано два опытных танка Chieftain Mk.4 с увеличенным запасом топлива и уменьшенным боекомплектом к пулеметам. Конструкторы постоянно совершенствовали цилиндро-поршневую группу двигателя для повышения его надёжности и мощности: например, в 1971 году был внедрён новый блок цилиндров с новыми радиаторами, изменены гильзы и их уплотнения. Эти и другие проведённые мероприятия позволили увеличить мощность двигателя (индекс Mk.8A) до 750 л.с. Этот двигатель устанавливался на танк Chieftain Mk.5, на котором помимо нового двигателя были установлены бесподсветочные приборы ночного видения, а в СУО введен электронный баллистический вычислитель. На конце ствола пушки был установлен коллиматор, предназначенный для юстировки ствола и линии визирования оптического прицела стрелка. Боекомплект танка увеличили до 64 выстрелов с введением стреловидных оперенных бронебойных подкалиберных снарядов L23A1 и дымовых снарядов. Конструкция командирской башенки также была изменена, а зенитный пулемёт, установленный на ней, получил возможность стрелять вертикально вверх. В этот вариант было модернизировано 97 танков Chieftain Mk.3.

Chiften Mk.5

Все последующие работы были направлены на повышение надёжности и ресурса двигателя. Есть сведениря, что конструкторам удалось форсировать двигатель L60 до 840 л.с., и в 1977 году этот двигатель под индексом Mk.11A установили на 29 Chieftain Mk.3/3. Помимо нового двигателя на танках было установлено оборудование, аналогичное установленному на Chieftain Mk.5. Поэтому и модернизированный танк получил этот же индекс.

В ходе ирано-иракской войны в 1980-1981 годах выяснилось, что поставленные Ирану танки Chieftain оказались неспособны противостоять боеприпасам 115-мм орудия танка Т-62, находящегося на вооружении иракской армии. Это заставило англичан начать работы по усилению защищенности лобовой части башни и корпуса путём установки дополнительной брони. Броня состояла из шести стальных пластин, разделенных толстыми слоями резины. Модули из такой слоёной конструкции устанавливались спереди башни и на корпусе в районе места механика-водителя, что дополнительно повышало защиту кольца башни. Блоки крепились к основной броне корпуса и башни танка болтами из нержавеющей стали, а сверху блоки и болты закрывались дополнительными листами стали, которые приваривались. Броня получила название Stillbrew. Идея применения такой дополнительной защиты основывалась на том, что при попадании в танк снаряда с кумулятивным зарядом его струя при преодолении каждого слоя будет менять направление и терять энергию. Испытания танков с новой бронёй начались в 1984 году, в 1985 году началось её производство на Royal Ordnance Factory Leeds. Дополнительную броню устанавливали в ремонтных мастерских с 1986 года. Её установка увеличила массу танка на две тонны. Одновременно на танках менялась система управления огнем на СУО Marconi IFCS с цифровым баллистическим вычислителем. Новая машина получила название Chieftain Mk.10.

Chiften Mk.10 с бронёй Stillbrew

Следует отметить, что предложенная дополнительная броня по эффективности уступала металополимерным модулям, устанавливаемым при модернизации в тот же период на советских танках Т-55 и Т-62.
Завершилась модернизация танка Chieftain на модификации Mk.11. На нём устанавливалась полноценная СУО (стабилизированные прицелы и орудие во всех плоскостях), броня Stillbrew, тепловизионные прицелы TOGS и 750-сильный мотор (возврат к меньшей мощности обусловлен стремлением к повышению надёжности двигателя).

Chiften Mk.11

Начав серийное производство танка Chieftain в 1965 году, британцы к 1983 году выпустили 2260 машин. В свои вооружённые силы было поставлено 837 танков, а остальные были экспортированы в страны Ближнего и Среднего востока.
То, что и как было реализовано в танке Chieftain не было однозначно воспринято западными военными специалистами по танкостроению. Особенно критиковалась маневренность, а его превосходство над "Леопардом-1" и AMX-30 в защищенности и огневой мощи в расчёт не брались. Эти параметры больше интересовали те армии, которые либо уже воевали, либо готовились к войне, которую им избежать вряд ли удастся. Одной из таких стран был Израиль, который из всех имевшихся на середину 60-х годов новых машин выбрал английский Chieftain. В течение двух лет (с октября 1966 года до конца 1968 года) в Израиле проводились достаточно серьёзные испытания двух этих танков. Война 1967 года с Египтом и другими соседними государствами подтвердила правильность выбора огневой мощи и защищённости перед подвижностью. Но эта же война привела к запрету на поставку вооружений в армию Израиля. И когда в 1969 году Израиль официально обратился к Великобритании о поставке танков Chieftain, последняя не решилась нарушить эмбарго.
Искать другого покупателя нового танка долго не пришлось - в 1971 году был подписан контракт на продажу Ирану 707 модернизированных танков Chieftain и разработанного на его базе БРЭМ в количестве 73 штук. Проговаривалась возможность приобретения Ираном дополнительно еще 1200 машин. Это сегодня между Израилем и Ираном напряжённые отношения, а в те времена они были очень даже дружественными, вплоть до взаимных поставок вооружений.
Естественно, что военные Ирана хотели бы за свои деньги получить танк без родовых проблем, и в первую очередь это относилось к малой удельной мощности. И в контракте этой проблеме уделялось особое внимание: удельная мощность должна быть не менее 20 л.с./т. Поэтому был предложен дизельный двигатель "Кондор" CV-12TCA мощностью 1200 л.с. Одновременно должна была устанавливаться гидромеханическая трансмиссия "Дэвид Браун" TN-37 и гидрообъёмный механизм поворота. Через 3 года после подписания контракта (в 1974 году) начались работы по созданию экспортного варианта. За основу для модернизации было решено взять Mk.5, на тот момент самый продвинутый вариант танка Chieftain. После завершения всех работ должен был появиться танк с грозным именем "Лев Ирана" (shir airan - английская транскрипция с персидского). Однако выполнить требования контракта сразу не удалось, двигатель и трансмиссия вместе работать не хотели, а танки Ирану уже были нужны. Вполне понятно, что в создавшейся ситуации стороны договорились о поэтапном выполнении контракта. Сначала Ирану поставили Chieftain Mk.3/3, но с добавкой буквы "P", затем 187 Chieftain Mk.5P, которые получили усиленную противоминную защиту, новую систему управления трансмиссией TN-12, увеличенную емкость топливных баков и некоторые другие усовершенствования. На этот танк устанавливался двигатель L60 Mk.8A мощностью 750 л.с.
Согласно внесённым изменениям в контракт, следующая партия танков под названием Shir-1 должна была поставляться уже с новым двигателем и усовершенствованной подвеской. Но вновь подвёл двигатель, и англичане предложили перенести поставки танков на более поздние сроки. Горькую пилюлю подсластили тем, что пообещали разработать новую сварную башню с комбинированным многослойным бронированием и переделать сварной корпус. Эту башню испытывали на специальном экспериментальном танке FV4211 в 1971 году. Броня "Чобхэм" (Chobham) состоит из керамических элементов-пластин, заключённых в металлическую обойму и соединённых с тыльной (опорной) плитой и несколькими эластичными слоями по схеме сталь-керамика-сталь. Из-за высокой твердости используемой керамики броня обладает высокой стойкостью к действию как кумулятивных боеприпасов, так и снарядов кинетического действия, в том числе БПС и БОПС.
Новая модернизация танка под названием Shir-2 должна была получить усовершенствованную СУО и гидропневматическую подвеску. Успели построить семь опытных танков Shir-2.

Один из семи опытных танков Shir-2

Но после падения шахского режима и победы исламской революции в 1979 г. Англия отказалась продолжить выполнение контракта несмотря на то, что аванс ими был получен. Получен, но до сих пор не возвращён. И даже постановление Международного суда ООН 2012 года о выплате Великобританией Ирану 480 млн фунтов в качестве компенсации за сорванный контракт до сих пор не выполнено. К этому моменту в Иран было поставлено более 700 танков двух модификаций - Mk.3/3P и Mk.5P. Из поставленных в Иран танков около сотни Chieftain Mk.3/3P и Mk.5P продолжают и сегодня находится на вооружении. Примечательно, что проблема силового агрегата на этом танке получила решение только сейчас. В ходе восстановления старых английских танков Chieftain, приобретенных 40 лет назад, осуществляется замена двигателя L-60 на советский В-84 от танка Т-72С мощностью 840 л.с. Внешнее отличие танка с новым двигателем в наличии выхлопной системы на левом борту корпуса.

Иранский Chieftain с двигателем В-84

Стрелкой показана выхлопная система двигателя В-84

Всё, что было наработано на деньги Ирана в ходе создания танка Shir-2 англичане предложили Иордании, с которой в конце 1979 года они заключили контракт на поставку 274 танков под названием Khalid. Иорданцы заплатили за эти танки $266 млн. К моменту поставки первых танков в 1981 году англичане довели 12-цилиндровый V-образный дизель "Роллс-Ройс Кондор" мощностью 1200 л.с. с новой гидромеханической трансмиссией TN-37. TN37 - полностью автоматическая коробка передач имела четыре скорости вперед и три скорости назад. В коробке установлен трехэлементный одноступенчатый преобразователь крутящего момента и

планетарная передача. В коробке передач включены основной и стояночный тормоза. Механизм поворота является регенеративным двухдифференциальным гидростатического типа.
Одновременно устанавливалась усовершенствованная СУО фирмы "Маркони", в которой прицельная система компьютеризирована и работает совместно с оптико-электронным лазерным прицелом. Поэтому пристрелочный пулемёт над пушкой отсутствует.
Отличить танк Khalid от Chieftain Mk.5 по внешним признакам достаточно сложно: у него несколько иная конфигурация ящиков для снаряжения на бортах башни и отсутствует фара на командирской башенке.

Иорданский танк Khalid

Следует отметить, что пока шли работы по выполнению иранского контракта в конце 1975 года начались поставки танка Chieftain в варианте Mk.5.2K в армию Кувейта. Всего в эту страну было продано 153 машины. В 1981 г. был подписан контракт на 27 машин для армии Омана, и на этих танках был установлен интегрированный в прицел лазерный дальномер.
Англичане, воодушевлённые своими поставками в эти страны, попытались разработать специальный экспортный вариант танка и в 1982 году построили опытный танк Chieftain 800 (Chieftain 900). Различие в танках и, соответственно, в названиях обусловлено только мощностью двигательной установки: мог быть установлен 12-цилиндровый V-образный дизель Роллс-Ройс мощностью либо 800 л.с., либо 900 л.с. Но в любом случае устанавливалась механическая трансмиссия TN-12/1000 и новая гидропневматическая подвеска. Некоторые вопросы возникают от установки на танк, предназначенный для экспорта, башни, изготовленной из многослойной брони "Чобхэм". Дело в том, что конструкция этой брони очень длительное время оставалась под грифом "секретно" и впоследствии она применялась на танках НАТО следующего поколения. Но экспортных контрактов на поставку танков Chieftain 800 или Chieftain 900 с продвинутой башней так заключено и не было.

Chieftain 900

Коль скоро на вооружение танк Chieftain был принят, то на его основе в 1965 г. приступили к разработке БРЭМ Chieftain ARV, испытания которой начались в 1971 г. Естественно, что МТО и подвеска БРЭМ соответствовали танку Chieftain, в передней части корпуса которого установили две гидравлические лебедки с приводом от основного дизеля. Основная лебедка развивала тяговое усилие 30 тс, но с полиспастом усилие можно было увеличить до 60 или 90 тс. Длина её троса составляла 120 м. Была ещё вспомогательная лебёдка длиной 305 м, но её тяговое усилие достигало всего 3,5 тс. В передней части корпуса находился бульдозерный отвал, который использовался при необходимости и как упор.
Кран грузоподъемностью 5,8 т находился с правой стороны корпуса.

БРЭМ Chieftain ARV Mk 5

Вооружение было представлено дистанционно-управляемым пулеметом калибра 7,62 мм, установленным на командирской башенка. В отсутствии башни масса БРЭМ составляла 56 т. На заводе фирмы "Виккерс" серийное производство БРЭМ началось в 1974 г., и всего для вооруженных сил Великобритании, Ирана и Иордании было построено 157 машин.
Впоследствии, для обеспечения выполнения полевого ремонта танка, например, замены двигателя, на части БРЭМ ARV был установлен гидравлический кран большей грузоподъемности.
Новая машина получила название Chieftain ARRV.

Chieftain ARRV.
На стреле крана висит двигатель Leyland L60

Одновременно с завершением войсковых испытаний прототипов танка Chieftain в 1962 году генеральный штаб Великобритании выдал ТЗ на разработку мостоукладчика на шасси этого танка. Были построены две мостовые конструкции (№ 8 и № 9), устанавливаемые на корпус танка. Однако серийное производство началось только в 1975 г.
Мостоукладчик с конструкцией № 8 имел длину пролета в разложенном состоянии 24,4 м. Эта складная конструкция из высокопрочного легкого алюминиево-цинко-магниевого сплава имела два полупролета и могла выдержать нагрузку до 54 т. Ширина перекрываемого препятствия - 22,8 м. Снятие и укладка моста осуществлялась тремя членами экипажа с помощью гидроцилиндров из корпуса мостоукладчика за 3-5 мин.

Мостоукладчик Chieftain № 8

Мостоукладчик с конструкцией № 9 имел неразъемную мостовую конструкцию длиной всего 13,4 м и был способен обеспечить преодоление препятствия шириной не более 12 м.

Мостоукладчик Chieftain № 9

Для защиты своих войск при ведении наступательных операций и на марше на базе шасси танка Chieftain было создано несколько вариантов ЗСУ. Так, в 1980-х годах проходила испытания ЗСУ "Сейбр", которая создавалась специалистами Королевского танкового завода в Лидсе совместно с инженерами французской фирмы "Томсон". Французы отвечали за разработку башни с двумя 30-мм автоматическими пушками "Эрликон" KCB-B, обладающие скорострельностью порядка 600...650 выстр./мин.
Эффективная дальность стрельбы составляла 3000...3500 м.
Углы наведения пушек в вертикальной плоскости от -8° до +85°.
Боезапас составляет по 300 снарядов на ствол.
Для уничтожения воздушных целей на ЗСУ установлена РЛС, способная обнаруживать цели на дальности до 15 км, наведение пушек осуществлялось на выбранную цель при её приближении к ЗСУ на дальность 10 км. Дальность определялась лазерным дальномером.

Слежение за целью помимо РЛС осуществлялось с помощью телевизионного канала. Для обеспечения высокой вероятности поражения цели первым же выстрелом инструкцией по боевому применению предусматривалась стрельба с места. В башне располагались два члена экипажа - командир ЗСУ и стрелок. Корпус и ходовая часть ЗСУ идентичны танку Chieftain, но для работы электронных систем башни при выключенном основном двигателе была дополнительно размещена вспомогательная силовая установка.

ЗСУ "Сейбр"

Сколько было выпущено ЗСУ "Сейбр" неизвестно, похоже, что это была только опытная машина, т.к. она не была способна обеспечить прикрытие войск от ударов реактивной авиации, которая стала летать над полем боя с почти сверхзвуковой скоростью. Поэтому была создана не ЗСУ, а башня, которая изначально планировалась к возможной установке на шасси разных основных боевых танков, в том числе китайских, и, конечно, на танк Chieftain.
В 1983 г. итальянская компания Marconi Command and Control Systems совместно с тремя другими фирмами: английской Vickers Defence Systems (башня), швейцарской OerLikon-Contraves (система вооружения и боеприпасы) и французской Societe de Fabrication d'Instruments de Mesure (система стабилизации) разработали зенитную башню Marksman. Изготовленный из обычной стали первый опытный образец башни был готов в 1984 г. Система Marksman предназначена для уничтожения воздушных целей, летящих со скоростью до 400 м/с на высотах до 4000 м.
Башня Marksman вооружена двумя стабилизированными 35-мм швейцарскими пушками KDA "Эрликон", установленными снаружи по её бокам. Для стрельбы используются выстрелы с осколочно-зажигательно-трассирующими (HEI-T), осколочно-зажигательным (HEI), бронебойно-осколочно-зажигательно-трассирующим (SAPHEI-T), бронебойным подкалиберным трассирующим с отделяющимся поддоном (APDS-T) снарядами. Ленты со снарядами уложены в контейнеры, которые находятся как внутри башни, так и снаружи. Благодаря двухстороннему питанию пушек ЗСУ могла в одной очереди стрелять и осколочно-зажигательными, и бронебойными снарядами. Снаружи башни, сбоку от казённой части каждой пушки находился контейнер на 20 снарядов. Внутри башни у каждой пушки устанавливался контейнер на 230 снарядов. Внутренние снаряжались, как правило, осколочно-фугасными снарядами различных типов, а наружные - бронебойными (общий боезапас - 500 снарядов). Начальная скорость осколочных снарядов - 1175 м/с. У бронебойных подкалиберных боеприпасов начальная скорость составляла 1440 м/с. Такая скорость обеспечивала эффективную наклонную дальность поражения цели порядка 4...5 км. Вероятность поражения цели составляла 52...55 %. После израсходования снарядов осуществляется замена контейнеров с помощью смонтированного на башне подъёмного механизма. На эту операцию экипажу требовалось не более 10 мин.
На башне установлена стабилизированная антенна радиолокационной станции Marconi 400, предназначенная для обнаружения воздушных целей и слежения за ними (дальность обнаружения не менее 12 км, сопровождение осуществляется с дальности 10 км - как у ЗСУ "Сейбр"). Антенна в положении "по-походному" укладывается назад с одновременным поворотом на 180°. У командира и наводчика установлены 3- и 10-кратные оптические прицелы со стабилизированной линией прицеливания и лазерным дальномером. С помощью прицела наводчика возможно ведение огня по наземным целям. Система Marksman в автоматическом режиме с помощью РЛС обнаруживает воздушные цели, определяет их принадлежность (с помощью аппаратуры "свой-чужой"), переходит на сопровождение самой опасной цели и при входе цели в зону поражения выдаёт сигнал экипажу о возможности открытия огня. Оптические прицелы используются в аварийном режиме.
Разработчики предусматривали установку башни на большинство существовавших в то время средних танков, но большинство вариантов ЗСУ остались на бумаге. Устанавливалась и испытывалась эта башня только на китайском танке "Тип 59" (очень хотелось разработчикам проникнуть на китайский рынок вооружений) и английских танках Centurion и Challenger 1. На танк Chieftain Mk.10 башня Marksman испытывалась в 1984 году. Но для английских военных эти ЗСУ так и не приглянулись, не впечатлили они и военных из КНР.
Однако на эту башню обратили внимание финские военные, которые в 1988 г. подписали контракт на поставку с 1991 г. зенитных систем с башнями Marksman для их установки на шасси советского танка Т-55 (точнее на его модернизированный вариант польского производства - Т-55АМ). Но весь заказ в итоге составил всего семь машин. В финской армии переоборудованные машины получили новое название -ItPsv 90.

ЗСУ с башней фирмы Marksman на шасси танка Chieftain

Финская ЗСУ ItPsv 90

И ещё немного о танке Chieftain. После того, как на вооружение быстрыми темпами стали поступать противотанковые ракетные комплексы, возникла потребность в их испытаниях, а лучшего танка с хорошей бронезащитой, чем Chieftain, найти было нельзя. Из находящихся на хранении танков было сделано две телеуправляемые машины Chieftain Crazy Horse. С башни сняли пушку, в отделении управления на месте механика-водителя установили видеокамеру и исполнительные устройства системы телеуправления. Оператор, управляющий танком-целью, находился в машине сопровождения и на экране монитора видел лежащую перед танком местность. Его действия с рычагами и педалями передавались на танк.
Обе машины Chieftain Crazy Horse использовались для отработки и обучения операторов ПТРК и испытаний новых противотанковых ракет.

Chieftain Crazy Horse

Практически параллельно с созданием танка Chieftain компания Vickers, активно участвуя в создании этого танка путём разработки и производства башни для него, не осталась в стороне от попытки предложить заказчикам собственный танк. Тем более, что опыта у этой компании было предостаточно. Никто им технического задания не выставлял, концепция новой машины была ими разработана самостоятельно. Во-первых, этот танк предполагалось поставлять не на внутренний рынок, т.е. собственным вооружённым силам, а на внешний рынок. И во-вторых, экспортный вариант танка должен быть "средней весовой категории", т.е. путём снижения защищённости танка повысить его подвижность. Принятие такого решения основывалось на проведённом маркетинговом исследовании экономических возможностей, природных условий, инфраструктуры и характера требований к танку со стороны вероятных зарубежных заказчиков. Причём в расчёт не брались страны-члены блока НАТО, а только страны третьего мира, у которых ограничены финансовые ресурсы, слабо развита инфраструктура, а мостов с грузоподъёмностью свыше 50 т практически нет.
Новый танк компании Vickers создавался по традиционной схеме, т.е. имел

классическую компоновку. Толщина брони сварного корпуса в лобовой части составляла 80 мм, на бортах - 30 мм, в кормовой части - 20 мм, днища - 17 мм, в верхней части корпуса - 25 мм. Место механика-водителя расположено справа от оси корпуса танка. Трёхместная башня тоже сварной конструкции имела броню в лобовой части толщиной 80 мм под углом наклона в 70°; борта башни были 60-мм толщины под углом наклона бронелистов 75°. В башне установлена стабилизированная в двух плоскостях 105-мм пушка L7A1. Угол вертикальной наводки может изменяться от -10° до +20°. В боекомплекте 50 выстрелов. С орудием спарены 7,62-мм пулемет L8A2 и 12,7-мм пулемет L6A1, предназначенный для пристрелки пушки. На крыше башни рядом с командирским люком установлен 7,62-мм пулемет L37A2. Общий боекомплект к трём пулеметам составлял 6000 патронов.

Прототип основного боевого танка Vickers Mk.1

В конструкции использовалось значительное количество узлов и агрегатов танка Chieftain, поэтому в моторно-трансмиссионном отделении установлен дизель L60 мощностью 550 л.с., да и трансмиссия аналогична. С каждого борта имеется по шесть опорных и по три поддерживающих катка. Подвеска опорных катков независимая, торсионная. Верх ходовой части прикрыт стальными экранами.

Танк способен преодолевать водные преграды вплавь, для чего на нем по бокам крепятся поплавки из упрочнённого нейлона.

Движение по воде обеспечивается благодаря перемотке гусениц.

Установка поплавков занимает 15 минут.

Проектирование танка под названием Vickers Mk.1 началось в 1958 году, а в 1961 году правительство Индии приобрело лицензию у фирмы Vickers на производство этой модели. Завод для производства этого танка, но уже под другим названием - "Виджаянта" ("Победа") - был построен в городе Авади неподалёку от Мадраса. Первый прототип "Виджаянты" был изготовлен в 1963 г. на заводе фирмы Vickers в Элсвике.

Серийный выпуск начался в 1965 г., причём первые машины выпускались как в Элсвике, так и в Авади, но с освоением индийцами технологий производство танков осуществляли только в Индии. Всего было построено 2200 танков.

Серийный индийский танк "Виджаянта"

В 1965 г. командование вооружённых сил Кувейта приняло решение закупить 70 танков Vickers Mk.1, которые были изготовлены на заводе в Элсвике в 1970 - 1972 гг.

В 1971 г. впервые был представлена первая модернизация танка Vickers - Vickers Mk.3, на котором была установлена новая - литая - башня рациональной формы с увеличенной толщиной брони. Была также произведена замена дизеля L60 на варианта Mk.5D мощностью 650 л.с.

Других доработок делать не стали, т.к. никаких заказов на танк Vickers ни в варианте Mk.1, ни в варианте Mk.3 не было.

Возобновили работу над танком Vickers Mk.3 в 1975 г., когда греческая армия решила заменить устаревшие американские M48 и французские AMX-30 на более современные машины. В ходе этих работ на один из танков варианта Mk.1 установили башню новой конструкции, американский дизель GM 12V71T мощностью 720 л.с., систему управления огнем "Маркони" SFCS-600 с лазерным дальномером фирмы "Барр энд Струд". Были установлены новые прицелы и у командира, и у наводчика.

Компоновочная схема танка Vickers Mk.3

Но переговоры о закупке Vickers Mk.3 были остановлены почти при подписании контракта. Был объявлен открытый конкурс, на котором ФРГ участвовала с танком "Леопард-1А3", а Франция с AMX-32. Хоть и Vickers Mk.3 был дешевле конкурентов, но он уступал им по всем боевым характеристикам.

Основной боевой танк Vickers Mk.3

Тем не менее, в 1977 г. 38 танков Vickers Mk.3 было закуплено правительством Кении. На следующий год прикупили ещё 38 машин. В течение 1979-1982 гг. танки изготовили на заводе фирмы Vickers в Ньюкастле. В 1981 и в 1985 гг. по 36 танков заказала Нигерия, которые были поставлены в 1985 и в 1986 гг.

Испытания Vickers Mk.3 для кенийской армии

Ответ на вопрос - правильно или неправильно поступила армия Греции, отказавшись от оснащения своих войск танками Vickers, стал ясен после боевых столкновений между армиями Кувейта и Ирака. Так, 2 августа 1990 г. возле перевала Мутла произошёл танковый бой между Vickers Mk.1 и T-72. Из засады кувейтские танкисты смогли подбить один T-72, но ответным огнём были разгромлены: 50 Vickers Mk.1 были уничтожены и захвачены.

Не повезло и нигерийским танкам Vickers Mk.3, которые уничтожались антиправительственными группировками практически всеми средствами: противотанковыми минами, выстрелами РПГ, огнём зенитных пушек ЗУ-23-2, и даже ручными гранатами. После захвата нескольких английских танков группировками, Нигерия приобрела танки T-72. Бой между T-72 и Vickers Mk.3 шансов "англичанину" не оставил.

Дальнейшее создание танков компанией Vickers проходила в период, когда в мире армии оснащались танками III послевоенного поколения, к рассмотрению истории создания которых приступим позже.

В следующем номере продолжим рассмотрение основных боевых танков западных стран второго послевоенного поколения с разработок конструкторов из Японии.

(Продолжение следует.)

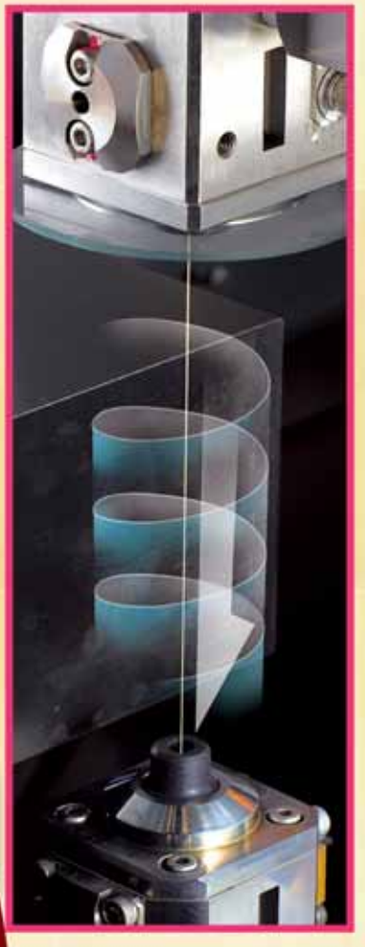
i-groove

Sodick
create your future

НЕВЕРОЯТНЫЙ ПРОРЫВ
в проволочно-вырезной электроэрозии

Серия ALC
Smart Pulse & Smart Linear

ВПЕРВЫЕ В ОТРАСЛИ:
ВРАЩЕНИЕ
ПРОВОЛОКИ-ЭЛЕКТРОДА
(запатентовано Sodick)



Вырезные электроискровые станки ALC i-Groove:
35% экономии проволоки при чистовом резании!
+супер прямолинейность
+выше точность

ALC600G

ALC400G

ALC800G

ALC800GH

Только на станках Sodick

CNC I'm a power load.

ISSN 2500-0985

Ваш партнер для будущего.

В комплексных решениях Hermle содержится больше, чем просто абсолютная точность. Это могут быть цифровые модули или автоматизация, мы предлагаем вам решения для более высокого качества и улучшенной эффективности – адаптированные к вашему предприятию. При этом вы, естественно, всегда можете положиться на наш сервис.

HERMLE
ООО Восток

129085, Москва,
ул. Годовикова, 9, стр. 25.
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.

www.hermle-vostok.ru
ООО Hermle Vostok, info@hermle-vostok.ru