

Двигатель

Научно-технический журнал



Навстречу
Гидроавиасалону -2018:
Экранопланы...
Экранолёты...
Экраноходы... **стр. 2**

Одиннадцать лет спустя
Большое видится на расстоянии
С пользой для государства России



Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева

Медаль АМКЭС "Преодоление"



Редакционный совет

- Агульник А.Б., д.т.н.,** заведующий кафедрой "Теория воздушно-реактивных двигателей" МАИ
- Бабкин В.И., к.т.н.,** первый зам. ген. директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Багдасарьян Н.Г., д.филос.н.,** профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана
- Богуслаев В.А., д.т.н.,** Президент АО "МОТОР СИЧ"
- Воронков Ю.С., к.т.н.,** зав. кафедрой История науки РГГУ
- Гейкин В.А., д.т.н.,** заместитель генерального директора - руководитель приоритетного технологического направления "Технологии двигателестроения" АО "ОДК", директор филиала НИИД АО "НПЦ газотурбостроения "Салют"
- Григорян Г.Г., д.т.н.,** вице-президент Общества "Знание" России
- Дическул М.Д.,** зам. управляющего директора ОАО "ОДК"
- Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,** главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"
- Зрелов В.А., д.т.н.,** профессор кафедры конструкции и проектирования двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва
- Иноземцев А.А., д.т.н.,** ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"
- Каторгин Б.И., академик РАН**
- Кравченко И.Ф., д.т.н.,** ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"
- Кутенев В.Ф., д.т.н.,** зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной работе
- Кухаренок Г.М., к.т.н.,** зав. каф. ДВС Белорусского национального технического университета
- Лобач Н.И.,** ген. директор ПО "Минский моторный завод"
- Ланшин А.И., д.т.н.,** научный руководитель - заместитель Генерального директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"
- Марчуков Е.Ю., д.т.н.,** генеральный конструктор - директор ОКБ им. А. Люлька
- Пустовгаров Ю.Л.,** президент Торгово-промышленной палаты Республики Башкортостан
- Равикович Ю.А., д.т.н.,** проректор по научной работе МАИ
- Рачук В.С., д.т.н.,** председатель НТС АО "НПО Энергомаш"
- Ружьев В.Ю.,** первый зам. ген. директора Российского Речного Регистра
- Рыжов В.А., д.т.н.,** главный конструктор ОАО "Коломенский завод"
- Ситнов А.П.,** президент, председатель совета директоров ЗАО "Двигатели "ВК-МС"
- Смирнов И.А., к.т.н.,** ген. конструктор ББХМ - 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"



К 110-ЛЕТИЮ ЖУРНАЛА "ДВИГАТЕЛЬ"

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

Юлия Валерьевна Дамбис

Редакторы:

Александр Григорьевич Лиюзов,

Андрей Иванович Касьян, к.т.н.

Юрий Романович Сергей, к.т.н.

Литературный редактор

Эрнст Галсанович Намсараев

Художественные редакторы:

Александр Николаевич Медведь

Владимир Николаевич Романов

Техническая поддержка

Ольга Владимировна 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":

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, 2.

Тел.: (916) 600-8237.

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2017 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, транспортному, горному и строительному машиностроению, авиационной и ракетно-космической технике в числе журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Индекс 1629 в общероссийском Перечне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель" ©

зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

20-й (111-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Авиадвигатель НК-12: логистика возвращения будущего**
В.А. Герасимов
- 6 Импортзамещение в России, как системообразующий фактор развития авиационной промышленности**
А.И. Тихонов, А.А. Сазонов, С.В. Новиков
- 10 Метод фотоупругости и его применение в лабораториях МАИ**
А.С. Демидов
- 12 Турбулентность. Турбулентность и математическое доказательство её невозможности в сверхзвуковом потоке**
Ю.М. Кочетков
- 16 Реально о виртуальном. Технологии визуализации в машиностроении и профессиональном образовании в Москве**
Д. Боев, В. Карбанов, С. Кувшинов, К. Харин
- 19 Издан новый учебник по конструкции авиационных двигателей**
Д.А. Боев
- 20 Домашняя выставка HerMLE. Традиционная встреча с новыми технологиями**
- 22 Особенности современных крылатых ракет воздушного базирования, разработанных в европейских странах**
А.И. Касьян, А.Н. Медведь, И.А. Нестеров
- 26 Воспоминания ветеранов "НПО Энергомаш" о Сергее Александровиче Афанасьеве**
В.Ф. Рахманин, В.К. Чванов
- 31 О первых полётах на водородном топливе**
Д.А. Боев
- 32 Вспоминая о Льеве Павловиче Берне**
- 33 Юбилей друга**
Д.А. Боев
- 34 Творческий путь академика В.П. Глушко**
И.А. Арбузов, В.Ф. Рахманин, В.С. Судаков, В.К. Чванов
- 40 Моторы для региональной авиации**
И.В. Ниппард
- 42 Павел Орлов. Портрет на фоне ЦИАМ**
А.В. Авдеев, А.М. Хомяков
- 48 "Олдтаймер-галерея" 2018 год**
А.И. Бажанов
- 52 Танки от и до**
О.Н. Брилёв



Уважаемые читатели!

Двадцать лет назад журнал "Двигатель" приобрёл новый облик. Он стал именно таким, как и номер, который находится в Ваших руках. Немало интереснейших тем нашли место на его страницах. Много авторитетных авторов публиковались за это время в журнале. Большинство статей не потеряли актуальности и сейчас. Потому, в год нашего юбилея, позвольте предложить Вашему вниманию репринтное воспроизведение некоторых статей. Мы отдельно отметили этот материал и надеемся, что он будет Вам интересен.

Издатели журнала



АВИАДВИГАТЕЛЬ НК-12:

ЛОГИСТИКА ВОЗВРАЩЕНИЯ БУДУЩЕГО

(Из записок корабельного инженера-механика Семёнова)

Владимир Александрович Герасимов, СГАУ, кафедра КиПДЛА

Парадоксы терминов экономичности

"Дальше, выше, быстрее" - с этим девизом авиация вошла в жизнь Российской империи в начале 20 века, когда гужевой транспорт был основным, а сельское население составляло 90% от всей численности. Девиз прошёл через великие переломы 1917 и 1991 годов, пережил понесенные потери двух мировых войн и, при нынешних 75% уже городского населения страны, сохранился неизменным. За словом "дальше" скрывались экономичность энергоустановки и в эпоху поршневого авиации отражалась удельным расходом топлива (кг/л.с. час) или коэффициентом полезного действия (к.п.д.) двигателя.

При переходе авиации с поршневых двигателей на турбореактивные двигатели (ТРД) ввели удельную экономичность тяги, как отношение расхода топлива на тягу за час (кг/кгс час), а для турбовинтовых двигателей (ТВД), как разновидности газотурбинных, прежний показатель экономичности - к.п.д. сохранили без учёта тяги, создаваемой винтом, чем заложили увод от истины.

Появление двухконтурных турбореактивных двигателей (ТРДД), обеспечившее скачок экономичности тяги с 1,0 до 0,7-0,75 кг/кгс час к 60-ым годам по сравнению с ТРД, сконцентрировало непрерывное стремление всех причастных к авиации обеспечить 0,55-0,6 кг/кгс час в настоящем времени и в перспективе, достичь 0,5 кг/кгс час за счёт роста параметров цикла и степени двухконтурности.

Между тем, усредненная удельная экономичность тяги ТВД начинается с 0,3-0,35 кг/кгс час, если часовой расход топлива двигателя отнести к тяге воздушного винта на крейсерском режиме полета. Двойное превосходство экономичности тяги воздушных винтов связано с тем, что винты берут большей массой воздуха, а вентилятор ТРД берет большим ускорением воздуха, где потери пропорциональны квадрату скорости. В эпоху поршневой авиации двигатели ВСЕ были с винтами и к.п.д. двигателя был главным и определяющим.

Однако, наличие редуктора для привода воздушного винта объединяет и поршневые и ТВД в группу "с редукторным приводом". Сложность создания редуктора ТВД многократно возросла из-за предельной нагруженности шестерен. Рост передаваемых мощностей с 1,0-2,0 тыс. л.с. для поршневых двигателей до 4,0-5,0 тыс. л.с. для ТВД сопровождался ростом передаточного отношения с 1,5-2,0 и может быть свыше 10,0, что привело к резкому тепловыделению в месте контакта шестерен и проблемам с надёжностью редукторов. Косвенным подтверждением особой сложности редукторов ТВД можно считать наличие в СССР всего 5 типов серийных редукторов установленных на ТВД: ТВД-10, АИ-24, АИ-20, НК-4 и НК-12.

Конструктивный и технологический барьеры в 5...5,5 тыс. л.с. для серийных ТВД в мировом авиамоторостроении к 2000-ым годам преодолел только НК-12, оставаясь и на сегодня непревзойдённым. Более того, высочайшая технология изготовления редуктора НК-12, основанная на материалах 40-50 гг, уступающим современным, останется непревзойденной навсегда.

На сегодня, на высоте 11 км двигатель НК-12 с к.п.д. 27% на крейсерской скорости имеет удельный расход топлива 0,156-0,160 кг/л.с. час и удельную экономичность тяги воздушных винтов около

0,3-0,35 кг/кгс час. В.М. Чепкин в июне 2011 года про НК-12 сказал: "Это турбовинтовой редукторный двигатель, фактически двухконтурный, с очень большой степенью двухконтурности равной 100. Если задача сделать предельно экономичный двигатель, то вот он предельно экономичный и есть." (Из статьи-интервью "Наш ответ... бразильцам?") С позиции современности обновление "НК-12" можно рассмотреть как уникальный инновационный стартап для

Парадокс отставания передового

моторостроения.

Пожалуй, единственная претензия непосредственно к конструкции НК-12 может заключаться в параметрах внутреннего цикла, характерной 50-м годам. В частности, средняя степень сжатия на одной ступени компрессора составляет 1,1 и полученная суммарная степень сжатия $\pi_k=9,5$ достигается 14-ти ступенчатым компрессором. Возможно ли осуществить уменьшение осевых размеров компрессора НК-12, сохраняя существующие обороты 8300 об/мин, камеру сгорания, турбину и степень сжатия 9,5-10,0 как минимальное обновление двигателя.

Сегодня степень сжатия на одной ступени достигает 1,5-1,6, что уменьшает осевые размеры компрессора и массы ПД. В отечественном авиамоторостроении достижения реализованы в проекте "Бурлак" на двигателе Д-30КП-3 и двигателях семейства ТВ2-117 (до уровня ТВ7-117). У двигателя Д30КП-3 трехступенчатый компрессор низкого давления (КНД) заменен на одноступенчатый вентилятор. Для двигателей семейства ТВ2, 10-ти ступенчатый компрессор заменен на 5-ти ступенчатый (для ТВ7-117) с возрастанием мощности с 1500 л.с. до 3000 л.с.

С целью сокращения сроков теоретических и конструкторско-технологических поисков по обновлению компрессора НК-12 наиболее привлекательным будет семиступенчатый КНД от двигателя НК-93. Выбор сделан исходя из равенства расхода воздуха через камеру сгорания (примерно 55 кг/сек), близких частот вращения компрессора НК-12 (8300 об/мин) и КНД двигателя НК-93 (9000-10000 об/мин), степени сжатия после компрессора порядка 9,5...10,0 и места расположения входной части компрессоров за соосно вращающимися лопастями винтов/винтовентиляторов. Надо принять во внимание действующие мелкосерийное производство газогенератора НК-93 для двигателя НК-38СТ в Казани.

Конструкторские школы КБ им. Кузнецова и завода по серийному выпуску двигателя НК-12, входящие в ПАО "Кузнецов", располагают опытом установки подпорных ступеней в двигателе НК-14СТ, как развитие НК-12, а также опытом подреза лопаток компрессора двигателя НК-32 при конвертации в приводной двигатель НК-361 для газотурбовоза ПТ-01. Этот опыт весьма обнадёживает в получении обновленного НК-12 с модернизированным КНД от НК-93.

Однако существующие эксплуатационные проблемы двигателя НК-12 являются следствием ошибок, заложенных в конструкции винта АВ-60 (Ту-95) и являются критичными. Основной проблемой могут быть переменные динамические нагрузки, возникающие при совпадении положений прямых четырёх лопастей переднего и заднего соосных винтов АВ-60К. Переменные нагрузки вызывают вибрации и передаются на все элементы двигателя: валы, силовые шестерни, опоры, узлы подвески. Они же являются причиной повышенного шума таких винтов.

Кроме акустических проблем, сравнительно невысокая тяга винтов АВ-60 ($\pi=5,6\text{м}$, $P=8800\text{кгс}$) для настоящего времени, оказывает влияние на опережающие выработки ресурса двигателя на номинальном режиме и препятствует выработке на частичных нагрузках.

Комплексным решением по повышению тяги и устранению вредных вибраций прямых лопастей соосного вращения может быть применение винтовентилятора СВ-27, разработанного ОАО НПО "Аэросила" и прошедшего госиспытания в 2013 году.

Комплекс создавался для использования в составе силовой установки с двигателем Д-27, мощностью 13500 л.с., самолета Ан-70 и обеспечивал максимальную тягу 12100кгс. В случае применения его с двигателем НК-12, мощностью 15000 л.с., можно ожидать получения максимальной тяги 13400 кгс., т.е. почти в 1,45 раза больше располагаемой в настоящее время.

При вращении соосных саблевидных лопастей в разные стороны, совмещение положений будет происходить не по прямой линии, как у АВ-60, а постепенно - по точке. Это снизит аэродинамический удар и уменьшит динамические нагрузки на двигатель и шум лопастей. Этому же способствует разное количество лопастей на переднем и заднем винтах.

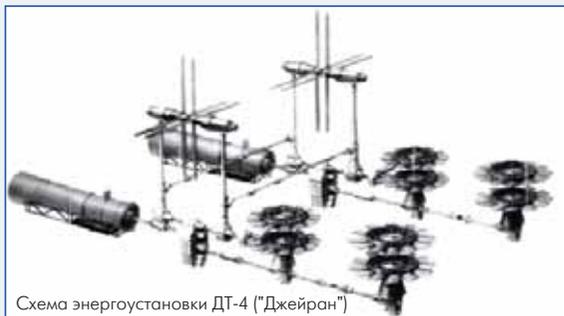
Другими словами, успехи развития теории и практики лопаточных машин к которым относятся лопатки компрессоров и лопасти винтов, позволяют на базе двигателя НК-12, простого по конструкции и освоенного в производстве выйти на уровни тяг 13 000кгс и перспективой роста до 15 000 кгс с удельной экономичностью на уровне 0,25 кг/кгс х час, что определяется как лидерство.

Возникает вопрос с чего начать и как убедиться в возможности

...и корабль нам поможет

тях на практике.

Подобные условия эксплуатации соосных воздушных винтов характерны и для амфибийного корабля на воздушной подушке (АКВП) проекта "Джейран". Компоновка энергоустановки ДТ4 на проекте такова, что приводной двигатель, аналогичный НК-12, находится в корпусе корабля, а мощность передается на передний и задний винты по 7,5 тыс. л.с. отдельными трансмиссиями, т.е. в сумме не превышающей возможности редуктора НК-12. Поэтому двигатель "защищён" от вредных вибраций совпадения четырёх прямых лопастей. Несмотря на более чем удовлетворительные тяговые характеристики винта АВ-92 ($\pi = 6,2\text{ м}$, $P = 14300\text{кгс}$.) для АКВП, в дальнейшем на АКВП проекта "Зубр" был выбран авиационный вариант привода одинарного винта АВ-90 ($\pi = 5,5\text{ м}$, $P=10000\text{кгс}$.) При этом сумма тяг винтов "Джейрана" (полный вес 350 тонн, полезный груз - 80 тонн) составляет 28600кгс., уступая 1400 кгс. сумме тяг винтов в кольце "Зубра" (полный вес 550 тонн, полезный груз 150 тонн). Видимо, отказ от соосно вращающихся винтов был неизбежен из-за громоздкой трансмиссии установки ДТ4 перенасыщенной редукторами (см. схему), которую упрощает применение редуктора НК-12



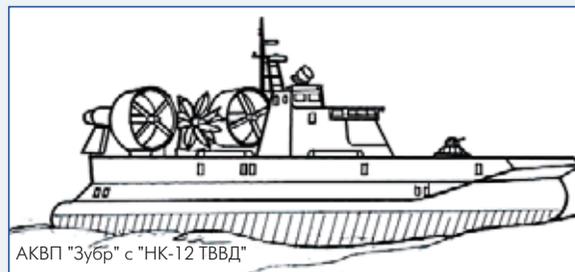
применение редуктора НК-12

Сопоставление эксплуатационных проблем от соосно вращающихся винтов в авиации и на амфибийных кораблях даёт

повод сведения задач в комплекс и поиска системного решения по получению биротативного движителя.

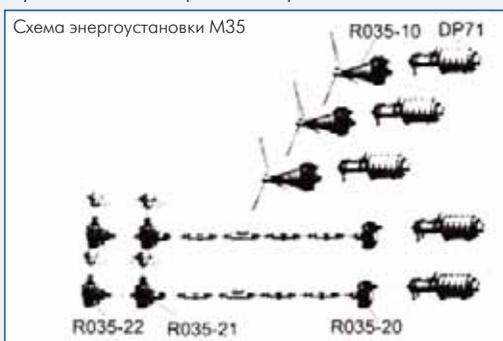
Для целей исследования модуля "НК-12 + СВ-27" (в дальнейшем "НК-12 ТВВД"), вне программ идущих на Ил-76ЛЛ и сохраняя парк Ту-95, остановимся на одном из АКВП "Зубр", находящемся на Феодосийском заводе "Море" с неопределённым статусом и замещением среднего модуля энергоустановки М35 на "НК-12 ТВВД" (см. рисунок).

Проект АКВП "Зубр" выбран исходя из возможностей размещения модуля "НК-12 ТВВД", масса



которого составит не более 4500 кг против 9300 кг модуля М35 в кольце и меньшего диаметра СВ-27 (4,5 м) по сравнению с диаметром АВ-90 (5,5м+кольцо). Эти возможности позволяют уменьшить высоту пилона и плеча приложения тяги и/или экспериментировать с тягами до 30000 кгс в располагаемых габаритах без реконструкции всей установки М35 (см. схема).

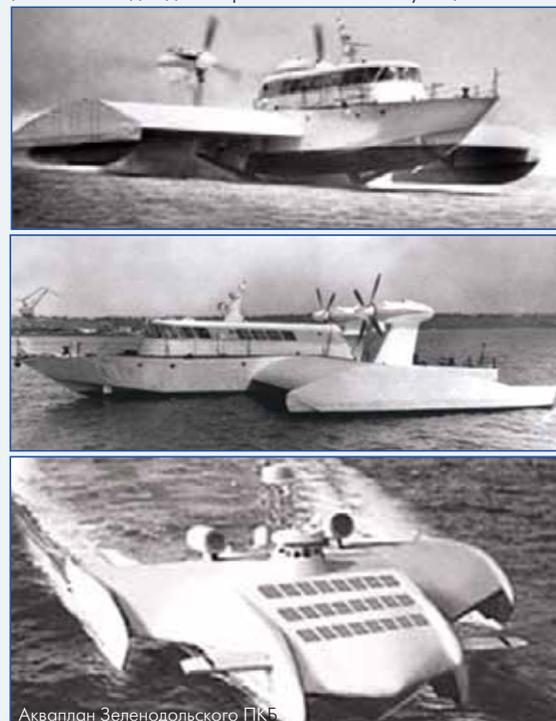
Следующая из важнейших возможностей это - режим крейсерских скоростей на АКВП 25-35м/с, соответствующих начальному режиму "взлётный" в авиации



с максимальной нагрузкой на винты. При сохранении М-35 можно обеспечить длительность крейсерского хода более 20 часов. При этом, используя реверс побортных движителей, получить фактический чрезвычайный режим "НК-12 ТВВД" с сохранением проектной живучести корабля. С точки зрения продолжения экспериментов с модулем "НК-12 ТВВД" в интересах флота и авиации можно рассматривать и капотирование тянущих роторов диаметром до 5,5 метров. Как бонус от проекта "Зубр" для экспериментов надо учитывать корабельную конструкцию пилона внутри которого трапы обеспечивают доступ к любому двигателю во время работы. С практической точки зрения проект "Зубр" может быть ремоторизован полностью под "НК-12" в количестве 4-5 двигателей на заказ с заменой осевых вентиляторов на центробежные. Для скоростей выше 35м/с, длительное безопасное движение (вместо АКВП, склонных к эффекту зарывания) возможно на аквеплане, движущемся на подводных крыльях и использующих экранный эффект.

История свидетельствует, что в интересах флота и развития противолодочной обороны (ПЛО) в акватории Черного моря проводились исследования аквепланов (см. фото справа) с достиганием скоростей 150-160км/ч (<45м/сек)с двигателем АИ-20.

Можно вернуться к работам по грубому окрылению типового корабля на подводных



крыльях с водоизмещением 100-200 тонн, но для гражданского назначения предложение от Зеленодольского ПКБ выглядит перспективной (см. фото на пред. стр).

Как вариант, модуль "НК-12 ТВВД" будучи установленным на акваплан, развитие которых тормозится отсутствием эффективного движителя может быть подвергнут испытаниям на скоростях 45-55 м/с соответствующих скоростям отрыва режима "взлётный" (рисунок акваплана). Потолок приповерхностных скоростей около 100м/с для подтверждения надёжности модуля достигается на экраноплане "Орлёнок", где в качестве маршевого двигателя установлен НК-12.



При этом корабли, включая АКВП, акваплан и экраноплан, менее критичны к массе энергоустановки, чем самолёт, и испытания можно прово-

дить с действующим газогенератором НК-12, параллельно проводя обновление компрессора.

На приведённых аппаратах рассматривался традиционный вариант НК-12 с передним отбором мощности в пределах 13 500л.с., но в перспективе может возникнуть потребность в увеличении передаваемой мощности, ограниченной редуктором НК-12. В этом случае, трехвальный НК-93 обеспечит рост мощности до 20-25 тыс. л.с., с возможностью двухстороннего (вперед/назад) отбора мощности, реализованного в энергоустановке М73 украинского производства для АКВП "АСУ-1". Использование редуктора НК-12 или его модификации на другие передаточные отношения позволяют реализовать весь потенциал мощности НК-93 и так же первоначально испытать на АКВП "Зубр".

Таким образом, корабль позволяет проверить потенциал и двигателя НК-12 и редуктора НК-12 минимизируя все виды рисков с выходом на унифицированную ЭУ для трех видов кораблей скоростного флота.

Первым делом, первым делом экраноходы

Потребность в морском варианте "НК-12ТВВД" в первом приближении можно оценить в пределах 10% от всего выпуска НК-12 на серийном заводе (см. "Двигатель", №3, 2017г. "Морской НК-12 для амфибий. До востребования"). И только авиация может увеличить серию "НК-12ТВВД", если использовать конструкцию крыла Ту-95 для "окрыления-нео" старых фюзеляжей Ил-62, Ту-154/204/214 и новых фюзеляжей типа МС-21 в двухдвигательном исполнении. Это альтернатива двухдвигательным самолётам с ТРД/ТРДД и тягами двигателей в классе 12-16 тонн как вариант формирования спроса и потребности "НК-12ТВВД" (см. "Двигатель", №5, 2017г, "Надежда отечества - крыло и мотор. Диверсификация").

Дополнением к обозначенным типам могут быть самолёты Ил-76 и Ил-86/96 в четырёхдвигательном исполнении с "НК-12ТВВД" (см. фото моделей) как альтернатива ремоторизации этих самолётов под ТРДД в классе тяг 30-35 тонн (ПД-35).



Подробнее остановлюсь на Ил-86/96, имеющим диаметр фюзеляжа 6,02 м как у грузового Ан-22, с задачей максимального сохранения исходной конструкции крыла. Взяв за основу расположение двигателей над крылом, как это сделано на Бе-103/40/200 и наработанную практику размещения двигателей на консолях, выходящих из фюзеляжа, как это сделано на Ил-62 в хвостовой части и на экраноплане "Лунь" в носовой части, получаем модель-демонстратор Ил-86 с частью крыла Ту-95 и "НК-12ТВВД". Переборка между крыльями решает задачу прокладки коммуникаций для питания и управления двигателями от базового крыла.

Основная целевая задача "Ил-86 ТВВД" заключается в реконструкции пассажирского в транспортный аналогичный Ан-22 и топливозаправщик для ВВС России. Во времена холодной войны ВВС США купили 732 коммерческих Б-707 и переоборудовали в авиатанкеры КС-135, которые на службе более 50-ти лет и на сегодня в строю 414 единиц. На замену поступают КС-46, переоборудованные из Б-767. Наш авиатанкерный флот, состоящий из Ил-78 и его модификаций не превышает 50-55единиц.

При этом оценки модели, характеристики продувок могут быть положительными, но практическое воплощение, следуя традициям, весьма рискованно. Здесь время вернуться к идее конверсии транспортных самолётов с ТВД в аппараты на воздушной подушке (АВП). Идея впервые была высказана Бережным Игорем Александровичем в начале 80-х, а технической реализацией на самолётах Ан-24, Л-410, "Молния" занимался Игнатьев Владимир Васильевич уже в 90-х.



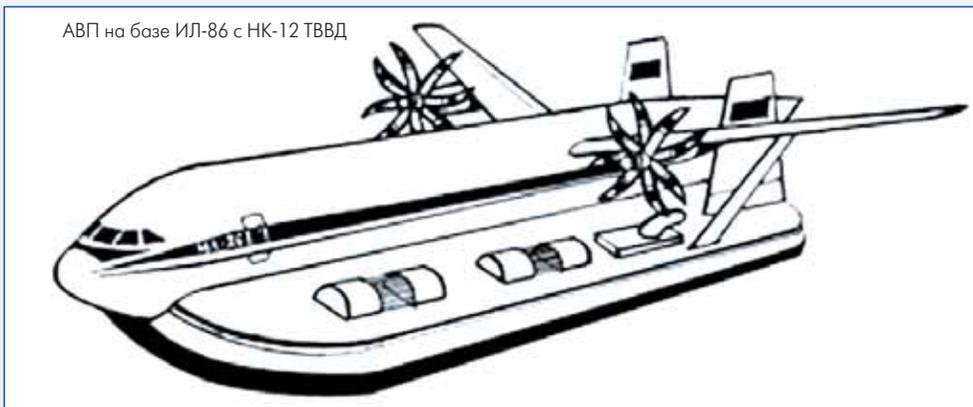
Реализация идеи предполагала наладить серийную конвертацию самолётов с ТВД, таких как Л-410, Ан-24/26/32/12/22 в АВП с взлетным весом 5-20-50-200 тонн и круглогодичным использованием. АВП по замыслу должны были заменить вертолёты в летних условиях, автомобили на автозимниках в зимних условиях и суда на мелеющих реках в условиях арктической тундры (см. фото АВП-05, АВП-20).

Так вот, до воплощения модели Ил-86 с ТВВД в реальный самолёт, можно создать АВП (см. рисунок) с конструктивным обликом будущего самолёта из имеющегося парка Ил-86. Размерность предполагаемого АВП будет в пределах рассматриваемого АКВП проекта "Зубр" с заимствованием типового гибкого ограждения и традиционным нагнетанием воздуха для создания ВП. Состав ЭУ должен включать 4 "НК-12" с компоновочным решением аналогичным компоновке проекта "Зубр", т.е. 2 двигателя на движение и 2 двигателя на ВП.

Весовая отдача АВП, создаваемого по авиационным технологиям, составит 50-60% в отличие от 25-30% весовой отдачи АКВП, созданных по судостроительным технологиям. При полном водоизмещении "Зубра" около 550 тонн полный вес (водоизмещение) АВП будет в пределах 400 тонн с грузоподъёмностью 150-200 тонн и наличием Российского Речного Регистра (РРР). Имея способность преодолевать препятствия типа вертикальная стенка высотой до 1,9 метра, всесезонную эксплуатацию, АВП становится связным в логистике между видами транспорта (авиация, ж/дорога, река) в условиях арктической тундры, низменной суши и пресноводных водоёмов по стандартам РРР.

Правильно называть такие АВП экраноходами, используя эффект опоры на поверхность (экран) и скоростью хода в пределах судовых.

АВП на базе ИЛ-86 с НК-12 ТВВД



Мотор экономики

Прочитав подзаголовок, финансист скажет, что это деньги, имея ввиду формулу "деньги-товар-деньги". Первоначально и истинно (читаете "Капитал" т. Маркса) "товар-деньги-товар". Хотя Маркс и считал первую из формул более прогрессивной. Но этим переставлением всего двух слов можно менять смысл экономики. Деньги как средство обмена стали иметь свою цену, измеряемую в процентах кредита, много больших чем за операционное обслуживание. И риск моторостроителя много выше, чем риск финансиста, приобретающего деньги Центробанка и продающего их в кредит. Всем необходимы гарантии, но надёжность сделки - только в качестве товара. Есть товар, свойства которого доказаны, и существует его производство, возможность совершенствования производства и товара, способного улучшить качество транспорта и услуг. Следовательно, именно с ним и надо экспериментировать и вкладывать в него деньги. Это я о логистике маркетинга двигателя НК-12 и в большей степени о редукторе НК-12, способному двигателям "НК" вернуть будущее.

Как говорил известный советский писатель Юлиан Семёнов: "Кто контролирует прошлое - не растеряется в настоящем, не заблудится в будущем."

Связь с автором: g_vva714@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Беспилотный летательный аппарат SkyGuardian MQ-9B, созданный компанией General Atomics Aeronautical Systems (GAASI), стал первым в истории средневысотным беспилотным летательным аппаратом (Medium-altitude, Long-endurance (MALE) Remotely Piloted Aircraft (RPA)), которому удалось совершить трансатлантический перелет. Сегодня, в 6:51 утра по местному времени, беспилотник SkyGuardian совершил посадку на базе ВВС Фейрфорд в Глостершире, Великобритания, после полета, длиной в 3760 морских миль (6963 километра), в который он отправился, взлетев с полосы аэродрома в Гранд-Форкс, Северная Дакота, США. На то, чтобы пересечь Атлантический океан, беспилотнику потребовалось 24 часа и две минуты времени.

Полет SkyGuardian MQ-9B, в первую очередь, стал демонстрацией возможностей этого летательного аппарата, который является преемником известного беспилотника Reaper RPA. Командование британских ВВС уже планирует приобретение беспилотников MQ-9B, которые будут им поставляться под кодовым названием Protector RG Mk1.



Беспилотник SkyGuardian MQ-9B имеет размах крыльев 24 метра и приводится в движение турбовинтовым двигателем Honeywell TPE331-10. Он может поднимать в воздух груз, массой до 2155 килограмм, и имеет максимальную скорость в 210 узлов (389 километров в час). Беспилотник может находиться в воздухе непрерывно в течение 40 часов, находясь при этом на высоте до 12 200 метров.

"Трансатлантический перелет стал демонстрацией надежности и других способностей беспилотника SkyGuardian MQ-9B,

который может быть переориентирован для выполнения задач гражданского плана" - рассказывает Линден Блю (Linden Blue), президент компании GA-ASI, - "Этот полет стал результатом длительного процесса разработки, производства и испытаний летательного аппарата".

После совершения трансатлантического перелета беспилотник MQ-9B в качестве экспоната примет участие в выставке Royal International Air Tattoo, которая будет проходить с 13 по 15 июля этого года.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В РОССИИ, КАК СИСТЕМООБРАЗУЮЩИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, (Россия)

Алексей Иванович Тихонов, к.т.н., доцент, директор Института инженерной экономики и гуманитарных наук

Андрей Александрович Сазонов, к.э.н., доцент кафедры "Менеджмент и маркетинг высокотехнологичных отраслей промышленности"

Сергей Вячеславович Новиков, к.э.н., доцент, зам. директора Института инженерной экономики и гуманитарных наук

Статья посвящена анализу процессов импортозамещения в авиационной промышленности России. Выделены основные направления и механизмы поддержки авиационной отрасли в организации импортозамещения с учетом использования многоступенчатого финансирования. Рассмотрен один из основных аспектов программы импортозамещения, связанный с созданием лизинговых компаний для активной продажи пассажирского самолета SSJ-100. Проведен анализ возможности выхода отечественных авиационных предприятий на внешний рынок с целью выявления их прямых конкурентов, на примере пассажирского самолета SSJ-100. Проанализирована государственная программа развития в области импортозамещения, авторы статьи определили одно из ее ключевых направлений, состоящее в организации системы лизинга и формирования остаточной стоимости самолетов. Определены перспективы развития авиационной промышленности России в современных условиях с учетом мер государственной поддержки, реализуемые в ключевых позициях и областях импортозамещения. Охарактеризованы главные положения и мероприятия, направленные на развитие комплексных процессов субсидирования в рамках разработанной правительством Российской Федерации программы "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 г.". Выделены направления работы КРЭТ в рамках реализации программы импортозамещения, касающиеся авионики для пассажирских самолетов SSJ-100 и MC-21.

The article is devoted to the analysis of import substitution processes in the Russian aviation industry. The main directions and mechanisms of support of the aviation industry in the organization of import substitution, taking into account the use of multi-stage financing are identified. One of the main aspects of the import substitution program associated with the creation of leasing companies for the active sale of passenger aircraft SSJ-100 is considered. The analysis of the possibility of domestic aviation enterprises entering the foreign market in order to identify their direct competitors, on the example of the passenger aircraft SSJ-100. After analyzing the state program of development in the field of import substitution, the authors of the article identified one of its key areas consisting in the organization of the leasing system and the formation of the residual value of aircraft. The prospects of development of the Russian aviation industry in modern conditions, taking into account the measures of state support implemented in key positions and areas of import substitution. The main provisions and measures aimed at the development of complex processes of subsidies in the framework of the program "development of industry and increase of its competitiveness for the period up to 2020" developed by the government of the Russian Federation are described. The directions of KRET work within the framework of the import substitution program concerning avionics for SSJ-100 and MS-21 passenger aircraft are highlighted.

Ключевые слова: импортозамещение, комплектующие, лизинг, пассажирский самолет SSJ-100, конкурентоспособность, авионика

Keywords: import substitution, components, leasing, passenger aircraft SSJ-100, competitiveness, avionics

В связи с активным введением новых экономических санкций со стороны США и Европейского Союза против Российской Федерации довольно остро встал вопрос импортозамещения, что потребует целенаправленных мер стимулирования и поддержки отечественного производителя в авиационной промышленности. Проблема импортозамещения, то есть замены на российском рынке товаров иностранного производства отечественными, не является новой и периодически поднимается, в том числе и руководством страны. В первую очередь, импортозамещение связывают с решением одной из основных задач экономики России - ее диверсификацией. Однако попытку разработать комплексную политику власти предприняли только после введения санкций. В настоящее время, по оценкам правительства, доля импорта в различных отраслях экономики крайне высока. Авиационная промышленность в настоящее время испытывает ряд проблем, связанных с организацией процесса импортозамещения, при этом, необходимо отметить, что в России уже эффективно работает комплекс механизмов, необходимых для развития и поддержки авиационной отрасли, таких как [6,7,8]:

- введение налоговых стимулов с целью предоставления возможности предприятиям вкладывать средства в развитие новых производств;
- субсидирование процентной ставки по кредитам с целью оживления рынка кредитования в стране;
- организация процесса софинансирования из состава средств федерального бюджета наиболее перспективных научно-технических разработок;
- усовершенствованная нормативно-правовая база.

Государство в рамках программы импортозамещения активно поддерживает продажи Sukhoi Superjet, создавая и финансируя лизинговые компании и гарантируя остаточную стоимость самолета. У российского самолета есть окно возможностей, пока на рынок не вышли его прямые конкуренты - японский Mitsubishi Regional Jet, бразильский Embraer нового поколения и китайский ARJ21. Китайский рынок Объединенная авиационная корпорация (ОАК) планирует завоевать путем создания местной лизинговой компании, соглашение о ее создании подписали Российско-китайский инвестиционный фонд (структура РФПИ и Китайской инвестиционной корпорации), ОАК и китайская New Century International Leasing

[1,3,10]. В ближайшие три года новая лизинговая компания должна будет продать 100 самолетов. Она выкупит суда и передаст их в операционный лизинг авиакомпаниям Китая и Юго-Восточной Азии. Дочерняя лизинговая компания ОАК может быть создана и в Египте - для продажи SSJ-100 в Африке.

С удорожанием финансирования лизинговые ставки стали недоступны для региональных российских авиакомпаний, а именно на региональные перевозки ориентирован SSJ. На преодоление этого разрыва направлена другая мера поддержки продаж - докапитализация Государственной транспортной лизинговой компании (ГТЛК) из бюджета на 30 млрд руб. Одна из проблем, которая стоит перед потенциальными лизингодателями SSJ-100 (кроме дорогого финансирования на российских рынках), - отсутствие статистической информации об остаточной стоимости машин, что снижает привлекательность самолета как актива. Остаточная стоимость популярных моделей самолетов Boeing и Airbus известна, исходя из богатого опыта ремаркетинга. В то же время, пополняя портфель самолетом SSJ-100, лизингодатель получает актив с неизвестными условиями ремаркетинга. Решить эту проблему должна помочь программа гарантии остаточной стоимости самолетов. Цена самолетов после 12 лет эксплуатации должна составить не менее 40% от первоначальной. Если по истечении срока реальная цена самолета окажется ниже, государство компенсирует владельцу самолета (лизинговой или авиакомпании) до трети от расчетной остаточной стоимости.

Симметричная мера также будет действовать для будущего самолета ОАК - MC-21, продажи которого начнутся в середине 2018 г. Всего программа рассчитана на 100 самолетов SSJ-100 и 100 самолетов MC-21. В 2017 г. на нее в бюджете предусмотрено около 740 млн руб., потом сумма будет постепенно увеличиваться. Всего государство потратит на эту меру поддержки ориентировочно примерно 1,4 млрд руб. Гарантия остаточной стоимости будет доступна не только российским, но и иностранным лизингодателям, которых должны убедить таким образом выбрать наши самолеты [1,3]. В отличие от достаточно консервативного Superjet, в проект магистрального лайнера MC-21, который создает компания "Иркут", сразу были заложены решения, которые должны дать ему превосходство в экономических показателях перед конкурентами -

A320neo и Boeing 737MAX. "Иркутом" был выбран специально адаптированный для MC-21 компанией Pratt &Witney двигатель PW1400G-JM, такой же, как и на A320neo. Доля композитных материалов, применяемых в MC-21, включая впервые применяемое в самолетах такого класса цельно-композитное (черное) крыло, составляет более 30% по массе - это рекорд в классе. Для самолета разрабатываются новые, более прогрессивные системы управления и контроля [2].

Параллельно для MC-21 в рамках программы импортозамещения разрабатывается и полностью российский двигатель - ПД-14. В настоящее время на разработку этого двигателя направлено 54,492 млрд руб. и эта сумма меньше, чем у зарубежных конкурентов при разработке двигателя такого класса. Тем не менее она гораздо больше, чем стоимость разработки двигателя SaM-146 для SSJ. Это объясняется тем, что французские партнеры предоставили уже фактически готовую "горячую часть" для SaM-146, сам ПД-14 значительно мощнее и его разработка ведется с нуля, что потребовало создания новых технологий и материалов. Импортозамещение должно осуществляться только на условиях конкурентоспособности в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе, способствовать выработке конкурентоспособных предложений. Основные конкурентоспособные предложения, реализуемые авиационными предприятиями России, представленные на рисунке 1 [5,6,7]. Перспективы развития авиационной промышленности России в современных условиях включают в себя меры государственной поддержки, реализуемые по ключевым позициям в области импортозамещения. В состав предлагаемых мер входят [6,9,10]:

- принятие программы импортозамещения продукции военной авиации, которая поставляется украинскими производителями;
- реализация ряда мероприятий, направленных на развитие собственных конкурентоспособных поставщиков;
- планирование выхода и увеличение объемов производства самолетов MC-21 с российскими двигателями ПД-14;
- постепенное снижение средней доли импорта в производимых самолетах за счет минимизации доли импортных комплектующих по сравнению с SSJ-100;
- ОАО "Концерн Радиоэлектронные технологии (КРЭТ)" планирует увеличение доли своих систем в бортовом оборудовании MC-21.

Как следует из плана импортозамещения в авиационной отрасли ждут масштабные изменения. В России должны будут производиться 10 из 22 наименований импортных комплектующих для SSJ-100. Среди них - пассажирские кресла, остекление фюзеляжа и др. В остальных случаях доля импорта может остаться на уровнях от 30 до 80%. Для самолета MC-21 шесть компонентов из 35 должны производиться в России. Больше всего российских компонентов должно быть в самолетах семейства Ту-214 (Ту-204-200) - все 242 импортных компонента должны производиться в России [3,6].

Производство должно быть налажено до 2020 г., но некоторые компоненты должны производиться уже со следующего года. Импортозамещение в сфере авиационного двигателестроения предусматривает выделение из средств федерального бюджета 21 млрд руб., направленных на реализацию следующих инструментов: выделение прямых субсидий авиационным предприятиям, софинансирование исследований, грантовая поддержка, а также преференции при госзакупках [2,8].

Часть авиаоборудования, которое Минпромторг предлагает заместить российскими аналогами, могут производить его структуры. Например, вспомогательные силовые установки могут быть заменены техникой производства предприятия "Аэросила" или перспективной силовой установкой производства холдинга "Технодинамика", а бортовое радиоэлектронное оборудование, различные разъемы и коннекторы могут производить предприятия, входящие в концерн КРЭТ. Государственная Объединенная двигателестроительная корпорация уже делает аналоги двигателей для вертолетов семейств Ка и Ми. Разработкой и производством композитных материалов может заниматься Всероссийский институт авиационных

материалов. Для КРЭТ одно из направлений реализации программы импортозамещения касается авионики для SSJ-100 и MC-21. Так в 2018 г. планируется довести долю отечественных комплектующих в MC-21 ориентировочно до 80% с нынешних менее чем 50%. В настоящее время идут переговоры с иностранными партнерами об организации переноса производства в Россию некоторых комплектующих, поставляемых сегодня ими для этого самолета [3,7,8].

Самый сложный процесс при импортозамещении - это сертификация, в том числе международная, так как ОАК экспортирует продукцию. Сначала должно быть сертифицировано производство и детали, и только после этого предприятие может участвовать в тендере на поставки. Государству следует принять целенаправленные и системные меры по развитию поставщиков и добиться гармонизации отечественных (нормы Авиационного регистра Межгосударственного авиационного комитета (AP МАК)) и международных (нормы European Aviation Safety Agency (EASA)) сертификационных требований. Основной задачей EASA в настоящее время является обеспечение высочайшего уровня безопасности в гражданской авиации посредством проведения сертификации авиационных продуктов, одобрение авиационных организаций, разработки и внедрением стандартизированных европейских правил [1,6].

Самолетостроение		
SSJ-100		Создан в условиях тесного партнерского сотрудничества с иностранными авиационными компаниями. Реализация заложенных объемов продаж позволит России занять не менее 16% мирового рынка региональных самолетов к 2030 году
MC-21		Обеспечит уровень операционных эксплуатационных расходов на 12-15% ниже современных зарубежных аналогов A320 и B-737NG. Ожидается увеличение доли мирового рынка сегмента новых самолетов размерности 140-220 кресел до 10%

Двигателестроение		
SaM-146		Двигатель SaM146 производится компанией PowerJet, которая является совместным предприятием российского НПО "Сатурн" и французской компании "Спекта". Предназначен для региональных самолетов и в настоящее время устанавливается на SSJ-100.
ПД-14		Семейство двигателей ПД предназначено для установки на самолеты MC-21-200/300/400. Цель проекта - завоевание более 10% рынка турбовентиляторных двигателей в классе тяги 7...18 т.

Вертолетостроение		
Ми-38		Вертолет оснащен новейшими приборами, которые контролирует система авионики. Конкурентоспособность и устойчивый сбыт в ближайшие 25 лет на внутреннем и мировом рынках
Ка-62		Превосходит по экономической эффективности аналоги, имеющиеся на мировом рынке. Займет на российском рынке регулярных грузоперевозок свою уникальную нишу
ПСВ		Перспективный скоростной вертолет разрабатывается в интересах Минобороны РФ, пойдет в серию с 2022 г. Запланированный объем продаж вертолета составит 726 единиц, из них 432 единицы на экспорт



Со стороны государства системообразующая работа в области импортозамещения осуществляется по двум ключевым направлениям. Первое направление направлено на всестороннюю поддержку отечественных компаний в ориентации на завоевание внешних рынков, оказание помощи в различных вопросах международно-ориентированных проектов. Правительству России необходимо сформировать меры поддержки таким образом, чтобы они оказывали стимулирующий эффект и способствовали трансформации отрасли. В данном случае приоритетом промышленной политики в области авиастроения нужно сделать комплексную поддержку экспорта высокотехнологичной продукции, к примеру, через субсидирование затрат, необходимых на прохождение международной сертификации или аудитов со стороны международных заказчиков. Второе направление подразумевает выполнение процедуры равного доступа к поддержке для частных и государственных компаний с целью стимулирования прихода частного капитала в отрасль. Одна из проблем поставщиков продукции - дорогие заемные ресурсы. Приоритетной мерой поддержки предприятий авиапрома независимо от их формы собственности и размера должно стать льготное долгосрочное финансирование опытно-конструкторских работ и капитальных проектов.[4,5].

Меры государственной поддержки в области импортозамещения, предложенные правительством Российской Федерации, были объединены в единую государственную программу "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 г." и включают в себя [2,4]:

- обеспечений гарантии остаточной стоимости воздушных судов (ВС);
- выделение материальной поддержки лизинговым компаниям на приобретение ВС;
- выделение субсидий авиакомпаниям на покупку в лизинг ВС;
- субсидирование затрат на формирование складов запасных частей эксплуатанта ВС, обучение экипажей и техников;
- направление субсидии производителям на техперевооружение и закупку технологического оборудования;
- субсидирование проектов, связанных с оптимизацией и модернизацией структуры активов и действующих систем управления предприятием;
- выделение субсидии на развитие и формирование устойчивого спроса на ВС российского производства;
- субсидирование затрат на уплату процентов по кредитам на формирование складов запасных частей производителя;
- разработка механизма бюджетного финансирования;
- полноценное финансирование НИОКР в каждой из подотраслей;
- предоставление бюджетных инвестиций с целью развития научной, технологической и инженерной инфраструктуры. **Л**

Литература

1. Биленко П.Н., Лысенко С.Л., Завалеев И.С., Лысенко Л.В. Комплексная оценка развития предприятия как инструмент повышения производительности труда. Научные технологии том 18 № 7.Изд-во.: Радиотехника (Москва), 2017. - С. 22 - 31.

2. Государственная программа Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 г.", сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации [Электронный ресурс] - URL: <http://www.minpom.gov.ru>

3. Государственная программа Российской Федерации "Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы", сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации [Электронный ресурс] - URL: <http://www.minpom.gov.ru>

4. Импортозамещение в России [Электронный ресурс] URL: <http://www.newsru.ru/doc/index.php/> (дата обращения 02.06.2018).

5. Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета участникам промышленных кластеров на возмещение части затрат при реализации совместных проектов по производству промышленной продукция кластера в целях импортозамещения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.06.2018).

6. Седенко Т.Ю., Никонец О.Е. Стратегия импортозамещения в России // Научно-методический электронный журнал "Концепт". - 2016. - Т. 11. - С.91-95. [Электронный ресурс] URL: <http://www.e-koncept.ru/>

7. Счетная палата РФ: возможности импортозамещения ограничены объемами производства [Электронный ресурс] URL: <http://www.sitv.ru/> (дата обращения: 02.06.2018).

8. Соболев Л.Б. Сетевая форма организации бизнеса в авиационных корпорациях // Труды МАИ. 2012. № 59. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mai.ru/upload/iblock/100/setevaya-forma-organizatsii-biznesa-v-aviatsionnykh-korporatsiyakh.pdf>.

9. Соболев Л.Б. Отраслевая инновационная система российского авиапрома // Труды МАИ. 2013. № 70. [Электронный ресурс] URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php-ID=44564>.

10. Технологическая кооперация и экспансия на мировой рынок, сайт Военно-промышленного комплекса Российской Федерации [Электронный ресурс] - URL: <http://www.vpk.name/>

11. Тихонов А.И., Краев В.М. Современное состояние и перспективы развития гражданского авиастроения России // Экономика и управление в машиностроении. 2017. № 6. С. 55-61.

12. Краев В.М., Тихонов А.И. Эффективность внедрения программы импортозамещения в авиационное двигателестроение // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2017. № 2. С. 157-161.

13. Артюшкин В.Д., Гусаков А.Г., Тихонов А.И. Развитие авиационной промышленности российской федерации в условиях импортозамещения // Московский экономический журнал. 2016. № 3. С. 46.

14. Тихонов А.И. Модель комплексной реализации концепции импортозамещения в инновационной среде (на примере авиационного двигателестроения) // Вестник Московского авиационного института. 2015. Т. 22. № 3. С. 146-153.

15. Сазонов А.А., Комонов Д.А., Трегубова О.И. Исследование современного состояния науки и технологий в отечественном авиастроении // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2017. № 3. С. 49-53

16. Сазонов А.А., Матюшина Е.Ю., Сазонова М.В. Анализ текущего состояния и проблем развития потенциала отечественных наукоемких отраслей промышленности (на примере авиастроения) // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2017. № 7-8. С. 47-50.

17. Новиков С.В. Формирование обобщенной скалярной оценки целесообразности импортозамещения на примере высокотехнологичного предприятия // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 7-1 (54).

МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ САЛОН
ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



АРХИМЕД

с **26** по **29**
МАРТА 2019

Москва, Россия,
Конгрессно-выставочный
центр «Сокольники»,
павильон N 2



- Конкурсная программа
- Презентация высокотехнологичных проектов
- Международная выставка товарных знаков «Товарный знак – Лидер»
- Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы изобретательской и патентно-лицензионной деятельности»
- Международная выставка изобретений, новых продуктов и услуг

Заявки на участие принимаются до 20 февраля 2019 года
105187, г. Москва, ул. Щербаковская, д.53, к.В,
ООО «АрхимедЭкспо», e-mail: mail@archimedes.ru
Телефон/факс: +7(495) 366-14-65, +7(495) 366-03-44
www.archimedes.ru



МЕТОД ФОТОУПРУГОСТИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ МАИ

Анатолий Семёнович Демидов, д.т.н., профессор кафедры конструкций и проектирования двигателей, Московский авиационный институт МАИ (национальный исследовательский университет),

Метод получения плоских картин напряжений внутри тел сложной формы – в том числе, на начальных этапах проектирования, до изготовления детали из металла – успешно практикуется при просвечивании на специальных установках поляризованным светом моделей деталей, сделанных из оптически прозрачных материалов.

A method of obtaining flat patterns of stress inside bodies of complex shape – including, at the initial design stages, to fabrication details from metal is successfully practiced when scanning for special installations polarized light of models of components, made from optically transparent materials.

Ключевые слова: нагрузки, напряжения, поляризованный свет, фотоупругость.
Keywords: loads, strength, polarized light, photoelasticity.

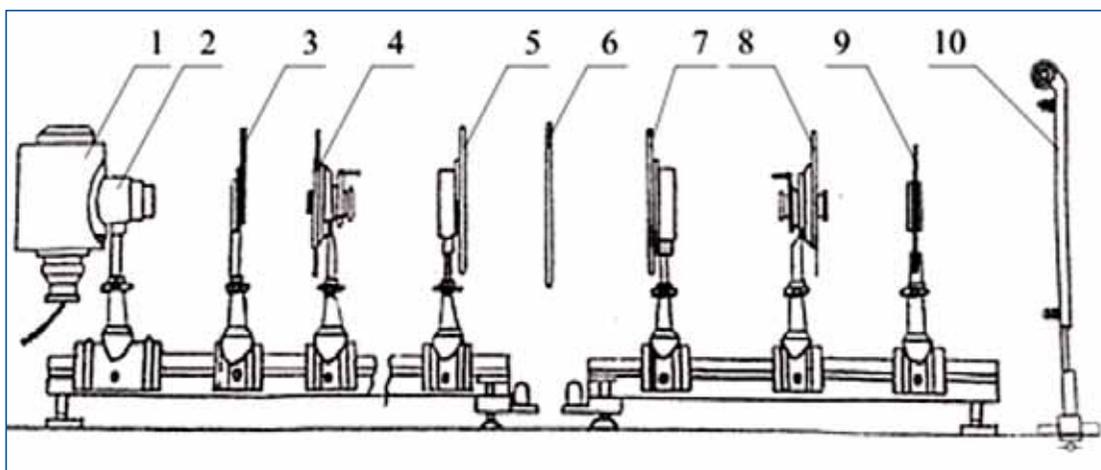


Рис. 1 Схема установки ППУ-7 1 - источник света; 2 - конденсор; 3 - светофильтр; 4 - поляризатор с пластинкой четверть волны; 5 - рабочая линза; 6 - исследуемая модель; 7 - ответная рабочая линза; 8 - анализатор с пластинкой четверть волны; 9 - проекционный объектив; 10 - экран.

где R_t - относительная линейная разность хода, вызванная временным двойным лучепреломлением;

C - постоянная, называемая оптическим коэффициентом напряжения;

t - толщина модели;

σ_1, σ_2 - главные напряжения.

На рис. 2 для примера показана картина полос, которую можно увидеть на экране установки ППУ-7, если в нагрузочное устройство разместить четырехопорную балку.

Этот метод для изучения прочности конструктивных элементов можно назвать в высшей степени наглядным и красивым. Многие задачи по исследованию плосконапряженного состояния решаются им достаточно просто. В основе метода лежит эффект двойного лучепреломления [1]. Такой эффект свойственен некоторым природным телам, а также возникает при просвечивании поляризованным светом ряда механически нагруженных искусственных материалов. Схема проекционно-поляризационной установки ППУ-7 показана на рис.1. Если в ее нагрузочное устройство поместить модель из оптически активного материала, то на экране получается картина интерференционных полос, которая должна быть расшифрована.

Закон фотоупругости при плоском напряженном состоянии:

$$R_t = C \times t \times (\sigma_1 - \sigma_2), \quad (1)$$

участке чистого изгиба в ее средней части напряжение $\sigma_2 = 0$, а σ_{1max} легко определяется, поскольку можно задать силы P и размеры балки. Темная (нулевая) полоса в середине картины полос соответствует положению нейтральной линии. Ведя отсчет от нее и двигаясь в поперечном направлении, определяем, что на краю балки порядок полосы $n = 5$, откуда для выбранной толщины модели можно определить так называемую цену полосы

$$\tau_0 = \sigma_{1max}/5, \quad (2)$$

Более сложной оказывается задача разделения главных напряжений, когда оба они отличаются от нуля. Для ее решения используется картина полос в сочетании с картиной изоклин, метод "Рапид" и другие методы [1]. Изоклина представляет собой геометрическое место точек, направления главных напряжений в которых параллельны. Картины изоклин могут быть получены с помощью работы с поляризатором и анализа-

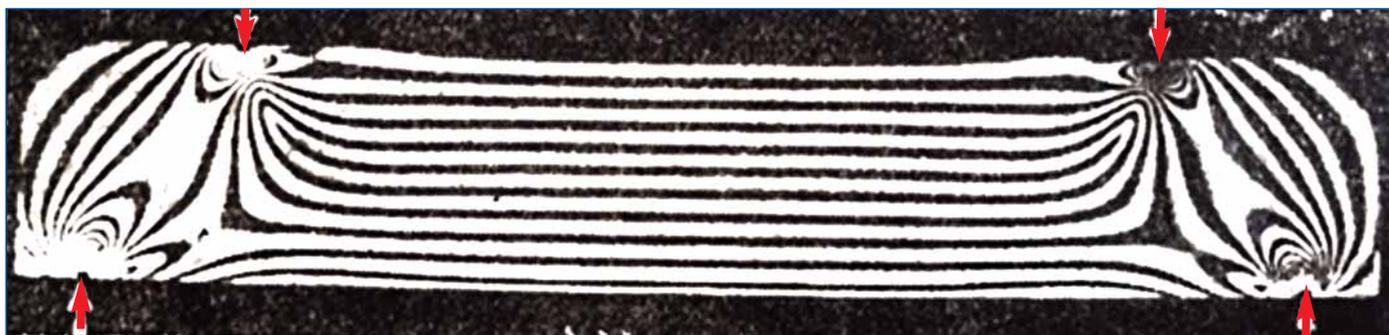


Рис. 2 Картина полос 4-опорной балки под нагрузкой на экране ППУ-7

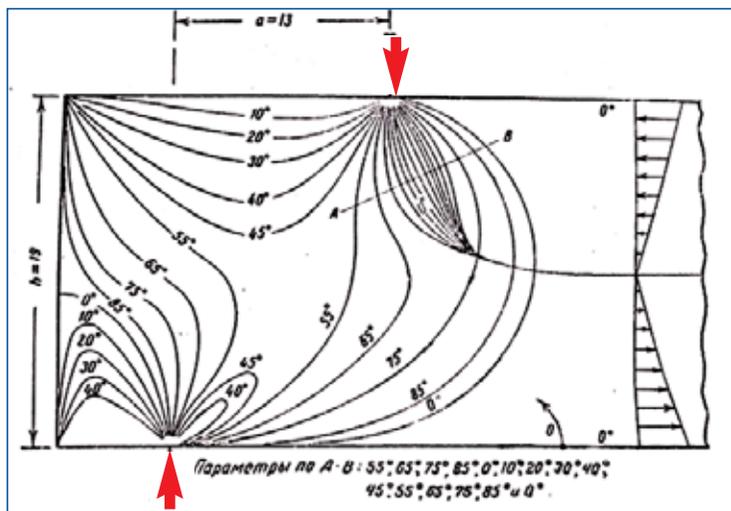


Рис. 3 Изоклины для конца балки, картина полос которой показана на рис. 2 [1]

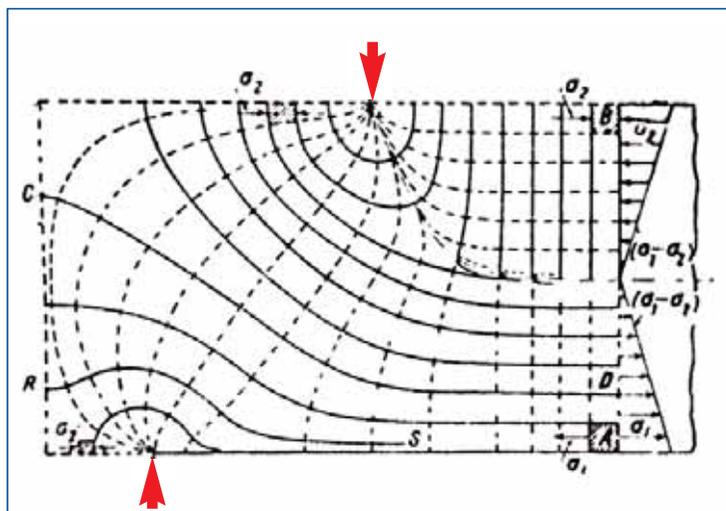


Рис. 4 Изостаты (линии главных напряжений) конца балки, построенные по картине изоклин на рис.3 [1]

тором. Поляризатор представляет собой устройство для создания потока поляризованного света в заранее заданной плоскости, а с помощью анализатора может быть получена смешанная картина полос и изоклин. Для исключения изоклин из нее в световой поток для сдвига фаз вводятся так называемые пластинки четверть волны (рис.1). В свою очередь, почти чистая картина изоклин получается при использовании модели из материала со слабой оптической чувствительностью, например, плексигласа. Изоклины для конца балки (общая картина полос приведена на рис.2) показаны на рис.3 и на их основе построены траектории главных напряжений (рис.4). Нижние волокна балки растянуты, а верхние сжаты. Таким образом, вдоль нижней части балки направлены траектории напряжений 1 (сплошные линии), а вдоль верхней - траектории 2 (штриховые). За пределами участка чистого изгиба траектории меняют свое направление, но обе системы кривых в соответствии с определением остаются взаимноортогональными.

При постановке опытов на модели с размерами и усилиями, отличающимися от таковых в натуральной детали, необходимо использовать формулу

$$\sigma_d = \sigma_m \times d_m \times t_m \times P/d \times t \times P_m, \quad (3)$$

где σ, σ_m - напряжения в детали и модели соответственно, d, d_m - толщина детали и модели соответственно, P и P_m - действующие на них нагрузки

В Московском авиационном институте метод фотоупругос-

ти применялся в лабораториях нескольких кафедр. На кафедре 203 организатором лаборатории в конце 50-х годов был инженер В.Б. Горлов. Под его руководством при консультациях с д.т.н. Н.И. Пригоровским из Института машиноведения АН СССР была создана группа сотрудников (Л.П. Морозова, С.Ф. Максимова, И.Г. Соколовская, и др.), в которой с высокой точностью изготавливались модели из материала на основе эпоксидной смолы ЭД-6М. Была приобретена, установлена и отлажена проекционно-поляризационная установка ППУ-7, на экспериментально-опытном заводе МАИ изготовлен термостат. В 1963 году В.Б. Горлов успешно защитил кандидатскую диссертацию по посвященную замковым соединениям лопаток компрессоров воздушно-реактивных двигателей [2]. Напряжения на вращающихся деталях из отвержденной смолы исследовались с помощью скоростной киносъемки и стробоскопа при 4000 оборотах в минуту на специально созданном варианте поляризационной установки ДППУ-2А (рис. 5). Для решения объемных задач прочности путем так называемого "замораживания" напряжений применялся термостат. В настоящее время на кафедре 203 поляризационная установка ППУ-7 используется только в учебном процессе, но намечены более широкие задачи. В конце 60-х годов работы методом фотоупругости проводились также на кафедре 104. В частности, остаточные напряжения в конструкциях исследовались аспирантом Г.А. Молодцовым. Также большой интерес к этому методу был проявлен на кафедре 603. Полноценные исследования на приобретенной аппаратуре помешали наладить неурядицы перестроенного периода, но такие возможности по-прежнему существуют. В тот же период времени лабораторную работу по фотоупругости пытались поставить на кафедре физики, но пока в некоторые учебные планы входит только работа по изучению отражения и преломления света в поляризаторе из стопки стеклянных пластинок.

□

Литература

1. М.М. Фрохт Фотоупругость, т.1. - М.-Л.: ГИТТЛ, 1948. - 432 с.
 2. В.Б. Горлов Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук "Теоретическое и экспериментальное исследование замкового соединения типа "ласточкин хвост", 1963.

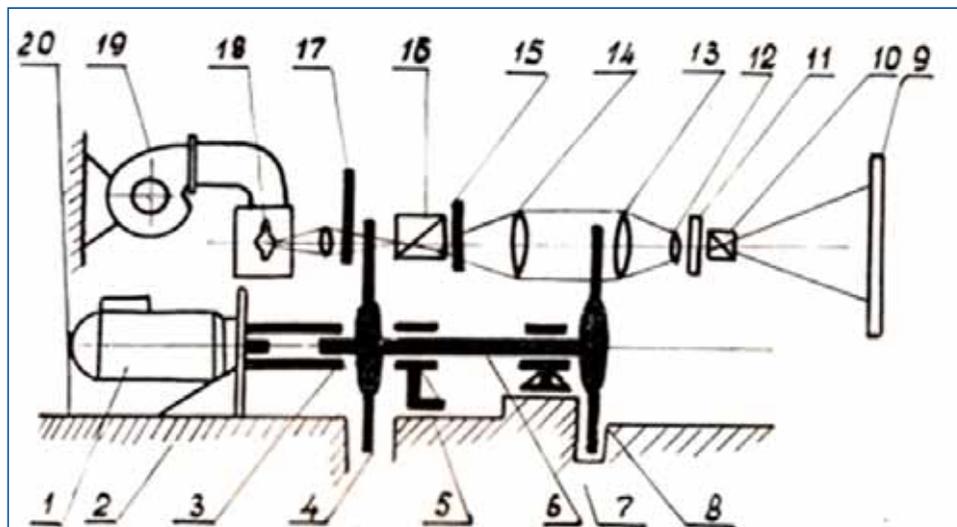


Рис. 5. Кинематическая схема ДППУ-2А [2]: 1 - э/мотор; 2 - кронштейн; 3 - гибкая связь; 4 - диск стробоскопа; 5 - опора; 6 - вал; 7 - опора; 8 - исследуемая модель; 9 - экран; 10 - анализатор; 11 - пластинка четверть волны; 12 - проекционный объектив; 13, 14 - рабочие линзы; 15 - пластинка четверть волны; 16 - поляризатор; 17 - щелевой отсекатель; 18 - осветитель с конденсором; 19 - вентилятор; 20 - чугунная станина.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ЕЁ НЕВОЗМОЖНОСТИ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

Получены новые уравнения для описания турбулентного процесса в двигателях летательных аппаратов (ЖРД, РДТТ и др.). Отмечены области появления турбулентности в дозвуковом и сверхзвуковом потоках. Доказана теорема о невозможности существования турбулентности в сверхзвуковых потоках. Показано, что в сверхзвуковом сопле могут образовываться дозвуковые зоны, где турбулентность возможна (пристеночные отрывные течения, ударные волны и др.).

New equations for the description of turbulent process in aircraft engines (LRE, rdt, etc.) are obtained. The area of occurrence of turbulence in subsonic and supersonic flows. A theorem about the impossibility of the existence of turbulence in supersonic flows. It is shown that subsonic zones can be formed in the supersonic nozzle, where turbulence is possible (wall separation flows, shock waves, etc.).

Ключевые слова: турбулентность, сверхзвук, градиент, вихрь.
Keywords: turbulence, supersonic, gradient, vortex.

В настоящее время создается все больше и больше математических продуктов, нацеленных на решение актуальных задач, связанных с течением сверхзвуковых потоков. Это задачи определения поля скоростей, профилирования сверхзвуковых сопел, теплообмена и разрушения стенок, выработка граничных условий для решения задач регенерации в ЖРД, разработка методов и программ по определению тяги, удельного импульса тяги и других интегральных характеристик и многие другие проблемы. Большой популярностью в качестве исходного продукта пользуются многочисленные программы, построенные на уравнениях О. Рейнольдса. Точнее, эти программы разработаны на базе предложенного О. Рейнольдсом искусственного приема, который он применил для упрощения уравнений Навье-Стокса. На первый взгляд этот прием условно разделил поток на поток по руслу и поток пульсационный, практически поперек первого, того, что по руслу. Этот искусственный прием однозначно декларировал присутствие пульсаций, в том числе и в сверхзвуковом потоке. К слову сказать, сам О. Рейнольдс не определил, что такое пульсация. Это в дальнейшем сделал Л. Прандтль, который сказал, что это некое случайное движение молекул из мест с их переизбытком в места, где их меньше. По существу, некоторая турбулентная диффузия. Прандтль согласно этой гипотезе разработал целую теорию, к которой в последствии присоединился Т. Карман. По существу, теория Прандтля основывается на переносе количества движения и именно это является тем физическим свойством, которое присуще турбулентности.

В противоположность Л. Прандтлю английский ученый Г. Тейлор предложил считать, что турбулентностью переносится не количество движения, а завихренность - вращение группы частиц жидкости. Развивая таким образом методы Рейнольдса, Тейлор упростил уравнение Навье-Стокса и получил связь условий скорости вращения потока с градиентом давления:

$$[\text{rot} \vec{v} \cdot \vec{v}] \approx \frac{1}{\rho} \text{grad} P.$$

Такой подход более понятен в отличие от подхода Прандтля. Вихрь имеет четкий физический смысл, а пульсация - может быть всего лишь следствием взаимодействия вихря со смежной линией тока.

Итак, при дальнейших рассуждениях будем считать, что турбулентность - это такое течение, при котором в потоке появляются вихри $\text{rot} \vec{v}$ или жгуты $\text{rot} \text{rot} \vec{v}$. Если в потоке таких образований нет, то поток является ламинарным. Более того, уже было экспериментально доказано, что ламинарный поток при увеличении интенсивности течения, а именно при увеличении числа Рейнольдса переходит в состояние турбулентности. По пути он теряет два раза устойчивость (волны Толмина-Шлихтинга и градиентные волны Кельвина-Гельмгольца) и в результате достигает устойчивых вихревых конфигураций [1].

Экспериментально также было показано, что в сверхзвуковом потоке имеет место только ламинарное течение [2].

Далее, для большей убедительности выдвинутого положения о невозможности существования в сверхзвуковом потоке вихрей, а значит и турбулентности, докажем математически теорему №5 [3]. Для доказательства воспользуемся тремя положениями:

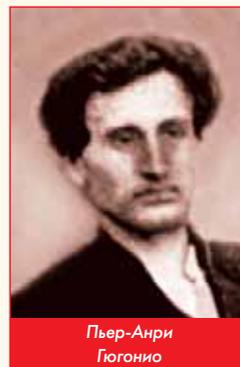
1. Будем считать, что вдоль линии тока будет приближенно выполняться уравнение Бернулли. Причем линии тока у стенки сверхзвукового сопла пока учитываться не будут. В данном случае уравнение Бернулли выступает как механическая форма сохранения энергии. С учетом вязких членов (они считаются значительно меньшими инерционных) это уравнение можно интерпретировать как первый закон термодинамики.

2. Для вывода привлечем уравнение Л.А. Вулиса об обращении воздействия в целях выделения областей сверхзвукового течения.

Справедливости ради следует сказать, что похожее на уравнение Л.А. Вулиса для площадей ранее было записано П.А. Гюгонио, и сама форма этого уравнения в общем-то была известна, но в общем виде с привлечением всех составляющих уравнений сохранения



Лев Абрамович Вулис



Пьер-Анри Гюгонио

оно было дано именно Л.А. Вулисом. И Вулис подошел к этому уравнению как к инструменту анализа сопловых течений, рассмотрел геометрическое, тепловое и расходное сопло.

3. Основным уравнением остается уравнение движения, аналогичное уравнению Навье-Стокса, записанное через импульсы [4].

Вывод основного соотношения

Вначале запишем дифференциальное уравнение Бернулли. При этом считаем, что вдали от стенки оно выполняется вдоль линии тока, а вязкие члены малы по сравнению с инерционными:

$$dP = -d \frac{\rho \vec{v}^2}{2} \approx -\rho \vec{v} d\vec{v}.$$

Тогда

$$\frac{dP}{\rho \vec{v}^2} = - \frac{\vec{v} d\vec{v}}{\vec{v}^2}.$$

Давление переведем в скоростной напор, так как

$$P_0 = P + \frac{\rho \vec{v}^2}{2} = \text{const},$$

то

$$\frac{dP}{\rho v^2} = -\frac{d \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}{\rho \vec{v}^2} = -\frac{d \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}{2 \frac{\rho \vec{v}^2}{2}} = -\frac{\vec{v} d\vec{v}}{\vec{v}^2}.$$

Условно это

$$\frac{dv}{v} = -\frac{d \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}{2 \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}.$$

Переход дозвукового потока в сверхзвуковой можно охарактеризовать с помощью уравнения обращения воздействия Л.А. Вулиса, которое для случая отсутствия активной работы и сил трения может быть для установления связей параметров процесса записано следующим образом:

$$(1 - M^2) \frac{dv}{v} = \frac{dG}{G} - \frac{dF}{F} = \frac{dj}{j} = \frac{\vec{j} d\vec{j}}{\vec{j}^2}.$$

В векторной форме это будет выглядеть:

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

Или:

$$(1 - M^2) \frac{d \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}{2 \frac{\rho \vec{v}^2}{2}} = \frac{\rho \vec{v} d\rho \vec{v}}{(\rho \vec{v})^2} = \frac{\vec{j} d\vec{j}}{\vec{j}^2}.$$

Тогда:

$$(1 - M^2) d \frac{\rho \vec{v}^2}{2} = 2 \frac{\rho \vec{v}^2}{2} \cdot \frac{\rho \vec{v} d\rho \vec{v}}{(\rho \vec{v})^2} = \vec{v} d\rho \vec{v}.$$

Или в виде производной по времени:

$$(1 - M^2) d \frac{\rho \vec{v}^2}{d\tau} = v \frac{d\rho \vec{v}}{d\tau}.$$

После преобразований получаем

$$\vec{v} \frac{d\vec{j}}{d\tau} = -(1 - M^2) \frac{dP}{d\tau}.$$

Далее записываем уравнение движения по аналогии с уравнением Навье-Стокса:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} = -\text{grad}P + \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{j} - v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Раскрываем субстанциональную производную:

$$\frac{d\vec{j}}{d\tau} + \frac{\vec{j}}{\rho} \text{grad} \vec{j} + \text{grad}P - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{j} + v \text{rot} \text{rot} \vec{j} = 0.$$

Или:

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \frac{1}{\rho} \text{grad} \frac{\vec{j}^2}{2} + \text{grad}P + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{j} = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j};$$

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2} - \frac{\vec{j}^2}{2} \text{grad} \frac{1}{\rho} + \text{grad}P + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] - \frac{4}{3} v \text{grad} \text{div} \vec{j} = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Продолжаем преобразовывать.

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \text{grad}P + \text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2} + \frac{\vec{v}^2}{2} \text{grad} \rho + \frac{4}{3} v \text{grad} \frac{d\rho}{d\tau} + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Преобразуем четвертый член и накладываем на него преобразование Лежандра:

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \text{grad} \frac{M^2 P}{2} - P \text{grad} \frac{M^2}{2} + \text{grad}P + \text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2} + \frac{4}{3} v \text{grad} \frac{d\rho}{d\tau} + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Учитывая малость величины давления в сопле, удаляем третий член, а остальные градиенты объединяем в скобках:

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \text{grad} \left(P + \frac{\rho \vec{v}^2}{2} + \frac{M^2 P}{2} + \frac{4}{3} v \frac{d\rho}{d\tau} \right) + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

В скобках, по существу, осталось уравнение Бернулли, записанное вдоль линии тока, учитывающее вязкость и сжимаемость. Причем учитывая удаленность от стенки, принимаем условие, что два правых члена в скобках малы по сравнению с двумя левыми. Это дает основание считать содержимое в скобках постоянной величиной. Тогда перепишем:

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} + \frac{1}{\rho} [\text{rot} \vec{j} \times \vec{j}] = -v \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Последнее уравнение умножаем скалярно на вектор j и получаем

$$\vec{j} \frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} = -v \vec{j} \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Вспомогая преобразование

$$\vec{v} \frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} = -(1 - M^2) \frac{dP}{d\tau} = -(1 - M^2) \vec{v} \text{grad}P,$$

получаем

$$\frac{\partial \vec{j}}{\partial \tau} = -(1 - M^2) \text{grad}P.$$

Подставляя его в основное уравнение, получаем далее:

$$-\vec{j} (1 - M^2) \text{grad}P = -v \vec{j} \text{rot} \text{rot} \vec{j}.$$

Вспользуемся теоремой о соотношении движений:

$$\text{rot}^2 \vec{j} = \frac{\vec{j}}{v} (1 - M^2) \text{grad}P.$$

Для дальнейшего анализа удобнее от $\text{grad}P$

перейти к $\text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2}$: $\text{grad}P = -\text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2}$.

Тогда подставляем член с градиентом скорости и извлекаем корень:

$$\text{rot} \vec{j} = \pm \sqrt{\frac{\vec{j}}{v} (M^2 - 1) \text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2}}.$$

Итак, получено уравнение для $\text{rot} \vec{j}$ в зависимости от основных характеристик. Из этого уравнения выявляются важные следствия. Прежде чем их описать, условимся считать поток турбулентным в случае присутствия в нем вихревых структур, то есть присутствия в потоке конечных величин rot и $\text{rot} \text{rot}$. Если эти величины равны нулю или не существуют в решениях, то поток считается ламинарным. И второе. При правильном проектировании двигателя (ЖРД, РДТТ и др.) давление по всему тракту в сторону среза сопла всегда только падает, а скорость только растет, то есть $\text{grad}P < 0$, а $\text{grad} \vec{v} > 0$. В случае возникновения обратных условий, когда $\text{grad}P > 0$ и $\text{grad} \vec{v} < 0$ - возникает турбулентность и возможен отрыв потока, либо возникнут такие условия, когда в сверхзвуковом потоке появятся ударные волны.

Следствие из основного уравнения

1. Анализируя уравнение для $\text{rot} \vec{j}$, вначале отметим - два знака перед корнем говорят о том, что одновременно существует два

решения: одно условно с положительным вращением, другое с отрицательным. Это означает, что вихрь будет устойчивым тогда, когда он является парным. Этот известный факт не требует доказательства, а формула не противоречит традиционным взглядам.

2. Импульс под корнем говорит о том, что если он больше, то вихрь мощнее. То есть скорость вдоль линий тока, сопряженных с вихрем, их величина, определяют скорость вращения вихря.

3. Вязкость в знаменателе под корнем говорит о том, что чем она больше, тем вихрь меньше. Вязкость снижает интенсивность вихрей. Она гасит турбулентность. Недаром очень вязкие жидкости текут в ламинарном режиме.

4. Рассмотрим дозвуковое течение $M < 1$. Тогда из уравнения

$$\text{rot} \vec{j} = \pm \sqrt{\frac{\vec{j}}{v}} (1 - M^2) \text{grad} P$$

следует, что при $\text{grad} P < 0$ ротор не существует. Течение ламинарное. То есть при нормальном движении потока, он ламинарный. Теперь, если возникает положительный градиент давления $\text{grad} P > 0$, тогда $\text{rot} \vec{j}$ - конечен и следует ожидать отрыва, то есть появления турбулентности. Это опять же не противоречит традиционным представлениям.

5. В критическом сечении при $M = 1$ турбулентность никогда не возникает, так как $\text{rot} \vec{j} = 0$.

6. При сверхзвуковом течении, как следует из формулы

$$\text{rot} \vec{j} = \pm \sqrt{\frac{\vec{j}}{v}} (M^2 - 1) \text{grad} \frac{\rho \vec{v}^2}{2}$$

значение под корнем отрицательное, так как градиент с увеличением числа Маха в сверхзвуковом сопле дальше от единицы имеет отрицательное значение. Правда в непосредственной близости к единице есть небольшая область положительных значений. Это область трансзвуковых течений.

Из последнего уравнения следует, что при сверхзвуковом потоке $\text{rot} \vec{j}$ не существует. Другими словами, отсутствует возможность появления турбулентности в сверхзвуковом потоке. Тем самым доказывается математически пятая теорема турбулентности: **сверхзвуковой поток всегда ламинарный.**

7. Если в сверхзвуковом потоке сложится ситуация, когда градиент скорости будет отрицательным, или, что тоже самое, градиент давления окажется положительным, тогда может появиться турбулентность. Величина вихря будет иметь конечное значение.

Такие зоны могут образоваться у стенки сопла при отрыве потока. Также эти зоны могут появляться в образе ударных волн.

Известна теорема Крокко [5, 6], которая утверждает, что если в однородном потоке имеется криволинейная ударная волна, то за ней энтропия изменяется от одной линии тока к другой, а поток за такой ударной волной является завихренным.

Но этого мало. Из наших соотношений получается, что именно внутри самой ударной волны существует турбулентность. В принципе это может оказаться реальным при мощных ударных волнах. Но смущают малые размеры самой ударной волны. Это ведь всего десяток длин свободного пробега молекул. Сразу встает вопрос о сплошности потока в этой области. Остается только предполагать, что там (внутри ударной волны) реализуется предварительная турбулентность переходного периода в виде волн. Оставляем этот момент анализа для дискуссий. Итак, можно сформулировать пятую теорему турбулентности более конкретно, основываясь на проведенных математических доказательствах: **"Турбулентность в сверхзвуковом потоке отсутствует".**

Это означает, что перемешивание потока может происходить только путем молекулярной диффузии.

Комментарии P.S.

Из полученного уравнения для ротора следует критерий начала турбулентности, то есть появление первых вихрей. Но известно, что для трубы и пластины ситуации, когда $\text{grad} P = 0$, Рейнольдсом и его последователями экспериментально путем визуализации были получены критерии перехода к турбулентности:

$\text{Re}_{\text{кр.тр.}} > 2400$, $\text{Re}_{\text{кр.пл.}} > 10^6$. При этом, и сам Рейнольдс и его последователи не уточняют структурно, что такое турбулентность. Рассуждения останавливаются на случайных пульсациях.

Анализируя предыдущие работы [7], вспомним, что же такое турбулентность. Конечно же, это прежде всего вихревые структуры. Но им предшествуют неустойчивые переходы в виде волн. Ранее, с помощью работ А.А. Павельева со спутными дозвуковыми струями, было показано [8], что поток при его интенсификации преодолевает несколько зон устойчивых течений [9]. Так в диапазоне сдвиговых чисел Рейнольдса $0 < \Delta \text{Re} < 3 \cdot 10^3$ имеет место ламинарное течение. При $3 \cdot 10^3 < \Delta \text{Re} < 6 \cdot 10^3$ возникают волны Толмина-Шлихтинга. В диапазоне $6 \cdot 10^3 < \Delta \text{Re} < 9 \cdot 10^3$ образуются градиентные волны Кельвина-Гельмгольца. Далее при $\Delta \text{Re} > 9 \cdot 10^3$ в опытах Павельева фиксируется так называемая развитая турбулентность. Эта область имеет сугубо пространственный характер и не проявляется структурно при визуальном наблюдении.

С помощью экспериментального метода уноса массы [10] на сверхзвуковых соплах удалось установить дальнейшее развитие турбулентного течения.

Было показано, что градиентные волны Кельвина-Гельмгольца достигают очень крутых конфигураций, вплоть до "градиентной катастрофы". При этом внешние линии тока, омывающие эти волны, отрываются, ударяясь о стенку (рис. 1). При этом образуются продольные вихри Тейлора-Гертлера. Это такие винтовые течения, которые, вращаясь попарно, заполняют весь периметр вблизи стенки сопла. Эти вихри характеризуются наличием в потоке положительного градиента давления. Это - первые вихревые образования после градиентных волн.



Рис. 1 Схема формирования турбулентности

На рис. 1 представлена схема течения вблизи стенки. Цифрами последовательно обозначены режимы течения: 1 - ламинарный поток; 2 - поток в виде волн Толмина-Шлихтинга; 3 - градиентные волны Кельвина-Гельмгольца; 4 - продольные вихри Тейлора-Гертлера; 5 - торсионные жгуты. Справа от схемы условно с помощью поясняющей вставки показаны следы от торсионных жгутов.

На рис. 2 приведены фотографии, иллюстрирующие динамику развития турбулентности в экспериментах по разгону модельного сопла РДТТ в направлении от камеры к срезу. В соплах РДТТ из-за конфигурации канала течение меняется и часто возникает на пути этих вихрей безградиентное течение $\text{grad} P = 0$. Это приводит к попарному скручиванию вихрей - торсионному движению. В последующем в сверхзвуковом потоке, при его расширении ($\text{grad} P < 0$) эти жгуты "расплетаются" (поз. 6 на рис. 2) и далее образуется сетка сверхзвуковых характеристик (поз. 7 на рис. 2). Сущность метода уноса массы заключается в использовании в качестве стенок легко уносимых полимеров, наилучшим из которых является фторопласт-4. Работая в высокоэнтальпийном потоке, стенка разрушается по законам линейного пиролиза. Конвективные потоки при этом имеют различные турбулентные конфигурации: вихри, жгуты и т.д. Эти потоки оставляют на стенке рельефные следы, такие как: продольные цилиндрические углубления, наплывы в виде морских волн и более сложные отпечатки. От торсионных жгутов остаются следы в виде чередующихся ячеистых структур с размером ячейки, равным диаметру продольного вихря.

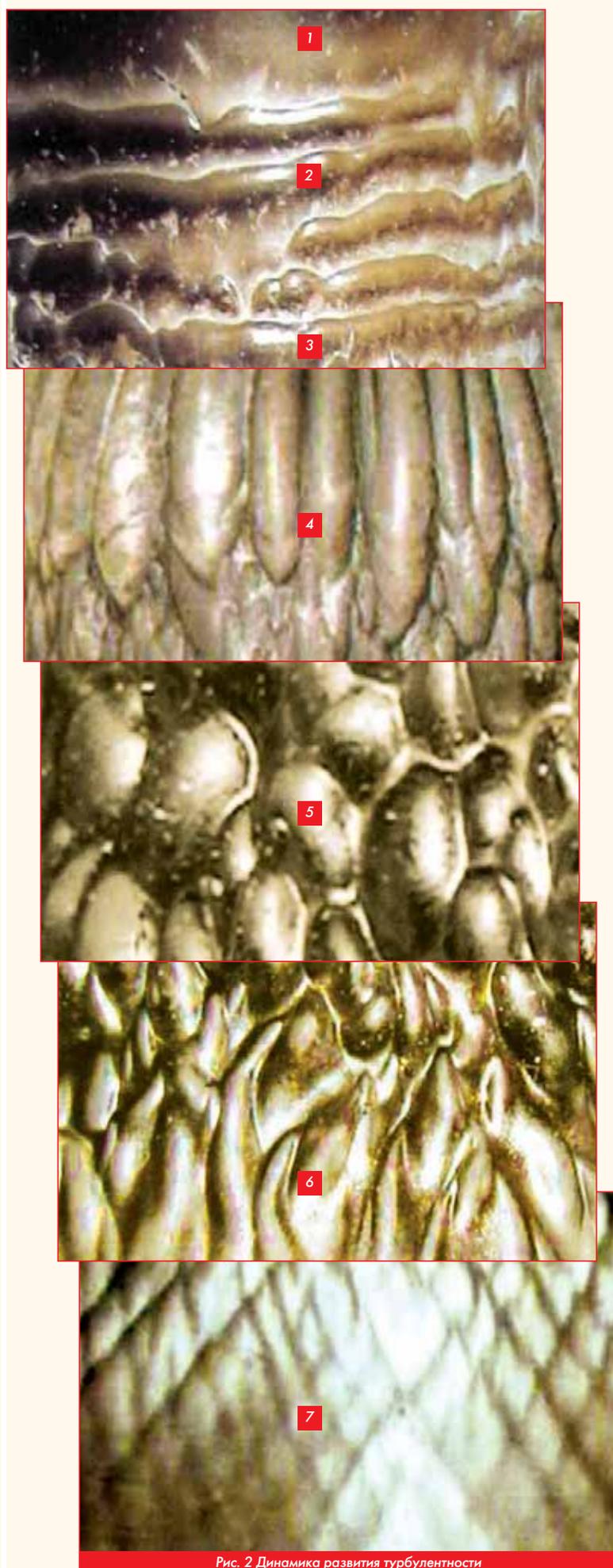


Рис. 2 Динамика развития турбулентности

Таким образом, турбулентность, которую предсказывал О. Рейнольдс для трубы, является лишь началом переходного периода течения, а основная турбулентность в виде вихрей начинается с возникновения градиентных ($\text{grad}P > 0$) течений.

Выводы из теоремы № 5

Из теоремы № 5 о невозможности существования турбулентности в сверхзвуковом потоке следуют несколько практических приложений. Использование теоремы существенно упрощает процедуру расчета благодаря переходу в области сверхзвука к ламинарным уравнениям движения. При этом особенности с турбулентностью, в этих уравнениях исключаются. Теорема № 5 позволяет существенно упростить решение следующих задач:

1. В соответствии с векторным уравнением для ламинарных течений [2] упрощается получение газового поля в соплах ЖРД. При этом постановка задачи осуществляется корректно с привлечением реальных граничных условий прилипания и сопровождения.

2. Аналогичное уравнение получается для определения неравновесных реальных потоков в сверхзвуковых соплах ЖРД и РДТТ [11]. В уравнение добавляется еще один член, отражающий закон действующих масс.

3. С помощью уравнения для ламинарных течений возможно корректно решать задачу пограничного слоя вдоль образующей всего двигателя. Записываются точные уравнения для определения градиента скорости на стенке [12].

4. Имея точное поле течения вязкого сжимаемого газа, возможно правильно профилировать сопла методом послойной оптимизации [12].

5. Важным практическим результатом является то, что с помощью этой теоремы можно достаточно просто рассчитывать двухфазные потоки, характерные для РДТТ. Мало того, что расчеты этих потоков базируются на простых ламинарных уравнениях, также учитывается и то, что сами процессы коагуляции и дробления, происходящие с частицами за критическим сечением, прекращаются [13], а спектр частиц становится моноспектром с одним единственным размером. Для штатных топлив этот размер примерно составляет 5 мкм. В этом случае задача сводится к траекторной и возможно её аналитическое продолжение по определению плотности тока осаждения частиц на концевую часть сопла. □

Литература

1. Ю.М. Кочетков. Устойчивость пристенных течений в соплах РДТТ // Двигатель №6, 2002.
2. Ю.М. Кочетков. Турбулентность сверхзвуковых течений. Памяти Гилевича // Двигатель №2, 2013.
3. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вектор Навье-Стокса // Двигатель №6, 2014.
4. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Вывод уравнения импульсов из начал термодинамики // Двигатель №3, 2016.
5. Г.В. Липман, А. Рожко. Элементы газовой динамики // М. Издательство иностранной литературы, 1960.
6. В.П. Стулов. Лекции по газовой динамике // М. Физматлит, 2014.
7. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и солитоны // Двигатель №2, 2005.
8. Ю.Г. Демянко, А.А. Павельев, Г.В. Конюхов. Ядерные ракетные двигатели // М. ООО "Норминформ", 2001.
9. Н.Ю. Кочетков, Ю.М. Кочетков. Турбулентность в РДТТ. Разделительные линии // Двигатель №4, 2010.
10. Ю.М. Кочетков. Турбулентность без градиентов // Двигатель №5, 2006.
11. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Неравновесные пристенные течения в двигателях летательных аппаратов // Двигатель №1, 2018 г.
12. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Фундаментальное уравнение сверхзвуковой газовой динамики и новый метод профилирования сопел ЖРД // Двигатель №3, 2015 г.
13. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Опыты Куренкова и фундаментальные уравнения двухфазной газовой динамики сверхзвуковых сопел // Двигатель №2, 2015 г.

Связь с автором: swgeorgy@gmail.com

РЕАЛЬНО О ВИРТУАЛЬНОМ: ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ В МОСКВЕ



Не так давно ("Двигатель" № 6 за 2017 год) мы помещали статью ряда авторов – среди которой присутствовали и участники данной беседы – по перспективам визуализации в деле обучения нового поколения инженеров. Тема, конечно же гораздо шире, чем то, что мы успели опубликовать. Ещё несколько граней её высветим сейчас.

В беседе о новейших технологиях визуализации в машиностроении и подготовке кадров будущих инженеров приняли участие:

издатель и зам. главного редактора журнала "Двигатель" **Дмитрий Боев**,
главный эксперт (компания Telemetrics Inc, Virtual Studios Brainstorm 3D) по технологиям 3D визуализации **Вячеслав Карбанов**,
директор Международного института новых образовательных технологий **Сергей Кувшинов** и
директор Международного учебно-научного центра перспективных медиа технологий РГГУ **Константин Харин**.

Дмитрий Боев (Д.Б.) - Как известно, в последнее время все более популярными становятся новые форматы визуализации объектов машиностроения, как на этапах разработки, так и на этапах презентации готовых изделий. На аэрокосмических салонах все чаще мы встречаем идеи и концепты, представленные по технологии VR, AR и 360. Специалисты говорят о революционной роли виртуальных студий и медиа индустрии в продвижении новейших технологических решений. Так что же такое контент, созданный в 3D Виртуальной Студии (ВС)? Чем отличается контент VR от AR, и что такое Mixed Reality? Где и когда такие технологии будут широко использоваться при подготовке инженерных кадров?

Вячеслав Карбанов (В.К.) - Прежде всего отметим, что виртуальная студия - это технология, позволяющая снимать объекты, сложные



Рис. 1. Виртуальная Студия Infinity в работе

технические модели и людей свободно перемещающимися в 3D пространстве камерами и в реальном времени, реалистично интегрировать их в сгенерированную компьютером среду. Степень реализма и правильность отображения, то есть реалистичность картинки, правильность углов и перспектив снимаемых объектов и виртуальных сцен, соответствие создаваемых в кадре теней и отражений, собственно, и определяет уровень и профессионализм решения. Виртуальная студия может работать как для производства непосредственно контента виртуальной реальности, так и в формате дополненной реальности, когда виртуальный сет или 3D-сцена заменяется на видео с камер и дополняется 3D моделями и 3D графикой, либо в формате смешанной реальности (MR mixes reality), когда у вас используются VR и AR одновременно.

Д.Б. Давайте остановимся на некоторых главных понятиях подготовки контента в виртуальной студии. Что такое роботизированные съемочные комплексы и трекинг системы и насколько они необходимы для полноценной работы ВС?

В.К. В процессе съемок сложных технических объектов трекинг системы (ТС) обеспечивают высокочастотную передачу данных

положения в пространстве и ориентации камеры и объектива на графическую станцию. ТС бывают механические, оптические, IR и другие. Использование трекинг систем позволяет добиться наиболее реалистичного изображения, но стоимость ВС при использовании трекинг систем существенно возрастает. Следует понимать, что сами по себе роботизированные съемочные комплексы не обязательно предполагают использование с приложениями ВС. Они могут работать автономно, например, в формате AR и снимать реальное видео, накладывая в реальном времени 3D комментарии и графику, или же работать независимо.

Сергей Кувшинов (С.К.) - Хочу заметить, что при ограниченных бюджетах виртуальная студия может прекрасно работать и без внешнего трекинга в режиме интерполяции, обеспечивая реалистичное видео при работе только со статической камерой или камерами.



Рис. 2. Роботизированная камера Telemetrics в хромакей-павильоне

При этом виртуальные камеры могут свободно перемещаться по 3D сцене.

Современная Виртуальная студия непременно должна также уметь интегрировать работу виртуальных и реальных камер. Это особенно важно для медиа центров технологических высших учебных заведений, у которых нет больших бюджетов на полноценные внешние трекинг системы.

Д.Б. При использовании статических камер без роботов и систем трекинга объекты и люди будут оставаться плоскими, углы и перспективы выглядеть нереалистично, и при движении соответствующих виртуальных камер это, безусловно, должно быть заметно?

В.К. Всё правильно, но с применением технологий TrackFree и 3D Presenter, используемых, например, в Infinity Set3D, виртуальные и реальные камеры работают вместе, а снимаемые фиксированной камерой "плоские" объекты и люди в реальном времени пересчитываются в динамические 3D объекты! Соответственно, углы и планы визуализируются в правильной 3D перспективе, и видеоряды выглядят очень корректно и реалистично.



Рис. 3. Технологии Infinity TrackFree, Freework и 3D Presenter в действии

С.К. Из опыта нашей виртуальной студии в Центре технологической поддержки образования Международного института новых образовательных технологий в Москве, реализованной на платформе Brainstorm Infinity Set 3D, могу сказать, что на синтезируемые динамические тени и отражения, безусловно, стоит взглянуть, от настоящих их отличить весьма сложно. Кроме того, еще одной интересной функцией ВС Infinity является режим Freework. Рассмотрим типичную ситуацию, когда внешнего трекинга нет. В определенное место виртуальной сцены с фиксированными координатами в режиме Freework Infinity Set 3D динамически пересчитывает координаты снимаемых на хромакее ведущих, т.е. они выходят из плоскости хромакея и передвигаются по виртуальной сцене. В отличие от стандартного подхода, когда при движении вперед и назад ведущий буквально виснет или погружается в пол, наши ведущие образовательных научно-технических программ всегда замечательно ходят именно по полу. И если при стандартном подходе передний и задний планы всегда фиксированы независимо от движений ведущего, то у нас ведущий вполне может обойти 3D предмет, уйти за него или зайти в него! Все углы, перспективы, тени и отражения визуализируются в трехмерной сцене очень корректно и натурально. Этот эффект мы активно использовали при подготовке программы из истории вертолетостроения для студентов МАИ.

В.К. Ещё одной уникальной функцией является Teletransporter, позволяющая в реальном времени переместить ведущего и 3D объекты добавленной реальности (AR) в снимаемые или уже отснятые видеоряды, в соответствующей перспективе и с тенями, применяемыми уже к новому месту нахождения. Снимаемые на зеленом фоне ведущие образовательных программ в реальном времени из рендера Infinity буквально заходили и выходили в игровую сцену на Unreal 4 вместе с тенями, отражениями и 3D графикой. Путешествия из одного рендера в другой выглядят совершенно естественно. Также, уже в режиме AR с функцией VideoCave 3D графика буквально пролетала над ведущими и становилась частью видео на плоских мониторах ведущих. Даже при просмотре по кадрам мало кто из специалистов сможет объяснить, как это делается!

Константин Харин (К.Х.) Следует добавить несколько слов о самом быстром в индустрии "движке" Infinity, использовании открытой платформы HPz840 и самой быстрой на сегодняшний день графики Nvidia Quadro Pascal в сочетании с наиболее удобным и гибким пользовательским интерфейсом, во многом реализуемым функциями "drag-and-drop", мультимедийными пополняемыми библиотеками



Рис. 5. ВС Infinity 3D на Салоне Образования ММСО 2017



Рис. 4. ВС Infinity 3D на Салоне Образования ММСО 2016

3D сетов, элементов и текстур, мощнейшим встроенным генератором титров и логотипов Aston, функциями трекинга рук ведущих, позволяющими им управлять эффектами в реальном времени, сильнейшим генератором анимации, встроенным интерфейсом микшера с программой preview и 3D эффектами, и многоканальным встроенным хромакеем с colour correction.

Д.Б. Из Ваших слов следует, что решения виртуальных студий, о которых вы говорите, похоже не имеют сегодня на рынке аналогов?

В.К. Совершенно верно, указанные выше функции не имеют аналогов. В Международном институте новых образовательных технологий с использованием даже одной статической камеры актёры и объекты в реальном времени становятся объёмными. Виртуальные камеры свободно перемещаются по студии и снимают замечательное и реалистичное видео в движении самых разных планов с динамическими тенями, отражениями.

Д.Б. Для каких целей, по вашему мнению, виртуальные студии будут использоваться завтра?

С.К. Конечно, главным потребителем ВС все ещё остаются ТВ и киноиндустрия, готовящая контент для высокотехнологичных отраслей промышленности. Однако, ситуация меняется. Уже сегодня технологии ВС стремительно завоевывают самые разные ниши, и прежде всего, сегмент профессионального инженерного образования. С одной стороны, по сути, ВС - единственная современная технология, позволяющая в реальном времени и реалистично визуализировать и интегрировать ведущего, преподавателя или студента в мультимедийную компьютерную среду. В прошлом году на Московском международном салоне образования в сотрудничестве с министерством образования и науки РФ мы продемонстрировали работу комплекса "Мобильная Виртуальная студия 3D HDSC/HP/Nvidia/InfinitySuite". Комплекс позволил прямо на стенде развернуть 3D ВС и в реальном времени интегрировать VIP гостей салона, включая заместителя Министра образования и науки В.Ш. Каганова, известных бизнесменов, телеведущих, снимаемых на зелёном фоне статическими камерами, в 3D сцены с объектами виртуальной и дополненной реальности, анимацией, графикой. Над выступающими были размещены экраны, на которые выводилось реальное изображение участников на зелёном фоне студии и в виртуальном пространстве. Т.е. участники беседы в реальном времени интегрировались в 3D виртуальные сцены.

К.Х. Следует заметить, что камера на ММСО использовалась статическая и работала без оператора, была просто включена. Пе-

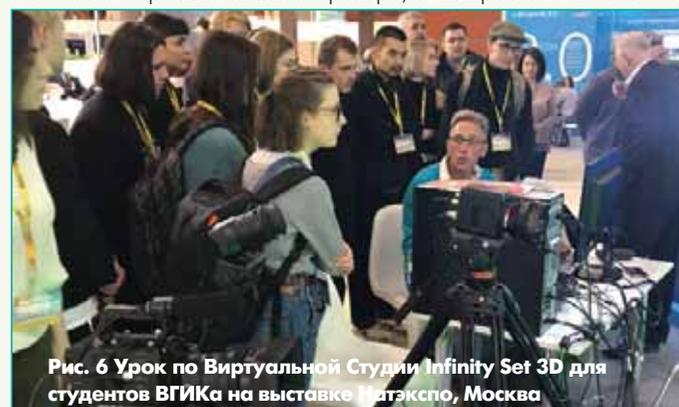


Рис. 6. Урок по Виртуальной Студии Infinity Set 3D для студентов ВГИКа на выставке Натэкспо, Москва

релёты и движения реализованы были виртуальными камерами и интерполяционными алгоритмами системы в реальном времени. На встрече мы услышали об отношении Минобразования и Науки РФ к нашим работам. Летом, выступая в Государственной Думе, министр образования и науки РФ Ольга Васильева рассказала о том, что скоро стартует проект по созданию во всех образовательных организациях страны школьного телевидения. Почти дословно: "Задача школы - с самого раннего возраста воспитывать у детей любовь друг к другу, укреплять межнациональные и межконфессиональные связи, - и телевидение способно оказать колоссальную помощь в этом деле". Очевидно, что, чтобы этот процесс "завелся", необходим совершенно другой взгляд на школьную и вузовскую студию, невозможно будет реализовать столь грандиозный всероссийский проект на прежней парадигме вещания и создания медиа контента, и вот здесь технология виртуальной 3D студии должна будет сыграть главную и ключевую роль!

Д.Б. А как относятся к технологиям ВС 3D педагоги, преподаватели, что говорят?

С.К. Институты, школы и технопарки, в особенности те, кто уже сейчас прекрасно понимает объективную необходимость интеграции преподавания и преподавателей с самыми современными 3D технологиями и не могут позволить себе оказаться аутсайдерами, активно стремятся к сотрудничеству с нами. И в большей степени, пожалуй, даже технологические колледжи и школы. Школьникам по духу наши 3D технологии намного ближе, понятнее, интереснее и важнее, так как для них это важнейшая часть их настоящего и будущего. Интерес очень высокий. На недавно проводившейся на ВДНХ в Москве выставке телевизионного оборудования NATехро мы демонстрировали нашу виртуальную студию и организовали урок, правда пока для студентов факультета операторов ВГИК.

Д.Б. Мы знаем, что вами разработана и недавно опубликована концепция Распределенной виртуальной студии трехмерной визуализации для сетевой структуры образовательных организаций (10). Расскажите о концепции и о ее реализации.

С.К. Технологии виртуальных студий 3D, работающих в реальном времени, позволяющие интегрировать преподавателя или ведущего в сложную компьютерную среду и направить образовательный цикл в нужное русло. Они могут очень эффективно использоваться в цифровом образовании для построения циклов лекций и передач для студентов по выбранным курсам и дисциплинам. Создаваемые и используемые разными институтами виртуальные сцены, 3D модели, анимация и видеоряды могут объединяться в совместные проекты и включаться в общие базы данных и знаний. Условная схема взаимодействия различных учебных заведений на примере Центров технологической поддержки образования (ЦТПО), школ и колледжей в рамках территориально распределенной сети виртуальных студий,

Рис. 7 Схема взаимодействия различных учебных заведений в рамках территориально распределенной сети виртуальных студий



включающей также общую информационную базу данных совместных проектов, приведена на рисунке. Детальное описание нашей концепции читайте в журнале Мир Техники Кино 2017, выпуск 2 (11). Концепция уже очень активно реализуется, и в самых разных нишах.

Д.Б. Где и как можно посмотреть, как работают ваши технологии ВС? **К.Х.** Посмотреть наши самые новые технологии непосредственно в работе, обсудить проекты и возможность сотрудничества удобнее

всего в нашей демонстрационной виртуальной студии 3D Infinity Set в Центре технологической поддержки образования РГГУ. Место демонстрации выбрано совсем не случайно. ЦТПО РГГУ по существу является экспериментальной образовательной площадкой российского образования, на которой всесторонне тестируются самые перспективные и современные образовательные технологии. Проекты очень интересные и разные. В одном совместном международном научном проекте мы вместе с ЦТПО РГГУ и МГТУ "СТАНКИН" занимаемся вопросами использования ВС для визуализации отработки взаимодействия удаленных робототехнических устройств

Литература

1. Кувшинов С.В. Концептуальные основания нового российского проекта Digital Education // Образовательные технологии. № 3. - 2013. С. 58-62.
2. Кувшинов С.В. Проблемы внедрения новейших технологий в образовательные процессы школ и вузов // Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка: XIV Международный форум образовательных технологий "Образование, наука и искусство: цифровые производственные процессы и технологическая поддержка". РГГУ, МГТУ "СТАНКИН", 19-20 июня 2013 года. Сборник тезисов. - МО: Щёлково. С. 21-25.
3. Карбанов В.Н. Виртуальные студии // 625PlusHD. № 1 (195). - 2014. С. 18-21.
4. Чаррук М. EasySet 3D/eStudio-Brainstorm // 625PlusHD. №1 (195). - 2014. С. 22.
5. Кувшинов С.В., Харин К.В. Центры технологической поддержки образования на портале массовых открытых онлайн-курсов "Универсарий": первые итоги и перспективы // Техническое творчество молодежи. № 6 (94), 2015. С. 15-18.
6. Кувшинов С.В., Харин К.В. Образование XXI века: от трёхмерного восприятия к трёхмерному мышлению // Мир техники кино. №2016-2 (10), С. 15-21.
7. Пряничников В.Е., Ксензенко А.Я., Кувшинов С.В. и др. Разработка сети роботариумов и мобильных роботов для инновационного обучения интеллектуальной робототехнике. М.: ИПМ им. Келдыша, 2016.
8. Andreev V., Karbanov V., Kharin K., Kuvshinov S., Poduraev Y., Pryanichnikov V. Training Situation Center Based on Three-Dimensional Virtual Studio for Distributed Mobile Robotics Laboratory // Proceedings of the 26th DAAAM International Symposium., B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN: 978-1- 5108-1839-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria. 2015. Curran Proceedings, New York, 2016. - pp. 0483-0487
9. Карбанов В.Н., Технологии 3D Виртуальных Студий, Мир Техники Кино 2017 2(11) С 3-7
10. Карбанов В.Н., Кувшинов С.В., Харин К.В. Распределенная виртуальная студия трёхмерной визуализации для сетевой структуры образовательных организаций, Мир Техники Кино 2017 2(11) С 13-17



Рис. 8, 9 Кадры из образовательных видеороликов, снятых в виртуальной студии

ИЗДАН НОВЫЙ УЧЕБНИК ПО КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Дмитрий Александрович Боев,

Генеральный директор издательства научно-технического журнала "Двигатель",
помощник проректора по научной работе МАИ



В издательстве "Двигатель", после годичной подготовки к печати, вышла ЧЕТЫРЁХТОМНАЯ МОНОГРАФИЯ Николая Ивановича Старцева - профессора Самарского Университета им. С.П.Королева (ранее - КуАИ, до недавнего времени - СГАУ) **"Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей и приводов энергетических установок".**

Это учебно-справочное

издание, рассчитанное на студентов и специалистов авиационного двигателестроения.

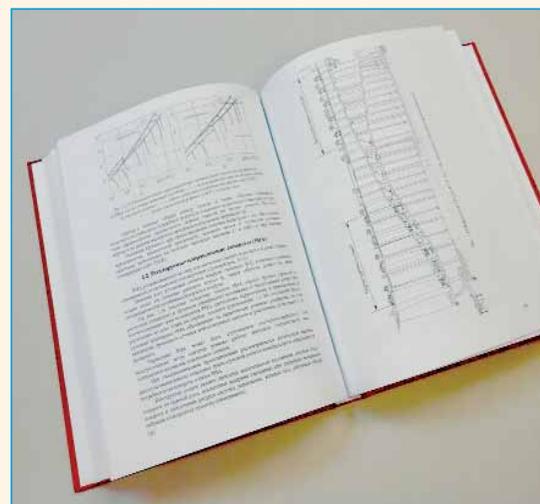
Каждый том посвящён отдельному разделу темы:

- Основы проектирования ГТД. Конструктивные схемы. Компрессоры. Турбины.
- Камеры сгорания и опоры ГТД.
- Авиационные редукторы и форсажные камеры.
- Реактивные сопла и реверсивные устройства

В учебник вложено 25 лет конструкторской работы автора издания в ОКБ Генерального конструктора Н.Д.Кузнецова и 40 лет преподавательской деятельности в высшем учебном заведении. В электронном виде статьи, составляющие четырёхтомник, давно уже известны студентам и преподавателям Института, а также работникам промышленности. Николай Иванович до самого почти выхода издания, более 10 лет, вносил изменения, исправления и новые сведения в текст. Так что в печать пошла наиболее совершенная версия текста, по сути во многом неизвестная широкому кругу читателей.

Как утверждает автор книги: "Учебник написан с отходом от общепринятого изложения материала - в основе лежит системный подход с декомпозицией конструкции всех модулей авиационного двигателя (от вентилятора до реверсивного устройства) с установлением функциональных и структурных связей. Это позволяет системно и изучать, и создавать конструкцию двигателя. Многочисленные примеры зарубежных и отечественных конструкций полезны при поиске наилучшего решения"

Четырёхтомник допущен Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в качестве учебника для студентов высших учебных заведений РФ, обучающихся по специальности



высшего образования - специалитета 24.05.02 "Проектирование авиационных и ракетных двигателей" и 24.00.00 "Авиационная и ракетно-космическая техника"

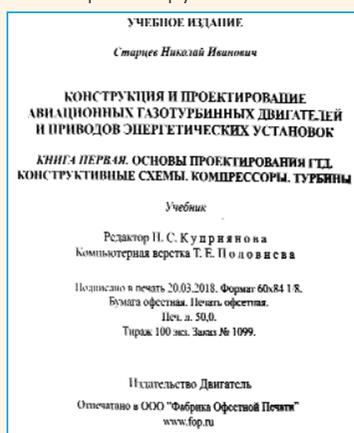
Мы издали эти книги в формате А4, в твёрдых переплётах с правильно прошитыми текстовыми блоками, на плотной офсетной бумаге. Каждая книга четырёхтомника имеет более 300 страниц.

Печать вельась тем же ООО "Типография

офсетной печати", что печатает наш журнал "Двигатель", в прошлом году отмечавший 110-летие выхода первого номера журнала, а в этом - 20-летие совместной работы с этой издающей организацией. И ещё одно - удивительное свойство этого издания: вышло оно исключительно благодаря напору, энергии, средствам сына автора - начальника отдела центробежных компрессоров ЦИАМ Андрея Николаевича Старцева

(На фото он справа от меня, в синей куртке - примечание Д.А.Б.)

Одна беда у этой книги: малый тираж первого запуска разошёлся практически весь моментально. Книги были заказаны ещё до выхода из типографии. Сейчас рассматриваем вопрос повторного запуска многотомника.



ДОМАШНЯЯ ВЫСТАВКА HERMLE ТРАДИЦИОННАЯ ВСТРЕЧА С НОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ



В отличие от апрельской встречи год назад, когда температура в Госхайме упала ниже нуля, на этот раз по-настоящему летняя жара сопровождала работу традиционной выставки современной технологии, которую организует и проводит для многочисленных посетителей со всего мира компания Hermle AG. Новый рекорд посещаемости домашней выставки Hermle был установлен благодаря прибытию более 2900 посетителей от 1300 компаний. 1100 специалистов являлись зарубежными гостями, прибывшими из 30 стран. Крупные делегации прибыли из соседних европейских стран: Чехии, Австрии, Швейцарии, Польши, Италии. Многочисленные компании из России, США, Кореи, Японии и Индии проявили большой интерес к продукции Hermle, их представители были тепло встречены и получили исчерпывающую консультацию в течение всех четырех дней работы выставки.

В ходе работы выставки наглядно и очень убедительно на конкретных примерах были продемонстрированы возможные области применения и эффективность обрабатывающих центров компании Hermle.

Убедительными примерами возможностей новых технологий в обработке стали: корпус наручных часов из карбида вольфрама, лопастное колесо Pelton диаметром 1 м для гидроэнергетики, титановый импеллер и, конечно же, многочисленные формы, в т.ч. и для пресс-форм. Разумеется, в ходе работы выставки, на глазах посетителей, изготавливались специальные "выставочные образцы", которые показали разнообразие возможностей обработки с помощью продукции компании Hermle. На этот раз среди "выставочных образцов" оказался кофейник из алюминия, изготовлен-

ный с помощью 5-осевого фрезерования. На МТ-машине, сочетающей в себе технологии фрезерования и токарной обработки, был изготовлен пятирожковый подсвечник. А на флейте, изготовленной из алюминия, с помощью сжатого воздуха была сыграна мелодия "радость красивых искр богов".

Для того, чтобы соответствовать современным тенденциям в области автоматизации до уровня 4.0 - уровня, предъявляемого промышленностью, многие машины были оснащены собственными автоматизированными решениями и представлены в производственных условиях. Большой интерес вызвала роботизированная система RS 2 нового поколения с магазином системы "Канбан", разработанная специально для демонстрационного зала. Надо отметить, что в этом зале фирма Hermle-Leibinger Systemtechnik



Изготовление диска колеса автомобиля



Лопастное колесо Pelton для гидроэнергетики



Специалист компании Hermle отвечает на вопросы посетителей

GmbH продемонстрировала множество других систем комплексной автоматизации обрабатывающих центров Hermle.

Среди этих новинок можно отметить систему автоматизации HS flex с многопозиционным магазином палет и адаптированным устройством смены захватов, впервые представленной на выставке в прошлом году, но которая в настоящее время уже стала неотъемлемой частью решений автоматизации центров Hermle. Кроме того, современная система HS flex предлагает возможность смены палет, что еще больше повысило гибкость этого решения для автоматизации. Управление системой HS flex, как и многих других решений для автоматизации, осуществляется с помощью системы управления Hermle Automation HACS.

Конечно, в центре внимания посетителей снова оказались более 20 моделей обрабатывающих центров с продуманными решениями для обработки изделий для самых разных отраслей промышленности: аэрокосмической, общего машиностроения, медицинской, а также для модельного производства, например, для изготовления пресс-форм.

Большое внимание у посетителей выставки вызвала специализированная выставка, в которой приняли участие более чем 60 экспонентов, занятых разработкой и производством инструментальной техники, программного и аппаратного обеспечения. Созданные организаторами выставки тематические центры, благодаря многочисленным специализированным лекциям, проводимым параллельно со специальным показом, позволили посетителям более полно получить необходимую информацию.

Hermle Userschule на примере фрезерования педали велосипеда показала преимущества и возможности применения цифровых блоков, которые приобретают все большее значение в условиях выполнения современных требований промышленности по доведению до уровня 4.0.

Сервисная компетенция Hermle и учебный отдел по обслуживанию были представлены в специальной зоне выставки на двух обрабатывающих центрах. С помощью обширных диагностичес-



Изготовление кофейника



Участники и гости Hermle Open House

ких и сервисных инструментов посетителям было показано, как быстро сервисная служба Hermle прибывает на место и компетентно справляется с возникшими проблемами в эксплуатации.

Компания Hermle Maschinenbau GmbH, специализирующаяся в области изготовления деталей и узлов с помощью генеративной технологии, представила матрицу горячего формования для изготовления кузовных деталей. Данная матрица была оснащена 700-килограммовым внутренним охлаждающим каналом. Следует отметить, что технология МРА (метод нанесения металлического порошка) находит все более широкое применение в различных отраслях промышленности.

Новая концепция системы обучения была представлена в ходе работы выставки её посетителям и участникам отделом образования Hermle.

В ходе экскурсии по производственным цехам предприятия посетители смогли получить наглядную картину современного производства и монтажа оборудования, ознакомиться с работой отдела подготовки кадров, а также собственной дочерней компанией Hermle-Leibinger Systemtechnik GmbH, занятой автоматизацией производственных процессов. 

За дополнительной информацией российские специалисты могут обратиться в представительство компании Maschinenfabrik Berthold Hermle AG в России по адресу:

127018, Москва, ул. Полковная, д. 1, стр. 4.

Тел.: +7 495 627 36 34.

Факс: +7 495 627 36 35.

Сайт представительства: www.hermle-vostok.ru



Здесь Вас ждут через год...

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ КРЫЛАТЫХ РАКЕТ ВОЗДУШНОГО БАЗИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННЫХ В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

Андрей Иванович Касьян, к.т.н., МФПУ "Синергия"
Александр Николаевич Медведь, к.т.н., АО НПО "Мобильные Информационные Системы"
Игорь Александрович Нестеров, к.т.н., Московский университет МВД

Представлен анализ процесса создания и принятия на вооружение современных крылатых ракет воздушного базирования европейской разработки. Рассмотрены их оснащение, алгоритмы функционирования и процесс разработки полетных заданий.

The article deals with analysis of the process of creating and adopting modern European airborne cruise missiles. Their equipment, algorithms of functioning and process of development of flight planes are considered.

Ключевые слова: крылатая ракета, боевая часть, полетное задание.

Keywords: cruise missile, explosive charge, flight plane.

TAURUS KEPD 350

Крылатая ракета массой 1400 кг выполнена по схеме с раскрывающимся верхнерасположенным крылом (его размах 2,04 м) и X-образным оперением. Максимальная дальность пуска TAURUS KEPD 350 составляет 500 км, максимальная скорость на траектории соответствует числу $M = 0,95$, а крейсерская - $M = 0,8$. По заявлению разработчиков, точность доставки ракеты к цели (КВО) составляет 3 м.

На начальном этапе разработки крылатой ракеты TAURUS, предпринятой фирмами "Даймлер-Бенц Аэроспейс" (Германия) и "Бофорс" (Швеция) в 1994 г., рассматривались три вида боевых частей (БЧ): проникающая кумулятивно-фугасная, кассетная и содержащая суббоеприпасы, сами являющиеся кассетами и предназначенные для поражения площадных легкоуязвимых целей. В дальнейшем внимание разработчиков сосредоточилось на тандемной кумулятивной боевой части МЕРНISTO, способной пробивать разнесенные железобетонные преграды. Наиболее важными целями для ракеты считаются заглубленные пункты управления и связи, укрытия самолетов, хранилища боеприпасов и топлива, а также корабли и суда в базах.

Фюзеляж ракеты отличается необычным прямоугольным се-



Рис. 1 Ракеты TAURUS KEPD 350 на тактическом истребителе "Тайфун"

чением с заостренными носовыми образованиями "лодочного" типа. В хвостовой части ракеты установлен турбореактивный двигатель P8300-15 тягой 6,67 кН с двумя боковыми воздухозаборниками. Утверждается, что S-образные каналы воздухозаборников способствуют снижению радиолокационной заметности KEPD 350. Боевая часть смонтирована в средней части ракеты, а носовой отсек используется для размещения элементов комбинированной системы наведения Tri-Тес.

Бортовая система навигации и наведения Tri-Тес включает:

- инерциальную навигационную систему LIТEF на лазерных гироскопах;
- глобальную космическую систему позиционирования GPS с 12 каналами;
- рельефометрический навигационный канал TRN с радиовысотометром миллиметрового диапазона;
- оптико-электронный модуль коррекции навигационных данных IBN;
- тепловизионную систему конечного наведения.

Датчик тепловизора построен на основе матрицы из антимолида

индия размером 256 x 256 пикселей. Его рабочий диапазон 3...6 мкм при максимальной дальности обнаружения цели порядка 10 миль (18,5 км). Утверждается, что тепловизионная система работоспособна как в простых, так и в сложных метеоусловиях. Бортовое программное обеспечение АTR после анализа структуры цели самостоятельно выбирает точку прицеливания. База данных АTR содержит набор эталонных изображений объектов, снятых под разными ракурсами. Кроме того, в базе эталонов хранятся контурные изображения со всех ракурсов, так как они необходимы для работы алгоритмов распознавания.

Элементами полетного задания ракеты являются:

- координаты начала конечного участка наведения, на котором работает тепловизионная система;
- углы ориентации ракеты в начале конечного участка наведения;
- углы ориентации оптической оси объектива тепловизора в указанной точке;
- эталонное изображение цели, соответствующее ракурсу, под которым тепловизионная система по расчетам захватит цель в момент полета.

Поскольку реально ракета выводится в точку начала конечного участка с некоторой ошибкой вместо одного эталонного изображения приходится использовать несколько эталонов, сформированных с учетом возможной величины ошибки наведения.

Боевая часть состоит из кумулятивного предзаряда массой 95 кг и собственно проникающей БЧ массой 399 кг. Программируемое взрывательное устройство способно определять число пробитых преград с различной толщиной и прочностью и выдавать команду на подрыв основной БЧ в соответствующий момент времени. Испытания подтвердили способность БЧ проникать в слоистые железобетонные конструкции и почвенные структуры более чем на 5 м при скорости соударения порядка 250 м/с.

В зависимости от типа цели траектории KEPD 350 могут быть различными при нанесении ударов:

- по бункерам и командным пунктам - маловысотный полет с последующей горкой и отвесным пикированием;
- по кораблям - маловысотный полет с последующей горкой и пологим пикированием;
- по целям в глубине территории противника, слабо прикрытым средствами ПВО, - полет на большой высоте с последующим пикированием;
- по площадным слабозащищенным объектам - маловысотный полет с воздушным подрывом БЧ над точкой прицеливания;
- по объектам типа "тоннель" - маловысотный полет с уходом в районе цели на сверхмалую высоту.

Подготовка полетного задания ракете TAURUS KEPD 350 производится с помощью информационно-управляющей системы JMPS (Joint Mission Planning System) в два этапа. На этапе централизованного (заблаговременного) планирования подбирается из различных источников информация о предполагаемых целях, расположении и составе средств ПВО противника, информативных районах коррекции для рельефометрических и оптико-электронных систем. Децентрализованная подготовка полетного задания производится непосредственно в частях ВВС с использованием портативных терминалов

Taurus Communication Centre (ТСС) на основе использования базы данных, подготовленной на этапе централизованного планирования. При этом организован высокоскоростной обмен данными между терминалами ТСС и элементами системы JMPS в защищенном от несанкционированного перехвата режиме.

На этапе децентрализованной подготовки полетного задания оператор формирует модель зоны объекта удара и несколько вариантов траекторий полета крылатой ракеты к цели. Маршрут выбирается с учетом рельефа местности, особенностей цели, возможностей систем навигации и расположения средств ПВО противника. Сформированные варианты возможных траекторий полета ракеты сравниваются по комплексному критерию эффективности удара и отбирается наилучший из них. Соответствующее полетное задание загружается в память ракеты TAURUS KEPD 350.

Этапами решения задачи планирования применения и подготовки полетного задания ракеты являются:

- разработка плана нанесения удара;
- вычисление показателя эффективности запланированного удара;
- расчет пространственно-временного графика полета ракеты;
- оценка выживаемости ракеты на траектории;
- расчет полетных данных для навигационной системы ракеты;
- оптимизация параметров залпа ракет;
- определение полноты данных для системы JMPS.

С целью повышения привлекательности ракет семейства TAURUS для потенциальных заказчиков фирма-разработчик предложила наземный вариант комплекса TAURUS CL с двумя ракетами в контейнерах на шасси грузовика повышенной проходимости с колесной формулой 8x8. Рассматривался также корабельный вариант базирования ракеты TAURUS KEPD 350 на фрегатах F124 и корветах K130 ВМС ФРГ. Проектом модификации TAURUS T предлагалось осуществлять пуск ракет с самолетов военно-транспортной авиации (до 12-18 ракет в зависимости от типа носителя). Для вооружения легких истребителей JAS 39 "Гриппен" создавалась облегченная и укороченная ракета TAURUS L массой 1060 кг (максимальная дальность пуска 200 км), а для южнокорейских F-15K - специальный вариант TAURUS KEPD 350K массой 1150 кг (максимальная дальность пуска 400 км) с улучшенным приемником спутниковой навигационной системы.

Самолетами-носителями ракеты TAURUS KEPD 350 в Европе в настоящее время являются тактические истребители "Тайфун", "Торнадо IDS", JAS 39 "Гриппен" (Швеция) и F/A-18 "Хорнет" (Испания). Сообщалось, что в апреле 2018 г. английские самолеты "Торнадо" нанесли удар по сирийским объектам с применением ракет TAURUS KEPD 350.

SCALP EG/"Сторм Шэдоу"

Вскоре после завершения операции "Буря в пустыне" франко-британская компания "Матра/BAe Дайнемикс" приступила к разработке авиационной крылатой ракеты "Апач" с неядерной БЧ для нанесения ударов по аэродромам противника. В середине 1990-х ее предназначением стало поражение стационарных целей типа bunkеров, складов, РЛС, узлов связи, мостов, аэродромных и портовых сооружений при максимальной дальности пуска 250 км. Проект получил название "Сторм Шэдоу" (Storm Shadow - "Тень бури"). В 1997 г. министерство обороны Великобритании заключило контракт на доработку и поставку ракет "Сторм Шэдоу", предполагая вооружить ими модернизированные тактические истребители "Торнадо" GR.4 и перспективные самолеты "Тайфун". В том же году ВВС Франции выдали заказ на ракету SCALP EG (Système de Croisière conventionnel Autonome a Longue portee Precis - Emploi General purpose, "многоцелевая высокоточная крылатая ракета большой дальности с автономным наведением"), унифицированную по требованиям со "Сторм Шэдоу" и предназначенную для применения истребителями "Мираж" 2000D и "Рафаль". Во французских вооруженных силах для обозначения новой ракеты принято официальное наименование APTGD (Armement de Precision Tiree a Grand Distance, "высокоточный боеприпас большой дальности действия").

Первый удачный пуск SCALP EG/"Сторм Шэдоу" с "Миража" состоялся в декабре 2000 г., а с "Торнадо" - в мае 2001 г. На вооружение

английских ВВС ракета поступила в конце 2001 г., было заказано 900 экземпляров. ВВС Франции приняли ракету на вооружение в 2004 г. и заказали 500 единиц. В конце 1999 г. к проекту присоединилась Италия, намечавшая закупить 200 ракет для использования с самолетов "Торнадо" IDS.

По аэродинамической схеме "Сторм Шэдоу" представляет собой высокоплан нормальной аэродинамической схемы с коротким складным крылом, фюзеляжем прямоугольного сечения и турбореактивным двигателем TRI 60-30 "Микротурбо" тягой 4,5...5,7 кН в хвостовой части. Максимальная скорость полета составляет 1000...1050 км/ч. При разработке ракеты широкое применение нашли средства снижения радиолокационной заметности. Основным для "Сторм Шэдоу" считается режим полета на малых и предельно малых высотах с огибанием рельефа. Снижению вероятности обнаружения ракеты в полете способствует то, что весь маршевый участок траектории она проходит на высоте 100...150 м, а непосредственно перед атакой назначенного объекта снижается еще ниже - до 50 м.

На начальном и среднем участке навигация осуществляется по данным инерциальной системы с коррекцией по сигналам спутниковой системы GPS, а также с использованием рельефометрической корреляционной системы TERPROM. Последняя обеспечивает высокую точность выведения на цель, мало подвержена помехам, но неприменима над пустынной и полупустынной местностью с однообразным рельефом. На конечном участке траектории (примерно за 2 км до цели) включается тепловизионный канал самонаведения, разработанный фирмой GEC-"Маркони Авионикс". Изображение цели и окружающей ее местности в инфракрасном диапазоне сопоставляется с эталонным изображением, хранящимся в памяти бортового компьютера. Утверждается, что система конечного наведения позволяет атаковать объект даже в условиях задымления. Кроме того, система способна произвести перенацеливание, если заданный объект уже разрушен. Траектория полета ракеты на конечном этапе вполне традиционна для дозвуковых крылатых ракет и предусматривает выполнение "горки" с последующим заходом на цель. Угол пикирования выбирает-



Рис. 2 Истребитель "Торнадо IDS" с ракетами "Сторм Шэдоу" под фюзеляжем

ся в зависимости от особенностей цели - ракета может и круто спикировать на цель, и осуществлять полет на предельно малой высоте. Заявленная изготовителем величина кругового вероятного отклонения - всего 1,8 м.

Ракета SCALP EG/"Сторм Шэдоу" имеет стартовую массу 1300 кг и оснащена тандемной проникающей боевой частью типа BROACH диаметром 450 мм. Длина ракеты 5,1 м, размах крыла 2,84 м. С помощью кумулятивного головного предзаряда массой 91 кг БЧ пробивает несколько прочных преград (перекрытий), а внутри объекта срабатывает основной заряд массой 255 кг. Замедление подрыва обеспечивается программируемым взрывателем. Способ применения ракеты предполагает выполнение предварительной разведки целей и задействование высокоскоростных цифровых каналов связи. Разработка полетного задания производится с использованием цифровых карт местности и аэрофотоснимков (космических снимков). Программный комплекс для подготовки заданий обеспечивает планирование удара с участием до 16 крылатых ракет.

Алгоритмы управления SCALP EG/"Сторм Шэдоу" позволяют пилоту самолета производить пуск в достаточно широком диапазоне



Рис. 3 Ракета "Сторм Шэдоу" под крылом истребителя "Тайфун"

дальностей и высот. Ракета может применяться с внешних точек подвески британских истребителей "Торнадо" GR.4, французских истребителей "Мираж" модификаций 2000, 2000 В2 Мк 2 и "Рафаль", с самолета EF2000 "Тайфун", американского F-35, а также с британского многоцелевого самолета "Нимрод" MRA4. Кроме того, ракеты поступили на вооружение итальянских ВВС. Для более оперативной реализации разведанных возможно применение системы коррекции полетного задания непосредственно перед пуском ракеты с помощью одностороннего цифрового канала связи с самолетом-носителем.

В ходе боевых действий в Ираке в 2003 г. ракета "Сторм Шэдоу"

применялась истребителями "Торнадо" 617-й эскадрильи английских ВВС. 21 марта 2011 г. "Торнадо" снова осуществили пуски - на этот раз по Ливии. В тот же период несколько SCALP EG запустили два французских истребителя "Мираж" 2000D и четыре "Рафали". 10 августа 2011 г. шесть "Торнадо" GR.4 нанесли удар по целям в Ливии двенадцатью ракетами "Сторм Шэдоу".

14 апреля 2018 г. девять ракет SCALP EG были запущены с пяти "Рафалей" ВВС Франции по целям в Сирии (еще одна ракета не сошла с подвески). Интересно, что самолеты принадлежали эскадрилье 1/4 "Гасконь", которая является частью французских сил ядерного сдерживания. Восемь "Сторм Шэдоу" тогда же были применены четверкой "Торнадо" GR.4 из состава 31-й эскадрильи британских ВВС, взлетевших с авиабазы на Кипре. По сообщениям российских СМИ, в числе сбитых сирийскими средствами ПВО крылатых ракет в ходе удара отмечены "Сторм Шэдоу".

Литература

1. В.Н. Белкин. Немецко-шведская авиационная крылатая ракета KEPD 350. - Авиационные системы. Научно-техническая информация 2017/12 /М.: ГосНИИАС, 2017
2. В.В. Белов, В.А. Марков, А.Ф. Овчинников и др. Вопросы создания боевого снаряжения кинетического действия управляемых ракет. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012
3. <https://tehnovar.ru/78684-udar-po-sirii-razbor-zheleza.html>

Связь с автором: bearam08@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Начато создание квантового радара, от которого не спасут никакие стелс-технологии. В современных самолетах-невидимках используется целый ряд технологий, позволяющих им избежать обнаружения традиционными радарными. Основными из таких технологий является определенная форма самолета, что позволяет снизить эффективную площадь отражающей поверхности, и специальное покрытие, поглощающее или отклоняющее радиоволны, излучаемые радаром. Но в последнее время все большее распространение получают активные технологии, основанные на использовании способов радиоэлектронного противодействия, такие системы сами излучают мощные искусственные шумовые сигналы, которые блокируют работу приемника радара.

Исследователи из университета Ватерлоо, Канада, приступили к разработке квантовой радарной системы, способной работать в условиях присутствия высокого уровня фоновых шумов, что, в свою очередь, позволит этому радару безошибочно находить и сопровождать самолеты и ракеты, оборудованные самыми современными стелс-технологиями, в том числе и активными.

"Геоманнитные штормы и солнечные вспышки, наиболее сильно проявляющиеся в полярных широтах, вмешиваются в работу радарных систем и делают процесс обнаружения целей более сложным" - рассказывает Джонатан Бо (Jonathan Vaughn), руководитель данного проекта, - "Перейдя с традиционного на квантовый радар, мы избавимся от влияния посторонних шумов и это позволит на идентифицировать даже



те объекты, которые используют специальные технологии для того, чтобы избежать этого".

Технология, лежащая в основе работы квантового радара, основана на так называемом квантовом освещении. Только в данном случае для освещения пространства используется отнюдь не обычный свет, а свет, состоящий из запутанных на квантовом уровне фотонов. Когда состояние одного из запутанных фотонов изменяется из-за столкновения с поверхностью самолета-невидимки, к примеру, состояние второго фотона также моментально изменяется, невзирая на разделяющее их расстояние.

Один из фотонов запутанной пары отправляется квантовой радарной установкой в пространство, а второй остается на месте, будучи удерживаемым в специальной фотонной ловушке. "Радарная система анализирует лишь состояние фотонов, сохранивших запутанность со вторым фотоном. Те фотоны, которые потеряли

запутанность в результате воздействия явления декогеренции, т.е. влияния естественных шумов окружающей среды, отбрасываются и все это позволяет во много раз увеличить значение соотношения сигнал/шум в определенных ситуациях" - так описывают принцип действия квантового радара канадские исследователи.

Однако, для того, чтобы создать реально работающий квантовый радар, требуется создание быстрого и надежного источника запутанных фотонов. Канадские ученые уже имеют в своем распоряжении такой лабораторный источник, который был использован для лабораторных испытаний технологии квантового освещения. И теперь, благодаря получению финансирования в размере 2,7 миллионов долларов от канадского Министерства Обороны, у них появился шанс развить далее разработанные ими технологии и довести все дело до момента создания полностью работоспособного опытного образца квантового радара.



XIV МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ — ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

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

**15-17 мая 2018 г.,
Москва, ВДНХ,
павильон 75, «Россия»**

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ
ВЫСТАВКИ



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Консолидация усилий власти, науки и бизнеса в развитии отечественного приборостроения для обеспечения нужд промышленности и оборонного комплекса страны, а также повышение эффективности российской системы измерений, совершенствование нормативной базы метрологии с учетом международных тенденций в целях поддержки инноваций и их продвижения.

ПРОГРАММА ФОРУМА



METROLEXPO

Метрология и Измерения

14-я выставка средств измерений, испытательного оборудования и метрологического обеспечения.



CONTROL&DIAGNOSTIC

Контроль и Диагностика

7-я выставка промышленного оборудования и приборов для технической диагностики и экспертизы.



RESMETERING

Учёт энергоресурсов

7-я выставка технологического и коммерческого учета энергоресурсов.



LABTEST

Лабораторное оборудование

6-я выставка аналитических приборов и лабораторного оборудования промышленного и научного назначения.



PROMAUTOMATIC

Приборостроение и автоматизация

6-я выставка оборудования и программного обеспечения для технологических и производственных процессов.



WEIGHT SALON

Весовой салон

2-я выставка весового оборудования.

Организаторы



Поддержка



Международные партнеры



Стратегический партнер



Ключевые партнеры выставки



Генеральный партнер



Устроитель и выставочный оператор



ДИРЕКЦИЯ ФОРУМА

129344, Москва, ул. Искры д. 31, корп. 1, Технопарк ВДНХ
Тел./Факс: +7 (495) 937-40-23 (многоканальный)

www.metrol.expoprom.ru
E-mail: metrol@expoprom.ru

ВОСПОМИНАНИЯ ВЕТЕРАНОВ "НПО ЭНЕРГОМАШ" О СЕРГЕЕ АЛЕКСАНДРОВИЧЕ АФАНАСЬЕВЕ

Вячеслав Фёдорович Рахманин, канд. техн. наук
Владимир Константинович Чванов, докт. техн. наук

30 августа 2018 г. исполняется 100 лет со дня рождения Сергея Александровича Афанасьева, вошедшего в историю нашей страны как непосредственный участник и талантливый организатор работ в области оборонной промышленности. С.А. Афанасьев с марта 1965 г. по апрель 1983 г. возглавлял Министерство общего машиностроения СССР и вложил много сил и таланта организатора в становление и развитие отечественной ракетно-космической техники.

Промышленное производство ракетной техники в СССР началось с выпуска правительственного постановления от 13.05.1946 г. "Вопросы реактивного вооружения". Реализация положений этого постановления и выпуск последующих правительственных постановлений и государственных указов послужили основой организации производства в начале боевой, а затем и космической ракетной техники. На начальном этапе производство ракетной техники входило в тематику Министерства вооружения, переформированного в марте 1953 г. в Министерство оборонной промышленности, затем вместо министерств были организованы совнархозы и Государственные комитеты по видам промышленности. Так, вместо Минобороны был организован Госкомитет оборонной техники (ГКОТ).

В 1965 г. эксперимент в области организации работ в народном хозяйстве был признан неудачным и вновь вернулись к системе министерств. 2 марта 1965 г. Президиум Верховного Совета СССР принял Указ о преобразовании ряда Госкомитетов в Министерства и об образовании нового общесоюзного Министерства общего машиностроения (МОМ), в котором была сосредоточена вся тематика по производству ракетной техники. Министром МОМ был назначен С.А. Афанасьев, работавший до этого заместителем Председателя Совета Министров РСФСР - председателем Всесоюзного Совета народного хозяйства. До этого назначения С.А. Афанасьев прошел суровую производственную школу и приобрел поучительный опыт работы на ответственных должностях. После окончания в 1941 г. МВТУ им. Баумана он работал мастером цеха на артиллерийском заводе № 8 Наркомата вооружения в подмосковных Подлипках, затем, после эвакуации завода в 1941 г. в город Молотов (ныне Пермь), инженером-конструктором по оснастке на заводе № 172 Наркомата вооружения. На этом заводе Афанасьев профессионально вырос до должности заместителя главного механика завода.

В 1946 г. он был переведен в Техническое управление Министерства вооружения СССР, где работал старшим инженером, начальником отдела, Зам. начальника управления, а в 1955 г. возглавил Техническое управление в организованном в 1953 г. Министерстве оборонной промышленности СССР. 10 мая 1946 г. С.А. Афанасьев в составе группы специалистов по указанию министра Д.Ф. Устинова принял участие в подготовке проекта исторического правительственного постановления от 13 мая 1946 г. "Вопросы ракетного вооружения". Так сложилось в жизни Афанасьева, что ему в последствии пришлось реализовывать на практике отдельные положения этого постановления, т.к. разработка реактивного вооружения стала одной из основных задач для Министер-



С.А. Афанасьев

ства оборонной промышленности. Он был включен в состав "команды" под руководством Д.Ф. Устинова, обеспечивающей освоение первых отечественных ракет Р-1 на Днепропетровском машиностроительном заводе. Там он исполнял обязанности начальника цеха по производству камер, а затем - двигателя РД-100. Освоение серийного производства ракет Р-1 контролировал Л.П. Берия и однажды, по воспоминаниям Афанасьева, за задержку с технологическим освоением новой техники Берия грозил ему арестом.

Трудовая жизнь Афанасьева началась в обстановке предвоенного производства вооружения, продолжалась в суровые годы войны, когда смысл жизни трудящихся страны заключался в коротком лозунге: "Все для фронта, все для победы". В послевоенное время, вошедшее в историю как годы "холодной войны", напряжение в области создания новых образцов вооружения, не ослабевало. За годы работы в обстановке жесткого руководства со стороны наркома, а затем министра Д.Ф. Устинова и контроля партийных органов у Афанасьева выработался собственный стиль работы: настойчивость в выполнении порученных дел, требовательность к исполнению подчиненными директивных сроков, обеспечение высокого качества и надежности выпускаемой продукции, а также жесткая система проверок и контроля выполнения поручений. Основным руководящим органом была коллегия министерства. Афанасьев строил свое руководство министерством на основе сочетания коллегиальности в обсуждении и единоначалия в решении всех организационно-технических вопросов, возникающих в работе министерства. С таким отношением к порученному ему делу С.А. Афанасьев возглавил новое министерство. В должности министра МОМ он работал до 8 апреля 1983 г. и за 18 лет в этой должности внес определяющий вклад в создание и дальнейшее развитие отечественного ракетостроения. По сложившемуся у советской общественности мнению Афанасьев вошел в историю страны как создатель ракетно-космической промышленности.

В этой небольшой статье авторы излагают свои воспоминания о нескольких фрагментах деятельности министра С.А. Афанасьева.

Где-то в конце апреля 1965 г. в конструкторском зале КБ Энергомаш неожиданно появилась небольшая группа людей в главе с человеком баскетбольного роста и плотного телосложения. Он на голову возвышался над сопровождающими его лицами, среди которых кроме неизвестных нам людей были и руководители нашего ОКБ. Лидер группы молча прошел до конца зала, заглянул на лестничную площадку. Его внимание привлекли бездействующий кулман, два стоящих в углу пустующих обшарпанных стола и несколько сломанных стульев. После осмотра зала группа молча удалилась. Наше любопытство удовлетворил несколько отставший от группы работник отдела режима нашего предприятия: "Это новый министр Сергей Александрович Афанасьев знакомится с нашим предприятием".

После визита в корпус КБ министр посетил несколько заводских цехов. По рассказам работников этих цехов он так же обращал внимание на захламленность рабочих мест, на лежащие без употреб-

ления между станками технологические приспособления, пустую тару для транспортировки деталей, нагромождение незавершенных изготовлением деталей в углах цехов.

В отличие от посещения конструкторского зала, в цехах министр беседовал с некоторыми рабочими, причем свой разговор он предварял просьбой говорить откровенно, не боясь возможных последующих преследований со стороны заводского начальства. В этом случае он просил проинформировать его, и он обещал принять меры для защиты рабочего.

После посещения подразделений КБ и цехов завода состоялся его разговор с руководством нашего предприятия, причем происходил он не в кабинете Глушко, являющегося начальником и главным конструктором всего предприятия, а в кабинете директора завода. Как показали последующие события, Афанасьев в своей работе делал ставку в управлении предприятиями министерства на директоров заводов, считая, что именно они обеспечивают выполнение государственного плана поставки ракетной техники, а для имиджа министерства и, следовательно, для авторитета министра, это главное.



С.А. Афанасьев в цеху предприятия

Что же касается его внимания к мелочам: сломанная мебель и кульманы в конструкторском зале КБ, отсутствие порядка на рабочих местах в цехах завода - это был стиль работы Афанасьева. Он предпочитал, во-первых, иметь собственное представление о порядке на предприятии и, во-вторых, по его мнению, захламленность на рабочих местах указывает на низкую культуру производства, которая отрицательно влияет на качество и надежность производимой продукции, что косвенно характеризует соответствие руководящего состава предприятия занимаемым должностям.

О стремлении Афанасьева иметь объективную информацию, позволяющую ему принимать правильные решения, в том числе и по кадровым вопросам, свидетельствуют проходившие под его председательством коллегии министерства. Один из авторов этой статьи в конце 70-х годов был начальником базового отдела стандартизации (БОС-2) по тематике 2-го (двигательного) Главного управления МОМ. По заведенному Афанасьевым порядку дважды в год - весной и осенью - на коллегии министерства заслушивалось состояние дел по работам предприятий в области стандартизации - внедрение в производство новых ГОСТ и ОСТ, а также разработка предприятиями министерства новых стандартов. Казалось бы, на фоне создания и производства наукоемких и высокотехнологичных боевых и космических ракетных комплексов вопросы стандартизации имеют третьестепенное значение. Но Афанасьев считал по-другому: в его министерстве не могло быть вопросов, которые выпадали бы из-под его личного контроля. Проиллюстрируем это на примере проведения коллегии по работам в области стандартизации.

Такие коллегии готовило Главное техническое управление министерства, все базовые отделы стандартизации, а их в министерстве было более десяти, готовили плакаты-таблицы, отражающие в цифровом изложении показатели результатов своей работы. Эти плакаты вывешивали на стены в зале коллегии. Вечером, накануне проведения коллегии, проводилась репетиция - "предколлегия" по

терминологии работников МОМ. Афанасьев заслушивал доклад начальника Технического управления и задавал вопросы по показателям работы, приведенным на плакатах. Присутствующие на репетиции начальники БОС давали пояснения. Срывы сроков выполнения плановых заданий и другие отрицательные моменты в работе предприятий на плакатах изображались синим цветом - "синяки" по терминологии Афанасьева (видимо, это ассоциировалось со следом от удара или ушиба). Выслушав доклад и пояснения, Афанасьев делал какие-то пометки в своей записной книжке. А на коллегии по ходу доклада начальника Техуправления Афанасьев "поднимал" присутствующего в зале руководителя предприятия или его заместителя, курирующего вопросы стандартизации, и требовал дать объяснения высказанным в докладе критическим замечаниям. Часто случалось так, что министр, благодаря своей тщательной предварительной подготовке к коллегии, лучше руководителя предприятия знал существо вопроса и тогда провинившийся получал сполна от министра. Афанасьев умел несколькими жесткими словами, ироническим тоном, не нанося личного оскорбления и не унижая достоинства человека, пробудить у него внутреннее чувство вины за допущенную им ошибку или низкое качество работы. И все-таки порою критика Афанасьева за упущения в работе по стандартизации казалась излишне суровой, но он преследовал свою цель: критикуя, а порою и наказывая лишением премии руководителя одного предприятия, он давал урок всем остальным не допускать ошибок, чтобы не стать очередным "героем" на следующей коллегии. И все-таки на каждой коллегии появлялись новые "герои".

Не обошлось без "синяка" и на нашем плакате на одной из коллегий министерства. Но на этот раз нашлось предприятие с более обширной "гематомой", ему и досталась вся критика министра. Наш "синяк" не заинтересовал Афанасьева, но, когда докладчик упомянул замечание в наш адрес, у начальника БОС-2 появилось ощущение как у не выучившего урок школьника в ожидании вызова учителем к доске для ответа. А сделанное нам замечание нашло свое отражение: в протоколе коллегии было записано поручение устранить его к такому-то числу. Следует отметить, что содержанию протокола коллегии Афанасьев придавал большое значение, его он редактировал сам и после утверждения Главное управление МОМ на основании решений коллегии, указанных в протоколе, готовило проекты приказов по министерству.

Так же тщательно готовился Афанасьев и к проведению заседания коллегии по основной тематике министерства - разработка и поставка ракетно-космической техники. Для лучшего понимания обсуждаемых технических и производственных вопросов он предварительно знакомился с представленной технической справкой о состоянии дел на предприятии, составленной работником Главка, "ведущего" по этому предприятию. По вопросам, имеющим научный аспект, интересовался мнением ученых из ведомственных НИИ, рассматривал возможность принятия альтернативных решений. Такая подготовка позволяла ему практически на равных с главными конструкторами обсуждать достаточно сложные научно-технические вопросы, возникающие при разработке новой техники.



С.А. Афанасьев с военными

При проведении коллегии характерным была реакция Афанасьева на выступление руководителя предприятия, который обычно начинал с перечисления достигнутых успехов, но в этот момент раздавалась реплика министра: "Далее докладывай со слова "Однако...". После окончания доклада Афанасьев задавал конкретные вопросы - почему не использовались те или иные меры исправления сложившегося положения? Особо жестко и безжалостно он относился к тем руководителям, кто пытался утаить свои ошибки или извратить состояние дел на предприятии.

Предварительная подготовка давала возможность ему правильно оценивать положение дел на предприятии, наметить выбор направления дальнейших работ и сроки для их выполнения. Он, конечно, не мог предложить изменения, улучшающие конструкцию, но этого от него и не требовалось. Афанасьев мог и умел организовать работу так, что определенное в качестве наиболее перспективного предложение получало "зеленую улицу" и сроки его реализации существенно сокращались.

В случаях значительного срыва установленных сроков проведения работ, коллегия выносила руководству предприятия, а иногда и его ведущим работникам, выговоры и лишала их премии. Но это была закономерная оценка работы руководителей предприятия при сложившемся положении дел.

С.А. Афанасьев возложил вновь организованное министерство в период, характеризуемый в новейшей истории как "гонка вооружений". В середине 60-х годов интенсивно велось производство стратегических межконтинентальных ракет наземного базирования, разработанных в ОКБ С.П. Королева (Р-9А), М.К. Янгеля (семейство ракет Р-36), В.Н. Челомея (ракеты типа УР-100) и морского базирования в ОКБ В.П. Макеева. Одновременно изготавливалась и ракетно-космическая техника для запуска космонавтов, спутников Земли и межпланетных станций.

В августе 1969 г. в Крыму состоялось историческое заседание Совета обороны под председательством Л.И. Брежнева. На этом заседании определялось направление развития стратегического ракетостроения в СССР. Одно направление предлагал В.Н. Челомей, другое - М.К. Янгель. Военно-политическая и ракетно-техническая элита страны, причастная к решению вопросов обороны, разделялась примерно поровну.

Предложение Челомея заключалось в изготовлении большого количества достаточно дешевых и простых в производстве межконтинентальных ракет легкого класса, которые, благодаря своей многочисленности, будут способны преодолеть любую ПРО вероятного противника.

Янгель предлагал разработку стратегических ракет тяжелого класса, обладающих стойкостью к воздействию поражающих факторов ПРО.

Афанасьева больше устраивало предложение Челомея, т.к. производить хотя и в большом количестве, но технически более простые ракеты для заводов министерства было гораздо проще. Однако, когда после сделанных докладов Брежнев спросил мнение Афанасьева по выбору варианта направления работ, он диплома-



С.А. Афанасьев, В.П. Глушко, М.В. Келдыш

тично ответил, что предприятия МОМ готовы изготавливать любые ракеты, а их тип должны определять ученые и военный заказчик.

Следует отметить, что с 1965 г. по 1983 г., когда министерство возглавлял Афанасьев, в процессе разработки и производства ракетного вооружения неразрешимых технических проблем не возникало, предприятия работали ритмично. Конечно, были срывы сроков отдельных этапов создания ракет, задерживалось и выполнение директивных сроков сдачи ракет на вооружение. Но эти сроки назначались как мобилизирующие, не имеющие предварительного научного обоснования и поэтому к их срыву относились не слишком строго. Главное в оценке работы министра - выполнение, хотя и с задержкой, принятого правительственного постановления.

Но не все в работе министерства шло гладко. В "хозяйстве" Афанасьева имела "мина замедленного действия" - разработка сверхмощной космической ракеты Н-1, проект которой оказался провальным. Решение об изготовлении этой ракеты было принято еще до назначения Афанасьева министром и он унаследовал эту "хромую утку".

Нужно, видимо, напомнить читателям, что в разработке ракеты Н-1 КБЭМ участия не принимало. При разработке в начале 60-х годов эскизного проекта ракеты-носителя Н-1 распался многолетний научно-технический тандем по созданию ракетной техники С.П. Королев - В.П. Глушко. Бывшие многолетние партнеры разошлись в выборе ракетного топлива. Глушко на основании возникших трудностей при разработке кислородно-керосинового двигателя для ракеты Р-9А в сравнении с успешным созданием двигателей для ОКБ М.К. Янгеля на высококипящем азотнокислотном топливе предлагал такое же топливо для ракеты Н-1. Только в таком варианте ракетного топлива Глушко считал возможным реальное создание предельных по мощности для того времени двигателей в предложенные Королевым сроки. Однако С.П. Королев отказался от предложения В.П. Глушко, он остался верен "своему топливу" - кислороду с керосином и поручил разрабатывать двигатели главному конструктору авиационных двигателей Н.Д. Кузнецову. Не участвуя в создании двигателей для РН Н-1, КБЭМ работало весьма продуктивно и в период с 1962 по 1974 г., когда ОКБ Кузнецова разрабатывало двигатели для ракеты Н-1, успешно разработало двигатели на высококипящем топливе: 8Д723 и 8Д724, 11Д26 и 11Д69, 15Д119 и 15Д168 для ОКБ М.К. Янгеля, 11Д43 для ОКБ В.Н. Челомея и 11Д614 для ОКБ М.Ф. Решетнева. Возникающие вопросы по некоторому отставанию в разработке этих двигателей или их аварийных исходов при проведении летных испытаний решались в текущем порядке на совещаниях с участием представителей министерства на уровне начальников Главных управлений или заместителей министра. Афанасьев следил за ходом работ, но не считал необходимым личное вмешательство и не выносил эти вопросы на заседание коллегии министерства.

В этот период Афанасьев большую часть своего времени затрачивал на организацию работ по созданию РН Н-1. Так, с октября 1965 г. по январь 1968 г. Афанасьев исполнял обязанности Председателя Совета по проблемам освоения Луны. Это была так называемая "Лунная программа" с задачей опередить посещение Луны американскими астронавтами.

Работы по этой программе велись со срывами директивных сроков, в связи с чем правительственным постановлением от 19.11.1967 г. начало летных испытаний ракеты Н-1 переносилось на более поздний срок, а министры С.А. Афанасьев, П.В. Деметьев и С.А. Зверев, а также В.П. Мишин получили взыскания за неудовлетворительную организацию работ. Однако принимаемые меры по ускорению работ не обеспечили положительных результатов. Так, проведенные с февраля 1969 г. по ноябрь 1972 г. четыре попытки запуска РН Н-1 в варианте Н1-Л3 имели аварийные исходы. К этому времени американцы завершили свою Лунную программу. 12 астронавтов посетили Луну и благополучно возвратились на Землю. Перед руководством советской Лунной программой стал вопрос о целесообразности продолжения работ по ракете Н1-Л3.

В мае 1974 г. Д.Ф. Устинов собрал совещание, на котором было принято решение о приостановке работ по теме Н-1. Решение этого совещания имело промежуточное значение. Закрывать тему Н-1



С.А. Афанасьев прикрывает награду к знамени

и списать расходы, в данном случае убытки, можно было только выпуском правительственного постановления, что и было сделано, но только позднее, спустя почти два года. Но всем участникам совещания было ясно, что точка невозврата пройдена, продолжения работ по теме Н-1 не будет. Участвовавшие в этом совещании министры МОМ С.А. Афанасьев и МАП П.В. Деметьев согласились с таким решением, хотя для предприятий этих министерств прекращение столь объемных работ в середине года создавало большие трудности с выполнением годовых планов. Вслед за этим решением Д.Ф. Устинов одобрил предложенную В.П. Глушко новую космическую программу, основанную на широком использовании при создании космических ракет универсальных модульных блоков. Для реализации этой программы 22 мая 1974 г. было организовано новое НПО "Энергия" во главе с В.П. Глушко в должности директора и генерального конструктора объединения. Это назначение Устинов провел правительственным постановлением без согласования с Афанасьевым. В мае 1974 г. Афанасьев уже девять лет работал министром и считал себя полным "хозяином" в министерстве и вдруг назначение на, по сути, центральную в системе министерства научно-техническую должность генерального конструктора крупнейшего НПО без согласования с ним. Прекращение работ по теме Н-1 Афанасьев воспринял как удар по имиджу министерства и его авторитету как признанного организатора могучего ракетно-космического министерства, головного в этой отрасли промышленности. А главным критиком проекта Н-1 был Глушко, и его назначение без согласования как показали последующие события, наложило негативный отпечаток на отношение Афанасьева к Глушко. Вообще-то в данной ситуации уж если обижаться, то Афанасьев должен был на Устинова, но это было не безопасно, а вот в отношениях с Глушко свое неудовольствие он мог проявить. Но и Глушко, зная о поддержке со стороны Устинова, порою проявлял строптивость.

Но личные обиды вскоре отошли на второй план, их сменили претензии к работе Глушко и входящего в состав НПО "Энергия" КБЭМ, возглавляемого Главным конструктором В.П. Радовским. Причиной претензий была затянувшаяся череда аварийных исходов стендовых испытаний двигателей РД170 (171), разрабатываемых в КБЭМ для предложенных Глушко ракет-носителей "Энергия" и "Зенит". По его замыслу первая ступень ракеты "Зенит" после завершения наземной и летной отработки, с небольшими изменениями использовалась в качестве бокового блока ракеты "Энергия", а также в проектах других ракет этого семейства.

Сложность решения поставленной задачи заключалась в том, что Глушко, верный своей научно-технической концепции - вновь разрабатываемый двигатель должен иметь наивысшие для того времени энергетические характеристики - предложил разработать для новых ракет кислородно-керосиновые двигатели РД170 (171), имеющие четыре камеры общей тягой 740 тс, при этом давление в камере составляло 250 атм, и один ТНА с турбиной, мощностью около 250 000 л.с., что соизмеримо с мощностью ДнепротЭС. Таких двигателей еще никто в мире не создавал. За рекордные характеристики двигателей приходилось "расплачиваться" авариями: в процессе огневых испытаний происходило возгорание материала деталей окис-

лительного насоса и газового тракта турбины. Опыта устранения таких дефектов в двигателях, имеющих указанные характеристики, не было, поиск работоспособной конструкции велся в основном, методом проведения огневых испытаний двигателей. Однако, в связи с большой трудоемкостью изготовления двигателей получать в короткое время информацию об эффективности проверяемых изменений конструкции не представлялось возможным, доводка двигателей затягивалась. С.А. Афанасьев болезненно воспринимал срывы сроков графика отработки двигателей, а, следовательно, и ракеты-носителя в целом. Ситуацию обострял ряд видных специалистов ракетной и авиационной промышленности: академик В.С. Авдуевский, генеральный конструктор Н.Д. Кузнецов, их поддерживал директор ЦНИИМАШ Ю.А. Можжорин и др. Они активно выражали неверие в возможность создания ЖРД с заявленными Глушко характеристиками. К сожалению работников КБ Энергомаш, "теоретические" рассуждения указанных авторитетов подтверждались статистикой аварийных испытаний двигателей.

В этой обстановке Афанасьев находился в сложном положении. Если действительно окажется невозможно создать разрабатываемые двигатели, то министерство под его руководством не выполнит правительственное постановление, объявленное как особо важное государственное задание. И это будет второй случай после закрытия проекта Н-1.

Бескомпромиссный по складу характера и опыту работы на руководящих должностях, с повышенным чувством ответственности за порученное дело С.А. Афанасьев жестко требовал на коллежиях министерства от В.П. Глушко и В.П. Радовского устранить дефекты конструкции двигателя. Привычная для Афанасьева требовательность "немедленно принять исчерпывающие меры" для устранения дефектов конструкции в данном случае не приносила эффекта. В поиске путей выхода из создавшегося положения Афанасьев не замыкался только на критике руководителей предприятий. В его арсенале средств выполнения директивных сроков был и метод общения с ведущими работниками предприятия. Вспоминается одно из таких совещаний, которое он провел в кабинете главного конструктора КБЭМ В.П. Радовского. По его указанию на совещание были приглашены ведущие работники КБ, завода и испытательных подразделений - всего около 30 человек. Совещание началось с того, что Афанасьев отказался выслушать доклад Радовского и предложил каждому из присутствующих, в последовательности их размещения за столом совещания, высказать технические предложения для обеспечения работоспособности двигателя. К такой форме проведения совещания никто не был готов, выступать пришлось экспромтом. Афанасьев, видимо, надеялся, что в процессе предложенного им "мозгового штурма" могут появиться технические предложения, которые не были ранее приняты во внимание или отвергнуты руководством КБ. Но получилось так, что практически все выступавшие в различной интерпретации высказывали одно и то же предложение. Оно основывалось на том, что конструкторы КБЭМ разрабатывали двигатель, работающий в неизведанной ранее области внутриводящих процессов по температуре и давлению, многие конструкторские решения лежали за пределами имеющихся научных достижений или опытных подтверждений. Для



С.А. Афанасьев наблюдает за отработкой стыковки космических кораблей



С.А. Афанасьев с рабочими

создания надежно работающего двигателя основным и главным фактором являлось время, необходимое для выявления путем проведения огневых испытаний всех слабых мест конструкции и последующего их устранения. Однако объективно обосновать конкретный срок окончания отработки двигателя никто не мог... А именно это больше всего волновало Афанасьева, ведь этот срок определял не только время начала летных испытаний ракеты, но и, возможно, судьбу всего проекта.

Выслушав примерно 8 - 10 выступавших и убедившись в полном единомыслии собравшихся, Афанасьев прекратил дальнейший опрос. Подводя итог совещания, он отметил: все говорят, что нужно время, а его как раз и нет. И если в ближайшие один - два месяца не будет получен положительный результат, будем искать другие варианты для выхода из созданной вами же "творческой ямы". Это был прозрачный намек на возможность перехода к другому конструктивному варианту двигателя. В частных разговорах Афанасьев считал возможным, в крайнем случае, использовать хранящиеся в ОКБ Н.Д. Кузнецова двигатели НК-33, ранее изготовленные для РН Н-1.

Но, надо отдать должное Афанасьеву, он не только критиковал и требовал обеспечить работоспособность двигателя, но и по мере своих возможностей помогал исправить положение. По инициативе Афанасьева была создана рабочая группа из высококвалифицированных специалистов из отраслевых институтов - НИИТП, ЦНИИ-Имаш, НИИТМ, НИИМВ, по договоренности с Миновиапромом - из ЦИАМ, ВИАМ, НИАТ, а также из НИИ Минобороны. Представители этих организаций участвовали в анализе результатов огневых испытаний двигателей и в разработке технических предложений для устранения аварийной работы двигателей.

По обращению Афанасьева в Президиум Академии наук СССР в КБЭМ состоялось совещание директоров академических НИИ во главе с Президентом Академии наук А.П. Александровым.

В помощь руководству завода "Энергомаш" Афанасьев направил своего заместителя В.Н. Коновалова, который раз в неделю проводил на заводе технические совещания. В планах работы этих совещаний ответственными за выполнение намеченных работ назначались не начальники цехов или лабораторий, а конструкторы, технологи, металлурги, т.е. специалисты, непосредственно выполняющие порученную им работу. Эта непривычная для нас форма ответственности приносила положительные "плоды", работы выполнялись своевременно или с небольшой задержкой, причины которой были предметом разбирательства Коноваловым.

Для усиления руководства конструкторскими работами по двигателю по требованию Афанасьева два дня в неделю в КБЭМ находился Глушко и лично контролировал вносимые изменения в конструкторскую документацию двигателя, в сомнительных случаях проводилось обсуждение их целесообразности с ведущими специалистами КБЭМ.

Выявленное в процессе стендовых испытаний "слабое" место в конструкции двигателя - ТНА - стало предметом тщательного изучения, и был сделан вывод - главной причиной его неработоспособности является небывалая ранее размерность и чрезвычайно высо-

кая мощность. Из этого вывода родилось предложение "четвертовать" двигатель РД170, т.е. из одного четырехкамерного сделать четыре автономно работающих однокамерных двигателя. Предложение весьма логичное: все агрегаты двигателя РД170, показавшие при испытаниях свою работоспособность, остаются без изменения, а "аварийный" агрегат - ТНА - по размерам и мощности переводится в область ранее освоенных конструкций и режимов работы в составе других двигателей.

Предложение в письменном виде было оформлено ведущим конструктором двигательного отдела КБЭМ И.А. Клепиковым и направлено главному конструктору В.П. Радовскому, который немедленно ознакомил с ним В.П. Глушко. Реализация этого предложения, безусловно, способствовала бы повышению работоспособности двигателей. Но как оно повлияло бы на надежность ракеты? Переход на однокамерные двигатели приводит к нарушению принципа модульного построения ракеты и увеличивает количество двигателей на первой ступени ракеты "Энергия" до 16-ти вместо 4-х, а это повторение схемной ошибки, приведшей к краху проект Н-1. Против такого предложения резко возражал генеральный конструктор РН "Энергия" Глушко, т.к. оно противоречило идеологии разработанной Глушко новой программы создания отечественного космического флота. На этом основании решили на это предложение не реагировать.

Однако неизвестными путями информация о существовании такого технического предложения стала известна Афанасьеву и по его распоряжению работники отдела режима КБЭМ доставили предложение в МОМ. Министр Афанасьев увидел в этом предложении дублирующий вариант двигателя, подстраховку на случай неудачи с разработкой основного варианта.

По приказу министра в октябре 1980 г. в КБЭМ был организован под руководством Клепикова специальный конструкторский отдел для разработки эскизного проекта однокамерного модульного двигателя МД185, названного так по величине тяги двигателя - 185 тс. Отдел был укомплектован конструкторами из основных конструкторских отделов КБЭМ, согласившихся участвовать в разработке эскизного проекта двигателя МД185. Эскизный проект был выпущен, но дальше работа по двигателю МД185 не пошла. К этому времени отработка двигателя РД170 существенно продвинулась вперед.

Успехи были достигнуты благодаря самоотверженной работе конструкторов практически без выходных, ведущих специалистов без отпусков, рабочих в цехах в режиме одиннадцатичасового рабочего дня и, главное, были получены результаты достаточно большого количества стендовых испытаний двигателей. В июне 1981 г. состоялось первое успешное огневое испытание двигателя. Это был столь неожиданный для "внешнего мира" успех, что на следующий день посмотреть на разобранный в цехе ТНА приехал Афанасьев. По свидетельству присутствующего при этом зам. главного конструктора КБЭМ В.Ф. Трофимова Афанасьев придирчиво рассмотрел блестящие после промывки детали насосов и турбины и как-то отрешенно произнес: "Если бы не увидел своими глазами, то не поверил бы".

Но и после этого первого успеха были аварийные испытания двигателей, в том числе и в июне 1982 г. в составе первой ступени РН "Зенит" на стенде в НИИХиммаше в Загорске. Настоящий, бесповоротный успех пришел в мае 1983 г., когда двигатель РД171 отработал полный ресурс по штатной циклограмме. Но это событие произошло уже без С.А. Афанасьева, в начале апреля 1983 г. он был назначен министром тяжелого и транспортного машиностроения СССР.

Дальнейшие работы по созданию двигателей РД170 (171) велись под организационным руководством министра МОМ О.Д. Бакланова, работавшего до этого заместителем министра МОМ. О.Д. Бакланов также вложил много сил и энергии в успешное создание двигателей для РН "Зенит" и МКС "Энергия-Буран". И следует подчеркнуть, что он всегда отмечал в своих выступлениях, что С.А. Афанасьев для него был учителем и наставником в организации работ в министерстве, и что он принял от Афанасьева хороший задел работ по ракетной технике. ▣

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 "ИНТЕРАВИА-ГАЗ", 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 зода 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 отработывал 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 $M=6,5$) 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 $M=8$. 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. ■

ВСПОМИНАЯ О ЛЬВЕ ПАВЛОВИЧЕ БЕРНЕ



Берне (крайний справа) с сотрудниками на юбилее завода "Союз"

Всё это было вроде бы так недавно. И почему-то казалось, что будет всегда. Против всех знаний и понятий. Нелогично. Но должно же что-то быть постоянным?...

Вот у нас постоянным был Лев Павлович. Обошедший все войны, беды и болезни, сваливающиеся на него с разных сторон и оставшийся при этом сам собой. Переживший смерти друзей и близких и сохранивший светлую память обо всех. Сумевший сде-



На заседании клуба Авиастроителей

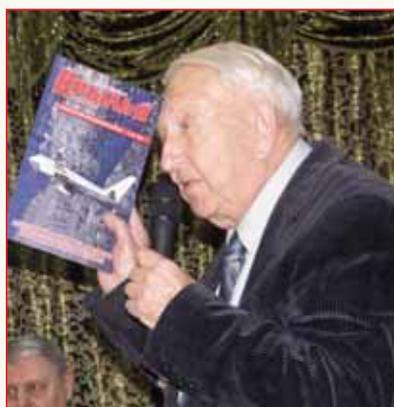


Авторский коллектив книги "Отечественные авиационные двигатели - XX век" дома у Л.П. Берне

лать и нас, которых тогда ещё не было на свете, соучастниками событий, давно ушедших и многими забытых. Человек, всегда имевший собственную точку зрения на те вопросы, которыми он занимался как специалист. И не то что не боявшийся спорить с сильными и руководящими, но умевший убеждать всех в своей правизне и делавший всех своими сторонниками. А работать ему приходилось с разными - и весьма непростого характера - людьми. Он, умевший прощать ошибки и естественные человеческие слабости людям, которых любил и уважал - а он умел понимать людей и выбирать среди них тех, с кем можно идти по жизни рядом. Хотя и ему были свойственны и ошибки, и слабости: как и всякому человеку. И ещё: сохранивший уникально чёткую память до конца дней. И в ней все были живы, деятельны и прекрасны в своей человеческой неидеальности.



На пресс-конференции перед МАКС-95



На заседании АССАД с очередным номером журнала

И когда он понял, что приходится самостоятельно управлять делом, которое стало главным к концу своей жизни, он принял команду на себя - не обращая внимания на собственные болезни и естественные возрастные помехи делу. Надо - значит надо. И выискивал все способы сохранить журнал "Крылья Родины", который волею судеб сделался его объектом попечения. И находил людей, которые вместе с ним, патриархом, работали над его делом, соратников и сотрудников, и тех, которым можно было передать дело, когда его руки, те самые "бразды правления" держащие стали всё-таки слабеть.

Вот такой был у нас Лев Павлович. С которым все мы, на полном серьёзе, отмечаая его 95-летний юбилей, собирались встретиться и на его столетии (если сами, конечно, сумеем дотянуть). Вышло не так. Пол-года примерно не хватило полёта его жизни до "сотки". Но осталась воплощённая им в книги и статьи память и коллектив, продолжающий его дело в журнале, которому он не позволил пропасть в водоворотях Леты. И память о нём самом -



На заседании АССАД

и у родных и у людей, которые жили и работали рядом с ним. Все - его несомненно младшие, но - товарищи.

Несомненно верным полагаю решение АССАД: согласиться с мнением наших журналов учредить премию памяти Берне для журналистов, работающих в области авиационного двигателестроения. Очень было бы неплохо, если получится сделать эту премию периодической.

Ещё на прощании с Л.П. Берне вспомнилась фраза из "Доктора Живаго" Пастернака: "Душа человека - это память о нём. Забыли человека - и умерла душа". Вот как раз он-то сделал весьма и весьма немало - и как человек, и как инженер, и как журналист - чтобы его душа ещё долго была рядом с нами. И ощущалась как поддержка друга, несмотря на то, что его самого уже и нет. **!**

Чтобы не повторяться, мы публикуем здесь статью, размещённую в нашем журнале к 95-летию Л.П. Берне. Под всеми словами, высказанными там, готовы подписаться и сейчас.

Редакция журнала "Двигатель"



На выставке "Двигатели" - с В.А. Скибиным и первым изданием книги "Как всё начиналось".

ЮБИЛЕЙ ДРУГА

Дмитрий Александрович Боев,

Генеральный директор издательства научно-технического журнала "Двигатель",
помощник генерального директора ЦИАМ

22-го июня этого года произошло одно из самых приятных событий этого года: одному из наиболее последовательных авторов и друзей нашего журнала, Льву Павловичу Берне исполнилось 95 лет!

Все, кто знаком с этим человеком, ставшим по праву живой легендой отечественной авиационной журналистики и истории, знают это, но никто не может в это поверить. Энергии его надо уже не завидовать: ей стоит просто восхищаться. Лев Павлович уже более тридцати лет в профессиональной авиационной журналистике. При этом, последние три года - главным редактором журнала "Крылья Родины". Ему удалось собрать команду единомышленников, усилиями которой этот когда-то ДОСААФовский журнал сумел пережить все свалившиеся на нас экономические передряги и обрёл новое звучание, согласное с нашим временем. И это - тоже уникально: в мире нет прецедентов столь солидного возраста у реально действующего главного редактора научно-технического журнала.

...А до этого была Война и служба инженером в сражающихся авиачастях. И были - учёба в МАИ и Академии Жуковского. И была долгая-долгая работа в ОКБ "Союз" - и с его создателем, великим конструктором Микулиным, и со всеми его преемниками.

Берне был известен по всем моторным главам МАП как один из наиболее грамотных испытателей двигателей, как выпускник двух наиболее престижных авиатехнических вузов, как воспитанник самого Бориса Сергеевича Стечкина и соратник Александра Александровича Микулина (с самых первых его газотурбинных двигателей), а также главных конструкторов Сергея Константиновича Туманского и Олега Николаевича Фаворского.

Он участвовал в послевоенном исследовании немецких ГТД, создании и испытаниях первых советских ГТД. Работал и дружил с Архимом Михайловичем Люлькой. И практически все газотурбинные двигатели, созданные в Лужниках, на "Союзе", прошли через его руки - и на земле, и на летающих лабораториях.

Удивительно целеустремлённый и верный выбранному делу и взятому слову человек. При всей его коммуникабельности и полном отсутствии заносчивости (что, вообще-то, никого бы не удивило - у человека такого уровня работы, связей и положения), он работал всю жизнь в одном ОКБ и сотрудничал в одном журнале. И этот журнал (когда последнему стало тяжело), не раздумывая особо, бросился спасать в начале этого тысячелетия, несмотря на возраст и занятость. И в этом - особенность его характера, известная всем, знакомым со Львом Павловичем. Он всегда умел находить правильные решения и доводить дело до победного конца, не останавливаясь и не сворачивая на полдороги.

Именно в этом качестве Берне корни известной истории, когда он, в качестве ведущего по испытаниям двигателя Р15Б-300 от завода-изготовителя, спас и двигатель, и единственную тогда летающую лабораторию Ту-16 ЛЛ, и двух Героев СССР лётчиков-испытателей Амет-Хан Султана и В.А. Комарова, да и себя самого с коллегой инженером-испытателем из ЛИИ, команду неожиданной "слепой" посадкой самолёта из заднего иллюминатора-блистера. А Герой СССР Амет-хан Султан этот самолёт посадил. Случай, достойный книги Гиннеса.

И весь цикл испытаний новой тогда машины Р-79 для уникального и до сих пор не превзойдённого Як-141 - сверхзвукового истребителя вертикального взлёта - дело рук и разума Льва Павловича. И не его вина, и тем более - не конструкторов самолёта и двигателя, что так и осталось всё недоведённым до ума: много чего поменялось в Отечестве нашем в это время. Но: "надо" означает у этого человека "сделаю".

И при этом - чрезвычайно интеллигентный, но удивительно упорный человек. И - никогда не боялся отстаивать свои убежде-



Главный редактор журнала "Двигатель" А.И. Бажанов и сотрудники журнала поздравляют Л.П. Берне с юбилеем

ния. Спорил даже с Микулиным, который совершенно не терпел возражений, особенно в принципиальных вопросах. И потому, неоднократно был ... отстранён от работ и даже уволен Александром Александровичем. Но - не больше, чем на полтора часа, за которыми - полное восстановление "status quo". И всё равно: спокойно и уверенно отстаивал свою правоту. И, в конце концов, всегда оказывался прав.

Ещё одно отличительное свойство Льва Павловича - отличная память. Это позволило нам узнать от первого лица о многих известных людях. Мы посчитали: с самого первого номера, им - индивидуально и в соавторстве - было напечатано в нашем журнале более десятка больших "серийных" статей, скорее даже журнальных повестей. Каждая в нескольких номерах. Это в немалой степени определило лицо нашего журнала. А на материале статей, посвящённых А.А. Микулину, в 2006 году была выпущена книга, где этот весьма талантливый конструктор и интересный человек представлен таким, каким его знали те, с кем он непосредственно работал. Книга за короткий срок выдержала уже второе издание.

А сколько интереснейших статей написано им в сборник "Созвездие", издаваемый АССАД! И всё - правда, и - не оторвёшься, пока не дочитаешь. Вот по какому материалу сценарии бы делать для примера и удовольствия будущих инженеров и конструкторов... А справочник по советским авиационным двигателям, коему он был инициатор и соавтор, стал основным документом для всех, кто интересуется отечественной авиатехникой, и базой для многих последователей и продолжателей работы в этом направлении.

В этом году нашей редакцией была выпущена новая книга Льва Павловича "Как всё начиналось". Это второе издание этой книги: первое промелькнуло лет пять назад, мгновенно став библио-графической редкостью. Новая книга почти вдвое превзошла предшественницу по объёму, оставаясь столь же информативной и захватывающей. Добавился целый ряд новых глав, огромное количество фотографий. Выпускалась книга по подписке на средства друзей-моторостроителей и самолётчиков. Предприятий, которые, собственно и стали героями этого совсем не традиционно-мемуарного труда. Интересно, очень лично, но в то же время - весьма объективно получилось.

На торжественном банкете по поводу своего юбилея, Лев Павлович поделился планами: к своему 100-летию ещё расширить объём этого издания. И пригласил всех присутствующих оценить результат через всего-то пять лет.

Как-то верится: и сделает, и выпустит. Нам бы только доверлось бы почитать... 

**С днём рождения, дорогой Лев Павлович!
Долгих Вам лет и крепкого Вам здоровья!
Великого уважения сослуживцев и коллег,
любви родных и близких!**

ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ АКАДЕМИКА В.П. ГЛУШКО

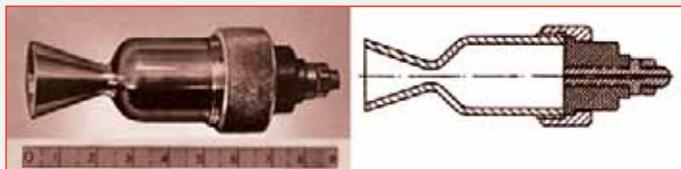
(К 110-Й ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Игорь Александрович Арбузов
Вячеслав Фёдорович Рахманин, канд. техн. наук
Владимир Сергеевич Судаков
Владимир Константинович Чванов, докт. техн. наук

Валентин Петрович Глушко родился 2 сентября 1908 года в Одессе. Он является одним из пионеров ракетно-космической техники, основоположником отечественного ракетного двигателестроения. Глушко - академик АН СССР, дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, дважды лауреат Государственной премии СССР, кавалер пяти орденов Ленина, Золотой медали К.Э.Циолковского АН СССР, почетный гражданин городов Казани, Калуги, Ленинска, Одессы, Приморска, Химок, Элисты.

Жизнь и деятельность В.П. Глушко - пример гражданского и научного подвига. Плеяда отечественных пионеров ракетной техники, начавших практические работы в области жидкостных ракет - Цандер, Королев, Тихонравов, Победоносцев - пришли в ракетную технику из авиации, уже имеющими опыт конструкторской работы. И только Глушко практически с подросткового возраста под влиянием произведений Жюль Верна, работ К.Э. Циолковского и переписки с ним определил основную цель жизни - осуществление межпланетных полетов. Вот слова юного Глушко, написанные им в письме Циолковскому в 1924 году: *"Относительно того, насколько я интересуюсь межпланетными сообщениями, я Вам скажу только то, что это является моим идеалом и целью моей жизни, которую я хочу посвятить для этого великого дела"*.

Глушко оставался верным этому обещанию всю свою творческую жизнь. Завершая в 1928 г. учебу в Ленинградском университете, он избрал темой дипломной работы проект космического корабля "Гелиоракетоплан" с электротермическим двигателем. Представленный весной 1929 г. в ленинградский филиал комитета по изобретениям проект двигателя получил положительные отзывы профессора Шулейкина из управления связи РККА и инженера-химика Тихомирова, начальника Газодинамической лаборатории (ГДЛ). Тихомиров предложил Глушко приступить к технической реализации проекта его двигателя, и с 15 мая 1929 г. Глушко стал штатным сотрудником ГДЛ. Под его техническим руководством небольшой коллектив конструкторов-исследователей вел разработку конструкции и экспериментальные испытания в лаборатории ленинградского Физико-технического института. В результате этих работ была получена работоспособная рабочая модель первого в мире электротермического ракетного двигателя.



Электротермический ракетный двигатель, разработанный В.П. Глушко в ГДЛ

В то же время эти работы показали, что нет реальной возможности обеспечить двигатель достаточным электропитанием ни на земле, ни, тем более, на борту космического аппарата. Идея создания электротермического двигателя опережала технические возможности, и работы были прекращены. Да и разработка двигателя для перемещения в космическом пространстве опережала естественный ход развития космической техники. Прежде, чем летать в космосе, необходимо было иметь двигатель, способный преодолеть силу земного притяжения. По такому двигателю имелись теоретические идеи в трудах Циолковского, хорошо известных Глушко. И он в начале 1930 года переключается на создание жидкостной ракетной техники.



В.П. Глушко в годы работы в РНИИ

На начальном этапе истории ракетостроения главной задачей при создании жидкостной ракеты являлось разработка конструкции двигателя, работоспособного в течение нескольких десятков секунд. И Глушко начинает с разработки лабораторных модельных ЖРД, получивших наименование ОРМ (опытный ракетный мотор), объединяющее все семейство двигателей, разрабатываемых Глушко в 30-х годах.

Первые же проведенные в нашей стране летом 1931 г. испытания ЖРД показали, что требуется тщательное изучение происходящих

в камере ОРМ физико-химических процессов. Научно-технические вопросы, возникающие при создании ЖРД, опережали уровень научных достижений начала 30-х годов XX века в термодинамике, теплопередаче, химической кинетике, металлургии, механике и ряде других наук. Необходимость обеспечения работоспособности камеры сгорания ЖРД при температуре горения топлива около 3000 °С в сочетании с давлением химически активной газовой среды в десятки атмосфер в течение нескольких десятков секунд требовала как создания новых расчетных методик, так и проведения натурных опытов.

Проведя первые исследовательские работы, Глушко особое внимание уделяет получению высокого значения удельного импульса тяги. В этих исследованиях он использует различные химические вещества: в качестве окислителя - жидкий кислород, азотный тетроксид, азотную кислоту, растворы азотного тетроксид в азотной кислоте, тетронитрометан, перекись водорода, хлорную кислоту; в качестве горючего - бензин, толуол, керосин, бериллий. Тогда же он предложил способы повышения эффективности топлив для ЖРД увеличением их плотности путем глубокого охлаждения и введением тяжелой инертной примеси, а также трехкомпонентное топливо - кислород с водородом и бериллием.

Как показало дальнейшее развитие ракетно-космической техники, особенно, когда она вышла на практическое создание боевых и космических ракетных комплексов, для России с ее высокоширотным расположением космодромов высокий удельный импульс имеет стратегическое значение. Российские ракеты могут быть конкурентоспособными с зарубежными только при высоких удельных импульсах маршевых двигателей.

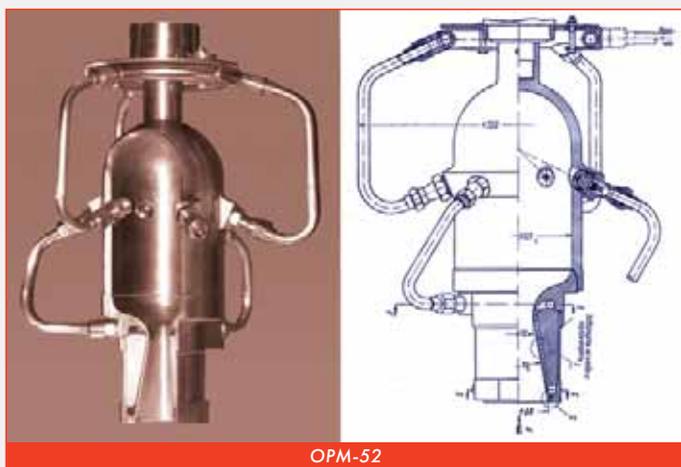
Различные компоненты топлива требовали применения различных способов зажигания при запуске. В своих исследованиях Глушко использовал как уже известные способы: воспламенение от электроискры или от электромостика накаливания, так и впервые им примененные: от пороховой шашки или химзажигание пусковым горючим. Последние два способа широко вошли в практику ракетостроения.

Следующим шагом к созданию ракетного двигателя стали поиски работоспособной конструкции камеры сгорания. Одной из первых работ стало определение эффективного экспоненциального профиля сверхзвуковой части сопла. До этого во всех известных теоретических работах рекомендовалось выполнять эту часть сопла конусной, различными предлагались только углы конусности.

Серия ОРМ, разработанных в 1931 г., предназначалась для проверки различных вариантов конструкции. Первые камеры ОРМ, по аналогии с пороховыми двигателями, не имели наружного охлаждения. Их работоспособность должно было обеспечивать теплозащитное покрытие. Из проверенного ряда покрытий наилучшие результаты показало керамическое покрытие из двуокиси циркония, нашедшее широкое применение в последующей практике ракетостроения. Однако ограничиться только теплозащитным покрытием не удалось, потребовалось введение дополнительного охлаждения. Примененное наружное оребрение стенки по типу воздушного охлаждения поршневых двигателей оказалось малоэффективным, пришлось оребренную стенку охлаждать потоком компонента топлива. Так в 1933 г. впервые появилась конструкция тракта регенеративного охлаждения камеры ЖРД, состоящая из оребренной внутренней и гладкой наружной стенок. В наиболее теплонапряженных участках камеры стенка имеет спиральное оребрение. Выбранная конструкция и места установки центробежных форсунок создавали дополнительное охлаждение стенки внутренней топливной завесой. Внутренне охлаждение также впервые было применено в отечественной конструкции камер ЖРД.

Результаты цикла испытаний камер однотипной конструкции на топливах азотная кислота + керосин и жидкий кислород + керосин показали лучшую работоспособность внутренней стенки камеры при работе на первом топливе. В этот же период было установлено, что среди высококипящих окислителей азотный тетроксид дает наиболее высокий удельный импульс тяги, но в связи с отсутствием его промышленного производства в СССР, дальнейшие работы проводились с азотной кислотой в качестве окислителя.

Кроме экспериментальных исследований Глушко выполнил ряд расчетно-проектных работ, которые не получили завершения изготовлением матчасти. Так, в 1932 г. были разработаны чертежи турбососного агрегата с центробежными насосами и приводом турбины газом, отбираемым из камеры сгорания, а также выполнен проект ракеты РЛА-100 (ракетный летательный аппарат с высотой подъема 100 км) с карданным подвесом ЖРД тягой 3 тс. Для стабилизации полета ракеты предусматривалась установка гироскопов. Особенности старта и управления полетом ракеты РЛА-100 предполагалось отработать при пусках экспериментальных малоразмерных ракет РЛА-1, РЛА-2 и РЛА-3 с двигателем ОРМ-52 тягой 300 кгс.

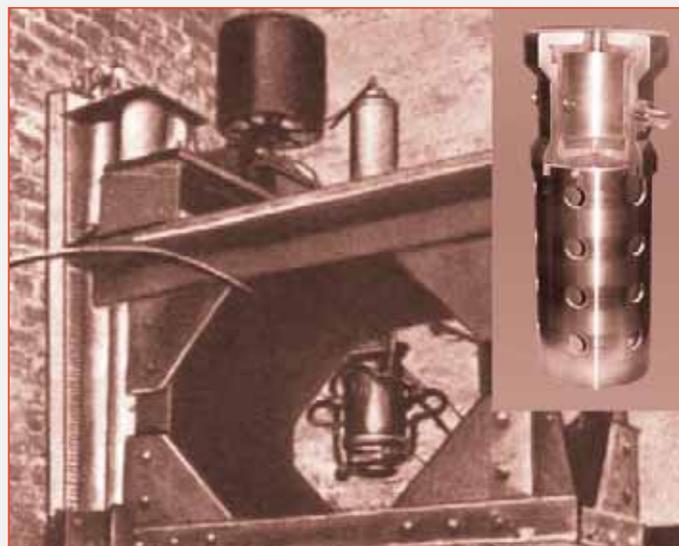


ОРМ-52

Этот двигатель, а также двигатель ОРМ-50 тягой 150 кгс, предназначенный для установки на ракету "05" конструкции ГИРД, прошли в 1933 г. первые в СССР официальные статочные огневые испытания под контролем межведомственной комиссии с выпуском соответствующего акта.

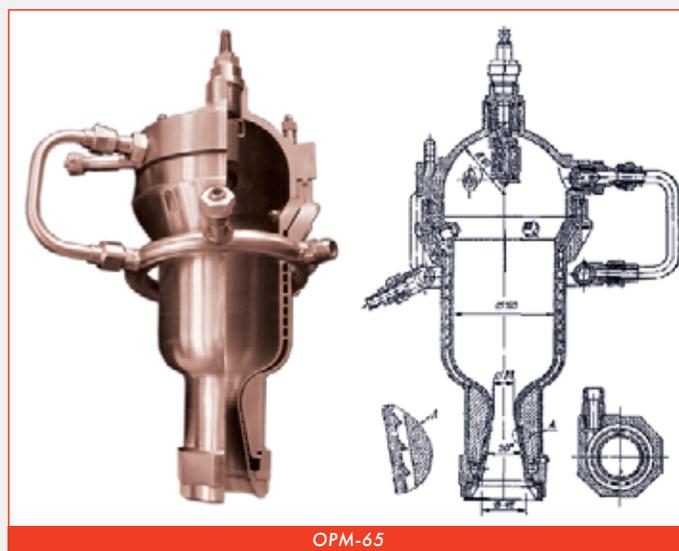
Значительным событием в развитии ракетостроения в нашей стране стала организация в октябре 1933 г. первого в мире Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ) путем объединения творческих коллективов ГДЛ и ГИРД. В РНИИ Глушко возглавил сектор по разработке ЖРД на азотнокислотном топливе.

За время работы в РНИИ с января 1934 г. по март 1938 г. под



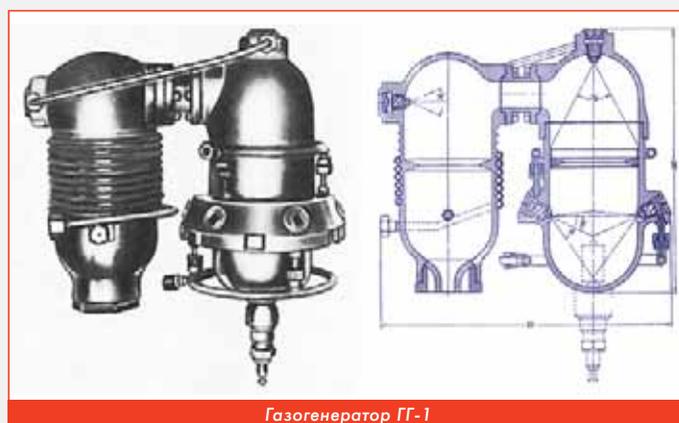
ОРМ-50 и стенд для его испытаний

руководством Глушко была спроектирована серия двигателей от ОРМ-53 до ОРМ-102, из них наибольшую известность получил ОРМ-65 с регулируемой тягой от 50 до 175 кгс, давлением газов в камере сгорания 24 атм, удельным импульсом тяги 210 сек. Этот двигатель предназначался для крылатой ракеты "212" и ракетоплана РП-318 конструкции Королева. Двигатель обладал высокой работоспособностью: один экземпляр ОРМ-65 отработал на стенде около 50 пусков при суммарной наработке более 30 минут.



ОРМ-65

В этот же период под руководством Глушко были разработаны и испытаны первые в стране газогенераторы ГГ-1 и ГГ-2, работающие на азотной кислоте и керосине с балластировкой водой. Длительность испытания газогенератора определялась емкостью стеновых баков, суммарное время работы ГГ-1 составило около 2-х часов.



Газогенератор ГГ-1

Кроме выполнения конструкторских работ, Глушко успешно ведет изобретательскую деятельность, получает свидетельства об изобретениях, а также публикует ряд статей в сборнике "Ракетная техника", читает лекции в Военно-воздушной инженерной академии, выступает с докладами на внутриинститутских и всесоюзных конференциях, вместе с Лангемаком пишет книгу "Ракеты, их устройство и применение".

В сентябре 1937 г. Глушко исполнилось 29 лет, из них 8 лет он успешно занимается любимым делом, с каждым годом он все глубже постигает особенности создания ЖРД. В конце 1937 - начале 1938 года им были разработаны ОРМ-101 и -102, отличающиеся от предыдущих разработок функциональным совершенством и конструктивным изяществом. И в это время произошел резкий поворот в его жизни. В марте 1938 г. по ложному обвинению в участии в антисоветской организации Глушко был арестован.



В процессе следствия он был подвергнут физическому и моральному насилию и вынужден был признать сфабрикованные следователем обвинения. Его обращения к Вышинскому, Ежову, Берия, Сталину с просьбами объективно рассмотреть его дело не дали положительного результата и 15 августа 1939 г. Особое совещание при НКВД вынесло приговор - 8 лет в исправительно-трудовом лагере. Однако, как специалист в области оборонной промышленности, Глушко был направлен в спецтюрьму 4-го Спецотдела НКВД. В начале это была спецтюрьма при Тушинском авиазаводе, где Глушко разработал чертежи газогенератора ГГ-3, а затем, на базе ОРМ-65, ракетный ускоритель для самолетов С-100 и Сталь-7, позволяющий увеличить скорости полета на 80 и 160 км/ч. Для дальнейшей разработки ускорителей для авиации Глушко осенью 1940 г. был переведен в спецтюрьму при казанском авиадвигательном заводе.

В Казани Глушко во главе группы заключенных инженеров и техников ведет разработку двигателя РД-1, работающего на топливе азотная кислота и керосин. В начале 1942 г. группа реорганизуется в КБ в составе ОКБ-16 4-го Спецотдела НКВД. В КБ под техническим руководством Глушко работают также заключенные профессор Жирицкий, Страхович, Гаврилов, Пазухин, инженеры Севрук, Витка, Лист, Уманский, Желтухин, Шнякин и др. В августе 1942 г. Казанскую спецтюрьму посетили В.М. Болховитинов и А.М. Исаев. По воспоминаниям Исаева, именно это знакомство с Глушко и его работами окончательно убедило Исаева в возможности создания ЖРД, и он принял решение посвятить этому делу всю свою жизнь.

В ноябре 1942 г. по ходатайству Глушко в Казань из Омска был переведен также находящийся в заключении Королев, которому поручили возглавить работы по интеграции двигателя РД-1 с самолетом Пе-2. Летные испытания Пе-2 с двигателем РД-1 начались 1 октября 1943 г. Главной сложностью при летных испытаниях являлась отработка зажигания топлива на высотах более 3,5 км. Проблема была решена введением химзажигания от пускового горючего. Двигатель в таком исполнении получил обозначение РД-1ХЗ.

Двигатели РД-1 и РД-1ХЗ прошли цикл летных испытаний на истребителях Ла-7, Як-3, Су-7 и бомбардировщике Пе-2. Максимальное прибавление скорости у самолета Як-3 составило 182 км/ч.



Жидкостный ракетный двигатель РД-1ХЗ на самолете Ла-7Р

Достигнутые успехи в разработке военной техники были высоко оценены: 27 июля 1944 г. по представлению НКВД Глушко и его ближайшие сотрудники - Севрук, Жирицкий, Королев, Лист, Витка и другие были досрочно освобождены со снятием судимости. Бывшие заключенные составили творческое ядро вновь организованного ОКБ реактивных двигателей во главе с главным конструктором Глушко и его заместителями Севруком, Жирицким и Королевым. В сентябре 1945 г. руководящий состав ОКБ-РД за разработку военной техники получил государственные награды: Глушко и Севрук - ордена Трудового Красного Знамени, остальные - Витка, Королев, Лист, Шнякин ордена "Знак Почета".

После окончания Великой Отечественной войны советские инженеры направлялись в Германию для изучения трофейной военной техники. Глушко с инженерами ОКБ-РД выехал в Германию в июле 1945 г. и с небольшими перерывами находился в командировке до ноября 1946 г. За это время сотрудники ОКБ-РД разыскали конструкторскую и технологическую документацию, а также технологическую оснастку для производства двигателей ракеты А-4, отладили огневой стенд для испытаний камер этого двигателя и получили опыт практической работы на стенде, обнаружили несколько полностью собранных двигателей и ряд разрозненных узлов и агрегатов, пригодных для сборки еще нескольких двигателей. Этими работами руководил Глушко, возглавивший в Особой правительственной комиссии отдел по жидкостным двигателям.

Обобщая опыт и состояние дел с разработкой ракетной техники в Германии, Глушко направил две докладные записки: председателю Особой правительственной комиссии Гайдукову 23 ноября 1945 г. и министру вооружений Устинову 31 мая 1946 г. В них он изложил программу создания в СССР ракетной промышленности, а также предложил свою кандидатуру на должность главного конструктора ОКБ ракетных двигателей с подчинением опытного завода по производству этих двигателей. Многие из предложенного Глушко вошло в Постановление СМ СССР от 13 мая 1946 г. и ряд последующих постановлений.

В июле 1946 г. Глушко был назначен главным конструктором ОКБ при авиационном заводе № 456 в г. Химки. Туда же перевели из Казани коллектив ОКБ-РД. Вновь организованное предприятие получило задание воспроизвести из отечественных материалов двигатель ракеты А-4 и создать техническую основу для проектирования новых двигателей. Работая в сложных бытовых условиях, коллективы ОКБ и завода успешно справились с поставленной задачей: в мае 1948 г. на вновь построенном огневом стенде в Химках провели первое огневое испытание первого экземпляра двигателя РД-100. В течение 3-х лет: с 1948 по 1951 годы был разработан форсированный по тяге с 26 до 37 тс двигатель РД-101. Следующий форсированный по тяге до 44 тс двигатель РД-103 обеспечил даль-

ность полета ракеты Р-5 до 1200 км. Надежность этой ракеты позволила установить на нее ядерную боеголовку. За эту разработку ОКБ-456 в апреле 1956 г. было награждено орденом Трудового Красного Знамени, Глушко удостоен звания Героя Социалистического Труда, ряд работников ОКБ и завода получили государственные награды.

Успешное создание ракеты Р-5 позволило поставить перед ее разработчиками задачу о создании межконтинентальной боевой ракеты с ядерной боеголовкой. Разработку двигателей для такой ракеты поручили ОКБ Глушко. К этому времени в ОКБ-456 была разработана конструкция паяно-сварной камеры сгорания, способная надежно работать при больших давлениях и обеспечивать любую тягу в пределах технической целесообразности. С поставленной задачей коллективы ОКБ и завода успешно справились. 15 мая 1957 г., через 3 года после получения техзадания на разработку двигателя, состоялся первый пуск ракеты Р-7, в августе того же года - первое успешное летное испытание, а 4 октября 1957 г. - этой же ракетой на околоземную орбиту выведен первый искусственный спутник Земли. За успешную разработку двигателей ракеты Р-7 Глушко был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

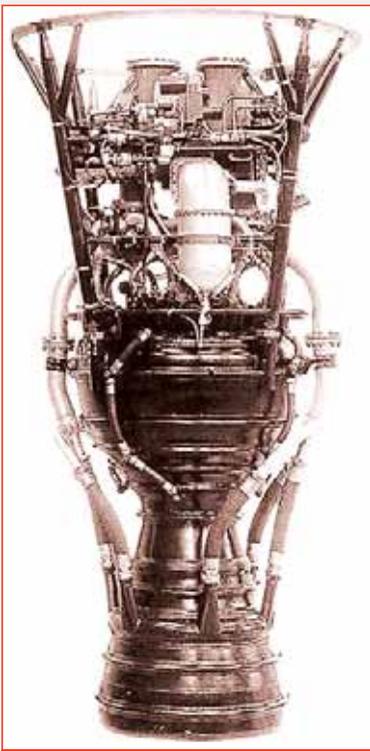
За выдающийся научно-технический вклад в теорию и практику отечественного двигателестроения Глушко в 1958 г. избирается действительным членом Академии наук СССР.

В 1961 г. за заслуги в создании образцов космической техники, обеспечившей полет Гагарина, ему вторично присвоено звание Героя Социалистического Труда, ОКБ-456 награждено орденом Ленина, работники ОКБ и завода получили государственные награды.



А.Г. Николаев, Г.С. Титов, В.П. Глушко, П.Р. Попович, Ю.А. Гагарин

С запуска первого спутника в истории человечества началась космическая эра, а в нашей стране - бурное развитие ракетостроения. Усложнение задач в области космических исследований потребовало создания более мощных ракет-носителей. Руководством ОКБ-52 во время разработки баллистической ракеты УР-200 было принято решение о создании на ее основе тяжелой ракеты УР-500, которая в пять раз превышала бы по грузоподъемности исходную ракету. В 1961 году после посещения ОКБ-456 генеральным конструктором ОКБ-52 В.Н. Челомеем, конструкторы химкинского



РД-103

предприятия во главе с Глушко приступили к созданию двигателя для первой ступени этой ракеты. Он получил обозначение РД-253.

Основная идея Глушко заключалась в создании мощного однокамерного двигателя с тягой не менее 100 тс, работающего по схеме с дожиганием генераторного газа. Это позволяло поднять давление в камере сгорания до 150 атм и обеспечить на компонентах азотный тетроксид + несимметричный диметилгидразин удельный импульс тяги у Земли не менее 285 кгс·с/кг. Поскольку новый двигатель не имел карданного подвеса, было решено построить двигательную установку первой ступени из четырех неподвижных ЖРД разработки ОКБ-456 в центре и четырех качающихся РД-0204 разработки воронежского ОКБ-154, которые должны были обеспечить управление ракетой.

Однако позже по предложению Челомея Глушко изменил конструкцию двигателя, перекомпоновал его и установив узел подвеса для управления вектором тяги. Таким образом поменялась концепция первой ступени УР-500: теперь на ней стояли шесть качающихся РД-253. Это позволило увеличить тягу двигательной установки на 12,5 %.

Летные испытания УР-500 проводились с 1965 по 1966 годы. Во время четырех пусков на орбиту было выведено три тяжелых спутника серии "Протон". Двигатели РД-253 отработали без замечаний.



РД-253 на первой ступени УР-500

Использование топливной пары "АТ + НДМГ" было применено Глушко при разработке двигателей первой и второй ступеней для нового боевого ракетного комплекса Р-36. Это позволило значительно увеличить удельный импульс тяги и обеспечило высокую полноту сгорания топлива. На первой ступени ракеты был установлен

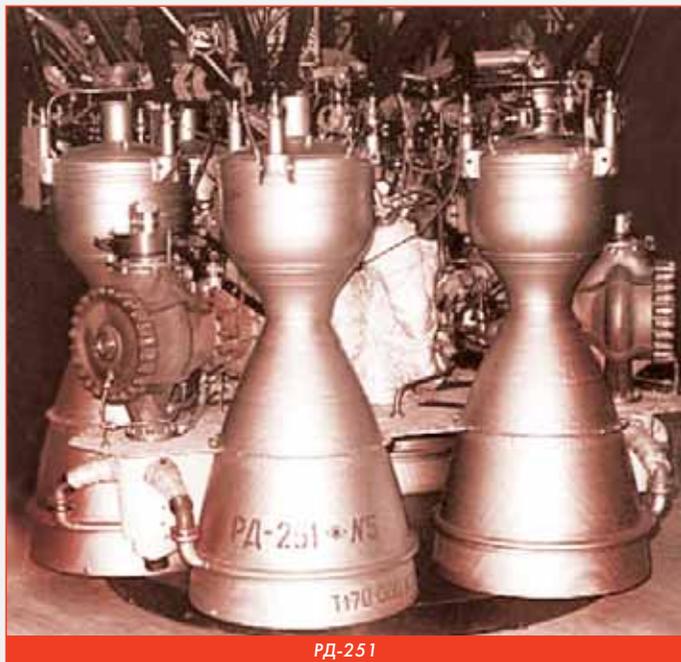


Р-36

РД-251, состоявший из трех двухкамерных блоков РД-250, а на второй - РД-252, по своей конструкции аналогичный двухкамерному двигателю первой ступени. Съемный хвостовой отсек значительно повысил технологичность конструкции. На корпусе хвостового отсека расположен турбонасосный агрегат рулевого двигателя. Здесь же смонтированы магистрали питания и автоматика управления. В полете каждая камера поворачивается только в одной плоскости.

Работы по Р-36 шли ускоренными темпами. Хотя двигатели еще не прошли весь цикл огневых испытаний, конструкторскую докумен-

тацию передали на серийный завод Южмаш, чтобы сократить время начала серийных поставок двигателей для сборки ракет. Неожиданно при огневых испытаниях на стендах в Днепропетровске в некоторых случаях стала возникать высокочастотная неустойчивость в камерах сгорания двигателей, что приводило к их разрушению. Для устранения проблемы подключились сотрудники отраслевых институтов. Решение нашли в самом ОКБ-456: путём введения дополнительного сопротивления в гидравлический тракт камер двигателя РД-250 и нанесения термостойкого керамического покрытия на внутреннюю стенку сопла камеры РД-252 удалось исключить появление высокочастотной неустойчивости. Боевой ракетный комплекс Р-36 был принят на вооружение в июле 1967 года.



РД-251

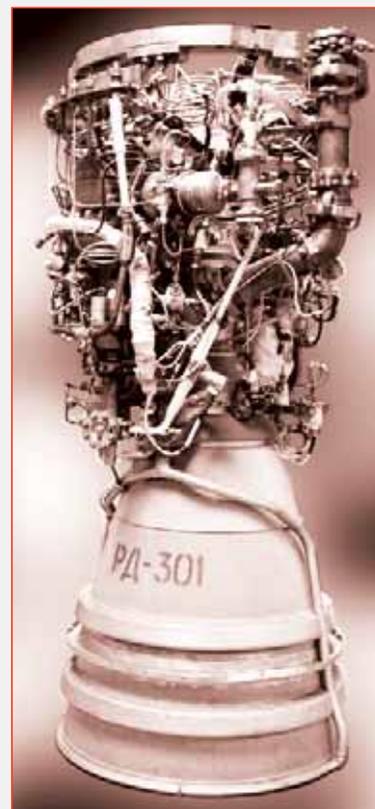
Следующая разработка КБЭМ под руководством Глушко - двигатели для семейства ракет, получивших по классификации НАТО наименование "Сатана". За разработку двигателей предприятие было награждено орденом Октябрьской революции, зам. главного конструктора В.П. Радовский удостоен звания Героя Социалистического Труда, многие работники получили государственные награды.

С 1946 до 1974 г., когда Глушко был назначен генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", под его руководством в Энергомаше разработаны и сданы в эксплуатацию высокоэффективные двигатели, установленные на 19 боевых ракетах, причем на семи из них на I и II ступенях, и на 15 космических ракетах, из них на девяти на I и II ступенях.

Все двигатели объединяет единая характеристика - предельно высокая экономичность. И в то же время каждый двигатель имел элементы новизны. Это и камера сгорания, имеющая все силовые детали из титанового сплава, и полученный удельный импульс тяги в 352 с, рекордный для ЖРД открытой схемы, и однокомпонентный газогенератор, работающий на термическом разложении НДМГ, и пусковые бачки для запуска двигателя, и "пушечный" запуск кислородного двигателя в шахте, и бесстартерный запуск двигателя, и качающиеся основные камеры маршевого двигателя, и весь качающийся двигатель, и сферическая форма силовой оболочки 2-х компонентного газогенератора, и модульная компоновка двигательной установки I ступени, и компоновка двигателей в 2-х камерном и 4-х камерном вариантах, и применение в качестве окислителя азотного тетроксидов и жидкого фтора, а в качестве горючего - соответственно НДМГ и аммиака. Много проектных разработок осталось невостребованными.

Что касается ракетного топлива, то, как уже говорилось, Глушко с первых лет работы по жидкостной ракетной тематике уделял большое внимание подбору эффективного топлива, это

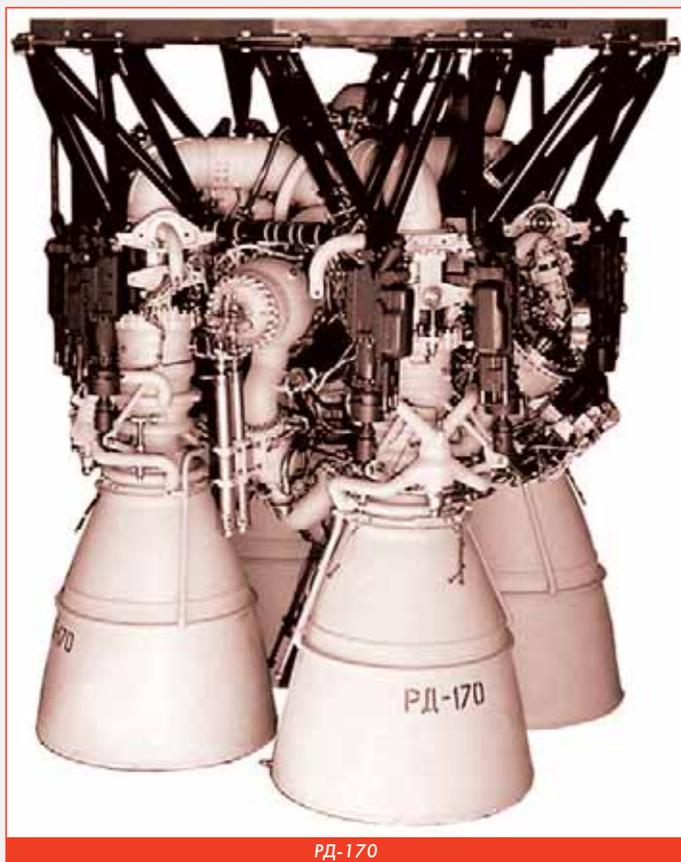
было одно из научных направлений его деятельности. Он не замыкался на использовании одного топлива, даже имеющего хорошие энергетические характеристики. При выборе топлива Глушко тесно увязывал потенциальную энергию, удельную массу и эксплуатационные свойства химических веществ. В середине 70-х годов, став генеральным конструктором и директором НПО "Энергия", Глушко принял решение использовать на второй ступени ракеты "Энергия" двигатель, работающей на водородном горючем. Известно, что в течение 30 - 50-х гг. Глушко был солидарен с мнением Циолковского, который еще в 1933 г. в работе "Топливо для ракеты" так охарактеризовал применение водорода: "Водород не годен по малой плотности и трудности хранения в жидком виде". Однако научно-технические достижения последующих лет позволили пересмотреть отрицательное отношение к использованию водорода, и Глушко стал первым отечественным ракетчиком, создавшим ракету на водородном горючем.



Двигатель РД-301, работающий на жидком фторе и аммиаке

Все годы развитие ракетной техники шло по пути повышения технических характеристик ракет для решения новых, более сложных научно-технических задач, а это вело к большим финансовым и временным затратам. И одной из наиболее затратных статей в плане создания ракеты является разработка двигателей. Анализ отечественной истории создания ракет показал, что практически для каждой новой ракеты разрабатывается новый двигатель со всеми вытекающими из этого затратами. Сделав такой анализ, Глушко в конце 60-х годов разработал программу создания последовательного ряда космических ракет, основанного на количестве устанавливаемых модульных двигателей. Так, ракеты легкого класса имеют на I ступени 1 модульный двигатель, среднего класса - 2 - 3 двигателя, тяжелого класса - 4 и более двигателей. Единоразово отработанный на стенде и в лете модульный двигатель потом с минимальными переделками и контрольными испытаниями используется на новой космической ракете.

Он предложил применить на практике разработанный им принцип создания ряда космических ракет с использованием унифицированного модульного двигателя. В 1974 г. эта программа была принята, для ее осуществления было организовано НПО "Энергия", куда вошли ЦКБЭМ и КБЭМ с заводами и филиалами. Этот принцип удалось реализовать при создании ракеты-носителя тяжелого класса "Энергия" и легкого класса "Зенит", на первых ступенях которых были установлены соответственно четыре двигателя РД-170 и один двигатель РД-171. В 1976 г. на нашем предприятии началась разработка двигателей для РН "Энергия" и "Зенит". Это были двигатели нового поколения, они должны были в первую очередь удовлетворять требованиям по обеспечению пятикратного запаса по ресурсу и числу включения сверхполетного ресурса двигателя. Это означало, что с учетом двух контрольно-технологических испытаний (основного и резервного) каждый двигатель должен иметь семикратный запас по ресурсу и числу включений без съема его со стенда. Была создана система технического диагностирования по данным измерения параметров и



RD-170

неразрушающих методов контроля, разработана методика меж-пусковой обработки для создания условий последующего запуска без разборки двигателя. Идея создания этих двигателей принадлежит Глушко. Разработаны они были под непосредственным техническим руководством В.П. Радовского. Разработать эти двигатели нам помогли десятки научных организаций и промышленных предприятий. Были и сомневающиеся в возможности вообще создания ЖРД на такие параметры. Но двигатели были созданы, и тяжелейшая работа увенчалась успехом: сначала в апреле 1985 г. прошло первое летное испытание РН "Зенит", а затем первая ступень этой ракеты, являющаяся по технической сути блоком "А" ракеты-носителя "Энергия", успешно отработала при двух полетах РН "Энергия" в мае 1987 г. и ноябре 1988 г.

Создание РН "Энергия" и "Зенит" должно было стать началом разработки последующего ряда космических ракет. В планах НПО "Энергия" стояла разработка ракеты среднего класса "Гроза" с двумя двигателями RD-170, а также сверхтяжелого класса "Вулкан" с восемью двигателями RD-170. Велась также проектная разработка для будущих исследований Луны и планет Солнечной системы.

Валентин Петрович Глушко скончался 10 января 1989 г. Его детище - универсальная ракетно-космическая система "Энергия-Буран" - без своего создателя больше полетов не совершала.

Однако научно-технический вклад Глушко в отечественное ракетное двигателестроение нашел свое применение и после его смерти. Основные положения созданной Глушко конструкторской школы воплощаются в разработках последующих двигателей.

Какие же основные проблемы решались для обеспечения надежности работы агрегатов высокотемпературных окислительных трактов? Основными составляющими этой задачи являлись создание конструкции газогенератора с приемлемым уровнем неравномерности температурного поля высокотемпературного газа (не более 5%), возможностью глубокого дросселирования и обеспечением устойчивости процесса горения; определение требований к материалам, применяемым в высокотемпературных окислительных трактах и разработка технологии защитных покрытий жаропрочных материалов, обеспечивающих надежную работу элементов газовых трактов. В последние годы получены значительные достижения в области защиты газовых трактов ЖРД. До-



Валентин Петрович Глушко

казана возможность установки на входе в двигатели фильтров с ячейкой 80 мкм, не пропускающих частицы опасного для возгорания размера (более 100 мкм). Такие фильтры уже внедрены на ЖРД RD-181, ведутся работы по установке фильтров с такой ячейкой на ЖРД для РН "Ангара" и "Союз 5". Внедрение фильтров с ячейкой 80 мкм позволит существенно упростить требования к теплозащитным покрытиям лопаток турбины и элементов газового тракта или вообще отказаться от теплозащитных покрытий.

Совершенная конструкция и выдающиеся технические характеристики двигателя RD-170 стали базовой основой для создания унифицированного ряда ЖРД на компонентах кислород-керосин. Новые двигатели этого ряда можно создавать в минимальные сроки и с наименьшими затратами для любых перспективных ракет-носителей.

Из разработанного в НПО Энергомаш ряда двигателей четыре находятся в эксплуатации в составе РН "Зенит", "Атлас", "Ангара", "Антарес", один прошел летные испытания в составе южнокорейской РН KSLV-1, другие могут быть использованы в составе РН "Союз", "Союз-5", МРКС-1 и других.

Высокие энергетические и эксплуатационные характеристики двигателей НПО Энергомаш определили их востребованность на международном рынке. Немаловажную роль сыграла высокая техническая эрудиция действующих специалистов школы В.П. Глушко.

Наряду с новыми разработками велось усовершенствование ранее разработанных двигателей, находящихся в эксплуатации. Так, были модернизированы двигатели для космических РН "Союз" и "Протон".

Сегодня перспективы российской космической программы во многом определяются двигателями НПО Энергомаш. Правительство России приняло концепцию развития пилотируемой космонавтики России, в которой, в частности, определена новая роль РН "Союз 5" среднего класса, которая будет использоваться для пилотируемых миссий и станет основой для отечественной ракеты-носителя сверхтяжелого класса для дальнейших программ по исследованию дальнего космоса. РН "Союз 5" должна полететь уже в 2022 году. Выполнение этих задач в заданные сроки возможно только с использованием модернизированных двигателей RD171MB с учетом последних достижений по обеспечению надежности и технологичности. ЖРД RD171MB должен соответствовать требованиям к пилотируемым полетам. НПО Энергомаш готов к созданию новых ЖРД.

Техническое наследие Глушко продолжает эффективно использоваться в конструкции реальных двигателей нашего времени. **П**



РН "Ангара-5"

МОТОРЫ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ

Игорь Викторович Ниппард,
Главный конструктор ООО "УРАРТУ"

Эта тема мне очень близка. В данной отрасли я проработал более 40 лет. Начал заниматься профессионально поршневыми двигателями после окончания в 1972г. Куйбышевского Авиационного Института, работая в конструкторском бюро Моторостроительного завода. Последняя должность зам. Главного конструктора ПАО "КУЗНЕЦОВ", ОДК. В настоящее время – Главный конструктор ООО "УРАРТУ".

К 70-летию победы в Великой Отечественной Войне иници-



ативная группа предложила восстановить штурмовик ИЛ-2, выпускавшийся в нашем городе. **Самолёт Ил-2 на постаменте**

Мне, как главному специалисту, повезло участвовать в восстановлении мотора АМ 38, который производился на нашем



АМ 38-ФЗ -
Главного конструктора А. А. Микулина

заводе во время войны. Тем более, что мои родители в то время работали на этом заводе.

В годы войны завод №24 выпускал 50 моторов в сутки! Было изготовлено более 45000 моторов! Поисковики из болот Ленинградской области подняли два сбитых штурмовика. Те, что лежали на земле, собирали в металлолом. Из подбитых моторов, которые пролежали все эти годы в болоте, собрать работающий было невозможно. Документация на АМ 38 не сохранилась. Было принято решение найти ему замену. Такой мотор нашли, он великолепно вписывался в подкапотное пространство штурмовика ИЛ-2 и по силовой схеме был очень похож на АМ 38. Это был ...



Двигатель В92-С2
танка Т90!

двигатель В92-С2 танка Т90! Я стал изучать историю его создания. Оказалось, что в 30-е годы на танки устанавливали авиационные моторы М-17, М-17Т. А танковый дизель В-2 танка Т-34 (этот двигатель - "дедушка" В92-С2), это, по сути "наземный вариант" авиадизеля АЧ-30-Б А.Д. Чаромского, главного конструктора отдела Нефтяных двигателей ЦИАМ им. П.И. Баранова. Именно эта технологическая наследственность и позволила нам использовать двигатель Т-90 для Ил-2.

Это обстоятельство определило некоторые конструктивные особенности дизеля, нехарактерные для двигателей сухопутных машин, и обусловило весьма высокое техническое совершенство двигателя. Среди них:

- облегчённая конструкция с широким использованием лёгких сплавов (впрочем, в середине войны из-за недостатка алюминия

пришлось на время заменить силумин чугуном);

- верхнее расположение распределительных валов, по два в каждой головке двигателя;
- 4 клапана на цилиндр;
- сухой картер;
- непосредственный впрыск топлива, струйное смесеобразование;
- привод всех агрегатов и систем двигателя посредством конических зубчатых передач и промежуточных наклонных валов;
- использование стальных шпилек в качестве основного силового элемента для стягивания головки, блока цилиндров и картера (как на М-34 и всех его последующих модификациях, разработки А.А. Микулина).

Мотор АН-1 проходил испытания на самолёте. Однако, довести его мощность (1000-1500 л.с.) даже путём применения наддува не удалось и конструкция двигателя была откорректирована для установки на танки в модификации В-2. На самолёты (Ер-2 и Пе-8) ставилась его доработанная версия - АЧ-30Б и его модификации.



Танковый дизель В-2
конструктора А.Д. Чаромского. Рабочий объём 61,07л.

Высочайший потенциал, заложенный в двигатель В-2, использовался танкостроителями и кораблестроителями (последними - для скоростных судов "Заря", "Ракета", "Восход", "Метеор" и некоторых других) последние 80 лет, конструкция совершенствовалась, отрабатывались технологические процессы, формировалась психология и техническая культура рабочих и ИТР.

С другой стороны - в конце 40-х, начале 50-х годов разработка новых и авиационных поршневых авиационных моторов прекратилось, их вытеснили ГТД со всеми их плюсами и минусами. Последние из двигателей этого типа АШ-62 выпускались Воронежским авиадвигательным предприятием до недавнего времени. Сейчас развитие и этой ветви приостановлено.

Наши российские условия эксплуатации самолётов имеют свою специфику, отличающуюся от европейских и американских. По большому счёту, это:

- отсутствие авиационного бензина, что не позволяет широко применять поршневые бензиновые двигатели.
- диапазон эксплуатационных температур -50°С ... +50°С;
- полное отсутствие сети небольших аэродромов с искусственным покрытием. Это приводит к тому, что самолёты вынуждены базироваться на неподготовленных, либо слабо подготовленных площадках с низкой прочностью грунта (не более 2,5 кг/см²), с травяной растительностью.

Последнее обстоятельство, в свою очередь, приводит к необходимости иметь на самолёте большой зазор между поверхностью аэродрома и концом лопасти воздушного винта и применением колёса большого диаметра и ширины. К тому же, сопротивление качению самолёта по грунту очень высоко (в три-пять раз выше, чем на асфальтобетонной ВПП). Это требует высокой стартовой тяговооружённости, что обеспечивается применением силовой установки с большим диаметром воздушного винта (не менее 2500 мм).

Мировая тенденция развития - применение в лёгкомоторной авиации небольшого радиуса действия дизельных моторов в составе силовых установок - в том числе, для беспилотных и пилотируемых ЛА.

Европейские авиационные дизельные моторы:

Франция -	SR305-230E	Ne = 230 лс.
Австрия -	AE-300	Ne = 170 лс.
Италия -	TDA Cr 1.9	Ne = 165 лс.
Германия -	Centurion 4.0	Ne = 350 лс.
	RED - A03	Ne = 500лс.

Цена данных моторов ~ 100 ... 200 тысяч \$.

Существенно отсутствие за рубежом авиационных поршневых двигателей мощности более 500 л.с., в то время, как потребляемая мощность самолёта класса АН-2 или ИЛ-14 - не менее 1000 л.с. Взлётная (кратковременная) мощность двигателя В92С2 - 1400 л.с.

Есть основания считать, что авиационные перевозки в России будут развиваться компаниями по аналогии с грузовыми и пассажирскими перевозками автомобильным транспортом.

Решающим фактором для бизнеса являются затраты на работы транспортного средства: его цена и эксплуатационные расходы. Надо отметить, что себестоимость отечественного дизеля и его обслуживание примерно в 10 раз ниже ГТД. При этом возможно внеаэродромное базирование, а расходы на доступное топливо и масла ниже в 2...3 раза. Значительная масса дизеля в сравнении с ГТД компенсируется его экономичностью с учётом 5...6 часового запаса топлива (в оба конца полёта).

Приёмистость поршневого ДВС, время выхода на рабочий режим значительно лучше, время перехода с режима на режим меньше, чем у ГТД. Это позволяет взлетать с малых площадок, опылать поля с малыми радиусами разворота.

Расход воздуха у поршневого ДВС значительно ниже, чем у ГТД и воздухозаборник расположен в мотоотсеке. Это создаёт возможность использования засоренных взлётно-посадочных полос.

Для дизелей такого рода существенны высокая ремонтная пригодность. Прежде всего это связано с тем, что они серийно выпускаемы, это отечественный дизель. Ремонтные подразделения этих моторов имеются во всех бронетанковых частях России и отслужившие в армии специалисты могут обслуживать данный вид техники. К тому же, эти моторы полностью адаптированы к нашим климатическим условиям по температуре работы: - 50°С...+50°С. и их рабочие ГСМ, керосин, дизельное топливо, масла - весьма доступны.

Условия эксплуатации двигателя на самолёте с приводом воздушного винта в сравнении с передачей на гусеницы танка при движении по пересечённой местности, с динамическими нагрузками на мотор значительно мягче, чем в танке. Это позволит снизить его массу. Кроме того танк может достаточно долго ехать по кособогу и масло в картере стекает в нижнюю точку, а самолёт в основном летит как мотоцикл по вертикальной стене, масло всегда на дне картера. Транспортная авиация резких эволюций в воздухе не совершает.

Авиационный двигатель - чрезвычайно наукоёмкая продукция. Стоимость разработки абсолютно нового поршневого двигателя по оценке немецких специалистов превышает сумму 50 000 000 евро при 5 годах напряжённой работы. И это, не считая ещё подготовки бригады разработчиков и наработки научно-технического задела (что необходимо, поскольку тема слишком долго была заброшенной). Удлиняет время выпуска продукции и подготовка серийного производства. А это - разработка технологических процессов, закупка оборудования, проектирование и изготовление инструмента и оснастки литейной, штамповочной, для металлорежущих и контрольных операций, создание испытательных стендов. Стоимость этих

работ на порядок превысит стоимость разработки и может окупиться лишь при хорошей серийности производства. Но после этого неизбежно начинаются "детские" болезни двигателя, которые надо понять и укротить, должна пройти технологическая отладка, работники - получить профессиональные навыки - для этого нужно выпустить несколько сотен моторов - в чём заверяю вас как человек с 40-летним стажем в области проектирования и производства поршневых двигателей.

Следует помнить, что ЧТЗ на протяжении всего послевоенного периода не прекращал работу с поршневыми двигателями. Хороший опыт проектирования и производства дизелей для БМП и БМД мощностью до 500 л.с. накоплен на ОАО "Барнаултрансмаш". Чтобы создать такой поршень или поршневое кольцо как на В92С2 нужен опыт многих поколений. Увеличить выпуск хорошо отлаженной продукции с незначительными доработками намного проще, быстрее и дешевле, чем создавать всё с чистого листа. Использовать знания и производственную базу данных предприятий для создания авиационных дизелей - задача огромной государственной важности!

В развитых странах в нижнем воздушном пространстве сосредоточено более 85% воздушного флота, который используется как наиболее дешёвый транспорт (!), особенно при доставке людей и грузов в малонаселённые и труднодоступные районы. В США летает около 300 тысяч ВС, там более 600 тысяч частных пилотов, используется примерно 5.400 взлётно-посадочных полос и площадок и только 580 аэродромов для самолетов рейсовой авиации. Из 300.000 самолетов АОН (малой авиации) в США личных самолетов 68%, бизнес-самолетов 17%, учебных 8%, корпоративных 5%, аэротакси 2%.

Во всем мире частный самолет давно превратился из мечты в комфортное воздушное средство передвижения, а малая авиация в целом - в достаточно рентабельную отрасль. Лишь в США ежегодный объем налоговых сборов в этой сфере составляет около 4 млрд. долларов, а годовой оборот по рынку малой авиации около 50 млрд. долларов. Число рабочих мест, задействованных в авиационной отрасли, составляет более 500 000 человек. В мире в рамках всех воздушных судов гражданской авиации 89 процентов работают суда малой авиации, 80 процентов пилотов выполняют полеты на летательных аппаратах малой авиации.

Для всех крупных стран мира прирост ВВП от развития и использования этой авиации значительно выше, чем от транспортных и авиастроительных проектов, связанных с дальними перевозками. Нынешняя ёмкость этого рынка оценивается в полмиллиарда долларов, а услуги по его обслуживанию составляют около сотни миллионов.

В нашей стране, по данным Министерства транспорта РФ, авиация общего назначения насчитывает ...не более 10.000 единиц.

Полагаю, было бы рационально организовать кластер регионального авиастроения. Примерно так, как это было сделано в первые месяцы Великой Отечественной Войны. Совершенно реально, например, было бы ориентировать на эти задачи в Самаре предприятия, совместное с ООО "ЧТЗ-Уралтрак" и ОАО "Барнаултрансмаш", с целью создания линейки авиационных дизелей, отвечающих российскому климату и прочим условиям эксплуатации и обслуживания. Наладить выпуск простых региональных самолётов (наш авиазавод не загружен), воздушных винтов, шасси и т.д. Затраты времени и средств будут относительно невелики, поскольку в Самаре существуют профильные предприятия (в отличие от июня 1941 года).

Полагаю, что, учитывая масштабность проекта, необходимо принятие решения на государственном уровне о применении широко производящихся и давно себя хорошо зарекомендовавших танковых дизелей для целей малой авиации. Как раньше говорилось, "политического".

Связь с автором: nippard@rambler.ru

ПАВЕЛ ОРЛОВ. ПОРТРЕТ НА ФОНЕ ЦИАМ ИССЛЕДОВАНИЯ С ЦИТАТАМИ И РАССУЖДЕНИЯМИ

Алексей Валерьевич Авдеев, к.т.н., директор филиала "Ракетно-космическая техника" МАИ в г. Химки
Анатолий Михайлович Хомяков, к.т.н., доцент кафедры 203 "Конструкция и проектирование двигателей" МАИ

Неожиданное появление на рубеже 60-70-х годов среди моря разлитого отечественной технической литературы двухтомника "Основы конструирования" вызвало у многих инженеров и учёных-машиноведов сложную реакцию, сочетавшую в себе понятное чувство удовлетворения и даже восторга от приобретения энциклопедически полного издания с интуитивно угадываемой разгадкой происхождения этого необъятного, поистине каторжного труда.

...Автора никто не знал.

Кто он, этот - П. И. Орлов? Чем объясняется на страницах его книг эта исчерпывающая глубина рассуждений и твёрдость рекомендаций, на чём основана непривычная для советских изданий послевоенного времени уверенность в изложении конструкторских и научных задач, методов их решений? Что, наконец, стоит за явной независимостью суждений и выводов. За полные 20 лет, с 1968 по 1988 год, всеохватное издательство "Машиностроение" три раза обращалась к "Основам". А издательство "Мир", успешно знакомившее советских инженеров и научных работников с мировой научно-технической литературой, выпустило в свет пятитомник "Основ" на четырёх европейских языках: английском, французском, испанском и польском. Достойная работа! Но вот любопытный факт: все издания Орлова сопровождаются предельно краткими, неконкретными сведениями об авторе; книги выходят не только без необходимой биографической справки, в них даже отсутствуют портреты загадочного автора. Более того, расшифровка инициалов, этих "П.И.", произошла только во второй книге первого издания "Основ", вышедшей в 1972 году, в год кончины Павла Ивановича Орлова. Некоторой нитью к разгадке таинственного автора служило замечание в редакционной справке о том, что рецензентом книги является В.А. Добрынин - известный в прошлом конструктор авиационных двигателей. И ещё: в обзорных статьях по истории отечественного авиамоторостроения того же В.А. Добрынина и ещё А.Д. Чаромского можно было встретить упоминание Орлова, но без каких-либо комментариев. И тот ли это Орлов?

Выручила опять же краткая, но более определённая справка издательства "Машиностроение" уже во втором издании "Основ". В предисловии к трёхтомнику, вышедшему в 1977 году, сказано: "П.И. Орлов длительное время работал в конструкторских бюро и научно-исследовательских институтах авиационной промышленности. В 1930-40 годах им написано несколько книг, в том числе фундаментальный учебник "Авиационные двигатели. Конструкция и расчет на прочность", по которому учились несколько поколений авиационных инженеров".

Таким образом, Орлов - автор из довоенного времени. И как автор он совсем другой. Это заметно, прежде всего, по редкой среди наших современников работоспособности. "Основы", если судить по объёму и научной глубине материала, в наши дни по силам коллективу авторов человек эдак в шесть-семь.

Но есть ещё одно отличие книг Орлова - текстологическое, отличие в языке. Автор излагает сугубо технические вопросы на чистом литературном языке, можно уточнить - на техническом литературном языке, что свидетельствует о его привязанности к изящной словесности. Примечательно, что П. И. Орлов не лишает себя удовольствия нет-нет, да и применить латинское изречение,

как бы связывая тот или иной технический вопрос с вечными истинами. Поэтому объяснения, скажем, конструкций резьбовых соединений у Орлова воспринимаются с не меньшим интересом, чем размышления астронома о Вселенной. Тем более, если учесть, что на резьбовых соединениях держится весь технический мир - наша Вторая Природа. Словом, книги Орлова читаются как увлекательные повести, если не романы.

В порядке лирического отступления в связи с этим можно заметить, что тексты Орлова по языку и стилю близки учебно-методическим работам А.И. Сидорова - профессора МВТУ и автора известного в своё время труда "Основные принципы проектирования и конструирования машин", изданного в 1929 году. А.И. Сидоров как лектор был чрезвычайно популярен в Москве в 20-х годах. И Орлов, если он был в своей молодости московским студентом, несомненно слушал лекции и, возможно, учился у знаменитого профессора. Примечательно, что журнал "Вестник машиностроения" в недавнем прошлом поместил статью об А. И. Сидорове именно по случаю круглой даты - 20-летия со дня выхода в свет знаменитой книги [1].

Итак, сведения из книг и статей при всей их скудности всё же указывали на общее направление поисков. Можно было определиться с теми КБ и НИИ, где вероятнее всего работал Орлов, отыскать уцелевших сослуживцев, здравствующих родственников, поднять архивы. Становилось ясным - река времени вынесла на поверхность из тёмного советского прошлого ещё нечто, что было жизнью незаурядного, на редкость талантливого человека - нашего соотечественника.

Естественно, что сначала решено было обратиться в издательство "Машиностроение", где наверняка можно было получить сведения об авторе. Однако уже с порога ожидало разочарование. В редакции было заявлено, что папка с документами П.И. Орлова... куда-то исчезла. Точнее, сама-то папка на месте, но в ней ничего серьёзного нет. Нет рецензии Добрынина и нет карточки автора с его фотографией.

После первой неудачи нам, авторам настоящего очерка, выпускникам Московского авиационного института стало ясно, путь один: обратиться в ЦИАМ как главному НИИ авиамоторостроения, с которым с 30-х годов прошлого века теснейшим образом связаны все проекты по созданию двигателей, а разработчики этих проектов являлись, как правило, в те времена сотрудниками института. Обратились. И - опять провал. Из архива ЦИАМ пришло обезоруживающее утверждение - никакого П.И. Орлова в институте не было ни в 30-х, ни в 40-х годах.

При таком ответе поиски могли остановиться надолго, если бы параллельно с обращениями в организации (НИИ, КБ, издательства) не просматривались каталоги книг и журналов в наших книжных сокровищницах - государственных библиотеках, именуемых по-собачьи звучащими аббревиатурами: РГБ, ГПНТБ, ППБ и др. Вскоре были найдены все книги П.И. Орлова, изданные в 30 и 40-х годах. А в главном периодическом издании по авиации того же времени - журнале "Техника воздушного флота" (ТВФ) были обнаружены статьи П.И. Орлова по самым разным вопросам двигателестроения. Начиная с № 8 за 1932-й и заканчивая № 9 за 1940-й год на страницах журнала вышли в свет 26 публикаций (статьи, рефераты, рецензии). И, что самое удивительное, в статью

яго инженера П.И. Орлова, как именовался автор, прямо указывалась принадлежность его к ЦИАМу. Правда, эта принадлежность отмечалась в течение двух лет - в 1932 и 1933 годах. Получается, был такой сотрудник в ЦИАМ, пусть даже непродолжительное время. А в статье А.А. Микулина в №2 того же журнала уже за 1941 год под названием "Из прошлого ЦИАМ. Как был создан мотор АМ-34", говорилось уже более определённо о "местоположении" и роли Орлова: "*В 1930 году в НАМИ (Научный авиационный институт) сложился конструкторский коллектив, ядро которого составили инженеры В.А. Добрынин, В.А. Доллежал, А.А. Микулин, И.Ш. Нейман, П.И. Орлов*". В статье отмечалось, что названные инженеры обеспечили создание мотора, ставшего благодаря своей мощи и надёжности легендарным.

Интересно, что среди ставших всеюсоюдно знаменитыми творцов мотора не было указано имя их научного наставника - профессора Б.С. Стечкина. Не указано по вполне уважительной причине: Борис Сергеевич в 1937 году был вторично (после "Дела Промпартии" в 1930 году) арестован. Уже без какого-либо "дела".

Но П.И. Орлов - в списке!

Для закрепления успеха в поиске нашего героя было решено посетить Отдел газет РГБ. В этом уникальном хранилище своеобразных летописей сохранились годовые подшивки многотиражки ЦИАМ довоенного времени. Институтская газета выходила под соответствующим названием - "Авиадвигатель". В номере от 19.07.1932 г. сообщалось, что за ударную работу на Красную доску института помещены портреты старших инженеров: П.И. Орлова, А.И. Данилевского, А.А. Микулина, В.И. Дмитриевского

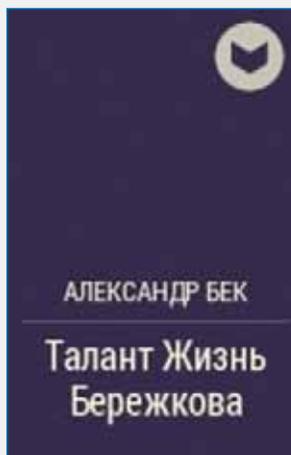


В других номерах многотиражки Орлов также упоминается. Его должность - начальник отдела бензиновых двигателей.

Итак, можно подвести итоги наших разысканий. Из полученных сведений следует окончательный вывод: П.И. Орлов был среди первых работников ЦИАМ с момента его образования летом 1930 года, входил в "ядро" группы конструкторов и активно участвовал в создании мотора АМ-34.

Задача, поставленная в начале нашего поиска, успешно решена. Но вот подкрадывается еще одно навязчивое любопытство, формирующее новый вопрос: чем объясняется уход Орлова из ЦИАМа, произошедший где-то на рубеже 1933 - 1934 годов?

В том же самом Отделе газет, в центральной газете "За индустриализацию", в одном из номеров за 1935 год, помещена большая фотография - групповой снимок, в котором Орлов и Добрынин - два двигателя - запечатлены с известными самолетчиками. Рядом с ними Н.Н. Поликарпов, В.С. Вахмистров, Д.П. Григорович. Такой снимок равноценен портрету на Доске почета. Он свидетельствовал о том, что двигателисты из ЦИАМ вместе со строителями самолетов достигли выдающихся успехов. Похоже, Орлов и Добрынин оказались после ЦИАМ в хорошей компании.



Но ушли-то почему?

Возможно, это связано с личностными столкновениями, неизбежными в среде самостоятельно мыслящих специалистов. В научных статьях об этом не пишут. И тогда нужны свидетельства более "человечные", чем статьи в журналах и газетах. Вот когда вспомнился роман А.А. Бека "Жизнь Бережкова". Роман вышел в свет в "Новом мире" в 1955 году и был посвящен именно конструкторам и ученым, создававшим лучшие в мире советские моторы в 30-х годах. Но известно, что Микулин решительно возражал против отождествления себя с главным героем - инженером Бережковым, заявляя во всеуслышание, что в романе описано неизвестно что, но только не его - Микулина - творческая деятельность. Автор в последующих изданиях романа отдельной книгой и в четырёхтомнике своих сочинений учел эти возражения тем, что роман получил новое название - "Талант". И хотя в романе под вымышленными именами угадывались помимо А.А. Микулина еще и Б.С. Стечкин, А.Н. Туполев, Н.Р. Бриллинг и некоторые другие первопроходцы отечественной авиации, но дела и события в нём описывались очень уж аккуратно и очень уж в общем виде. Нам роман не свидетель!

Оставалось надеяться на то несомненное обстоятельство, что писатель при работе над своим произведением всё же пользовался определённым фактическим материалом как слепком реальной жизни своих героев. И здесь надежды оправдались. Еще в одной сокровищнице отечественной культуры с жуткой аббревиатурой РГАЛИ - в Российском государственном архиве литературы и искусства, в фонде А.А. Бека сохранилась стенограмма беседы писателя с Микулиным [2]. Беседа отмечена датой - 18 марта 1936 года - и самое важное для нас, в ней речь идёт как раз об Орлове. В этой беседе Микулин, известный ветеранам - мотористам как темпераментный рассказчик и большой фантазер, ярко, по-театральному гротескно не рассказывает, а кипит в описании, как выясняется, одного из главных своих оппонентов в деле создания двигателя М-34. Полюбуемся на этот клокочущий поток кипятка.

Оставалось надеяться на то несомненное обстоятельство, что писатель при работе над своим произведением всё же пользовался определённым фактическим материалом как слепком реальной жизни своих героев. И здесь надежды оправдались. Еще в одной сокровищнице отечественной культуры с жуткой аббревиатурой РГАЛИ - в Российском государственном архиве литературы и искусства, в фонде А.А. Бека сохранилась стенограмма беседы писателя с Микулиным [2]. Беседа отмечена датой - 18 марта 1936 года - и самое важное для нас, в ней речь идёт как раз об Орлове. В этой беседе Микулин, известный ветеранам - мотористам как темпераментный рассказчик и большой фантазер, ярко, по-театральному гротескно не рассказывает, а кипит в описании, как выясняется, одного из главных своих оппонентов в деле создания двигателя М-34. Полюбуемся на этот клокочущий поток кипятка.

"...И вот был назначен начальником винтомоторного отдела инженер Орлов. Это - полусумасшедший неврастеник, бледный, худой с длинным бескровным лицом. Это - стяжатель, страшный эгоист с кривым узким ртом иезуита, с вечным движением губ. Никогда он не смотрит в глаза собеседника, никогда вы не сможете встретить его взгляд, его глаза всегда вертятся. И вот, начинаются цветочки с М-34. Орлов секретно пишет тайный пасквиль на меня, потому что он был невероятно завистливый человек. Зависть и честолюбие превышает в нем до сих пор всякое доступное представление о человеческих пороках. Орлов не мог допустить, что не он, а Микулин впереди. И в результате вместо помощи он мне начинает мешать: я беру сотрудников, а он их от меня отзывает... Орлов пишет секретные доносы о том, что это вредительский мотор, что его не надо строить, что у него сделаны неверно расчеты, что он никому не будет нужен."

Здесь нужно остановиться и перевести дух. Точнее, представить себе дух советской эпохи времен Сталина. Когда кругом виделись вредители и враги народа, когда любое возражение сослуживца воспринималось как личная угро-



А.А. Бек



А.А. Микулин в КБ в 30-х годах XX века

за, а необходимая по делу служебная записка - как пасквиль и донос. Когда людьми руководили не нормы культуры и воспитания, а инстинкты. Когда место знаний занимала интуиция, а вместо

ответственности - господствовал страх. И когда подлость утверждалась в людях как сознательность.

Помимо Орлова в создании мотора мешают и другие деятели, которых Микулин прямо называет вредителями. Он продолжает: *"В это время вредители кончают на заводе № 24 постройку мотора "ФЭД" (это - Бессонов и Ко.) и рассказывают, что они побеждают весь мир этим мотором и говорят, что мой мотор не нужен, что это мотор вредительской организации. Словом, творилось что-то страшное, нельзя описать словами, как тяжело было работать..."*.

Здесь Микулин, чувствуется, сам останавливается в своем монологе, переводит дух. Послушаем дальше.

"В это время в Москве продолжались всевозможные смены, перестановки, всё бурлило ключом. Орлов уже оказался разоблачённым, с ним отказались все работать ...Начальником конструкторского отдела был назначен Урмин. И теперь Урмин из какой-то профессиональной ненависти написал донос о том, что не я, Микулин, автор проекта М-34, что я украл у товарищей их идею и присвоил себе, что он требует разбирательства, разоблачение меня и т.д. Я был вызван в Москву на совещание. Стали сличать сынки и чертежи еще домашние, изготовленные под моим руководством в НАМИ. Все проходило под гнетом самого тяжелого обвинения для конструктора - обвинения в плагиате. Я упал в обморок от крайнего перенапряжения".

Монолог Микулина в конце концов приближается к доброму финалу. Он продолжает: *"Но благодаря Баранову все выходило так, как нужно. Баранов приехал в Рыбинск и осмотрел мотор. Первый экземпляр мотора прошел госиспытания. Представляете, мотор заговорил какими-то особенными звуками - мягкими, бархатными. Это был самый замечательный день в моей жизни"*.

Невольно возникает желание посочувствовать Александру Александровичу в то время, когда и, главное - в каких условиях - создавался первый советский авиационный мотор. Одновременно нельзя не восхититься его умению так ярко и убедительно представлять своих оппонентов. Но при этом следует понять и простить Александра Альфредовича. Советский писатель по своему определению не имел никакой возможности описать реальную драму жизни и деятельности советских конструкторов и учёных. Поэтому в романе А.А. Бека описаны милые, разумные инженеры, головы которых наполняют светлые мысли, а души - светлые чувства, какие только и могут быть у героев нашего времени. А ядовитые, зловредные, завистливые и постоянно жалующие друг друга "пауки в банке" - это не у нас, это там, в проклятом капитализме.

Но Александр Альфредович Бек совершил грандиозный поступок, настоящий подвиг. Он своевременно, по горячим следам, опросил десятки авиационных руководителей и специалистов, оформил беседы с ними в виде машинописных стенограмм. Причём размножил эти стенограммы в трёх или четырёх экземплярах и, предчувствуя надвигающиеся тревожные времена, разместил комплекты стенограмм по разным адресам (квартира, дача, верные друзья). Через годы Большого террора и лихолетья Большой войны писателю удалось сохранить - спасти только один экземпляр своих материалов. А в них - рассказы реальных участников событий того периода нашей истории, который называется индустриализацией и с ней - периодом становления отечественной авиации. Теперь этот уникальный материал ждёт своего добросовестного

писателя и историка.

А наш очерк продолжается о конкретном участнике того времени, портрет которого оказался таким неожиданно ярким. В архиве А.А. Бека не удалось найти



А.А. Микулин в домашнем кабинете в конце XX века

стенограммы беседы писателя с нашим героем. Наверное, беседа такая не планировалась. А жаль! П.И. Орлов, прекрасно владевший острым языком, наверняка бы нашёл красочные эпитеты для живописного портрета своего оппонента - "любимого племянника профессора Н.Е. Жуковского".

Но дело не в словесных упражнениях. Косвенно можно предположить, что во взаимоотношениях Микулина и Орлова последний, как высококвалифицированный конструктор старался приземлить смелые, но самонадеянные фантазии своего главного, связать их с возможностями конкретного производства. Алгеброй поверял гармонию. В этом заключается вечное диалектическое "единство и борьба противоположностей" в проектно-конструкторской деятельности. В личностных взаимоотношениях это ведёт к конфликту. А градус конфликта определяется уровнем доверия работников друг к другу и общей морально-политической обстановкой в стране.

В советской среде во все времена производственные конфликты, особенно на высоких уровнях, часто принимали такие свирепые формы, что Шекспир со своими коварными и хитроумными злодеями отдыхает. А технический прогресс - останавливается.

В конце 30-х А. А. Микулин часто выступал в обществе "Знание" с публичными лекциями и охотно делился своими представлениями о конструировании как искусстве, в котором большую роль играет воображение. А П.И. Орлов в эти же годы издавал свои книги, фактически определяя в них конструирование как науку, основанную на фундаментальных законах природы.

В широком смысле конструирование как творчество основывается в равной степени на рациональном и иррациональном в сознании человека - творца. И в этом вопросе у наших соперников как раз не было никакого антагонизма. И Микулин, и Орлов знали, если не высказали впервые сами, известную конструкторам сентенцию: *рисуй, чтоб смотрелось. Что тождественно утверждению: работоспособная конструкция всегда эстетична. Теперь это определяется энергичным словом - дизайн.*

В связи с этим нельзя не вспомнить добрым словом Баранова, упомянутого Микулиным в его монологе. Пётр Иванович Баранов занимал должность начальника Главного управления авиационной промышленности. По воспоминаниям ветеранов ЦИАМ он обладал редким для советского руководителя даром: П.И. Баранов умел вовремя приглушить честолюбивые страсти главных конструкторов и скороспелых научных авторитетов. При этом он старался определить реальное значение каждого ценного в чём-либо работника и найти ему место в общем процессе коллективного творчества. Баранов не мог не знать цену слова "вредитель", которое было на языке советских работников всех уровней, от директора завода или института до вахтёра. Это простое слово



П.И. Баранов



П.И. Баранов у самолёта

объясняло в 30-х годах все сложности хозяйственной жизни в стране, все сложности индустриализации. Но Баранов своей властью не допускал изгнания и, тем более, ареста "вредителей", настаивая на разрешении конфликтных "ситуаций" на чисто технической основе.

Этим можно объяснить ставшее таким парадоксальным сотрудничество Микулина и Орлова в последние годы их совместной работы. Парадоксальное, но, возможно, по мнению Баранова необходимое для создания мотора. И мотор М-34 был создан.

Вскоре П.И. Баранов погиб. Прекрасный авиационный руководитель стал жертвой случайной, как комментировали трагическое событие тогдашние газеты, авиационной катастрофы. Это произошло 5 сентября 1933 года, в год сдачи М-34 в серийное производство. В этом же году ЦИАМ было присвоено имя П.И. Баранова.

Но после гибели П.И. Баранова в ЦИАМ, похоже, вместо "единства" закипела "борьба противоположностей". И Орлов был уволен. Подробности этого факта мог бы сообщить только живой свидетель давних лет. Нужен был, как говорят военные разведчики, язык. Ясно, что живому свидетелю, сотруднику ЦИАМ, в 30-х годах должно было быть не менее 20 лет. Следовательно, на период поиска в середине 90-х ему должно было стукнуть не менее 85-ти. Настоящий ветеран! И такой может оказаться, почему нет. Надо искать.

И действительно, именно такой ветеран ЦИАМ, после наведения оперативных справок, нашёлся. Ну, конечно, им оказался - Юрий Георгиевич Бехли.

Когда помогавшие в розысках ветераны-двигателисты (которые по младше) произнесли фамилию Бехли, тут же заговорили об "историческом случае", произошедшем с Юрием Георгиевичем в его молодости.

"Исторический случай" состоялся осенью 1936 года во время посещения ЦИАМ Н.С. Хрущёвым, тогдашним партийным руководителем столицы. При осмотре одного из стендов институтской лаборатории, о работе которого высокому гостю было поручено сообщить Ю.Г. Бехли, тогда - молодому инженеру-экспериментатору, Хрущёв, молча выслушав доклад, спросил:

- Так твоя фамилия Бехли? - и, хохотнув, добавил, - Как же ты живёшь в Советской стране с такой фамилией?

Говорили, что это был вообще единственный вопрос, заданный Хрущёвым при посещении института.

После такого вопроса Юрию Георгиевичу оставалось только слегка ухмыльнуться в свои длиннющие белорусские усы, которые он носил в те годы.

Вот такой "исторический случай"... Но жизнь Ю.Г. прошла та-

ким образом, что он проработал в ЦИАМ неполные 75 лет и пережил всех, сколько их ни было, вождей, а с ними партийных и хозяйственных начальников, учёных,

инженеров и прочее, прочее. Всех знал и помнил. И свидетелем был первостатейным.

Вот его слова об Орлове.

- Да, это был незаурядный человек.

Его портрет постоянно висел на Доске почёта института. Работал он много и успешно. Им была впервые решена задача по оптимизации параметров высотного двигателя с нагнетателем. Благодаря его работе высотность двигателя была поднята до 11 км, до границы тропосферы. Это было в те годы большим достижением нашей авиации. По работе своей Орлов был нарасхват, к нему обращались многие специалисты с других заводов. Причём обращались часто напрямую, минуя руководство института. И Орлов не отказывал. Ему было всё интересно, а, главное, он во многом мог помочь производственникам.

Однажды произошел такой случай. На выезде из института была задержана машина с небольшим контейнером. Сопровождал груз Орлов, но, наверное, соответствующих бумаг у него не было. Началось разбирательство. Но вскоре все уладилось. Оказалось, что груз принадлежал Лубянке. Чекисты сделали заказ Орлову настолько секретно, что не сообщили об этом руководству института. Заказ, скорее всего, был связан с нагнетателем для самолета-разведчика. Так, что и Лубянка знала Орлова как высококлассного специалиста.

Далее Юрий Георгиевич продолжил.

- Орлов лицо имел выразительное, запоминающееся и действительно с орлиным носом - под фамилию или наоборот: фамилия под нос. Но человек он был такой, что с чужим мнением не считался. Вёл себя независимо. Это было. И это раздражало начальство. И ещё. Женщины у Орлова тогда были не на последнем месте в жизни.

С последней фразой наш свидетель-собеседник логически, как выяснилось, подошел к ответу на основной вопрос нашего разговора. И Бехли не ушел от ответа.

- Почему Орлов уволился из института? Получилось так: его исключили из партии и уволили. А причина была связана как раз с женщинами. Увольнению Орлова из ЦИАМ предшествовала шумная история. Началась она с того, что на территории института была найдена записная книжка, якобы утерянная Орловым. Книжку эту владельцу не вернули, стали листать странички, а там обнаружили помимо всякого прочего имена и телефоны женщин. Говорили, что женщины были расписаны по разделам примерно в таком порядке: понравилась, познакомились, добился свидания и получил своё. Три графы! Строго, систематично - в общем-то, в духе Орлова. Об этом, конечно, институтские мужчины рассказывали - пересказывали по всем углам. И всё бы ничего, но оказалось: при внимательном прочтении имён и адресов, среди расписанных по графам женщин узнавались не только свободные работницы института, но и... Там "числились" еще жены сотрудников и даже жены некоторых начальников. В ЦИАМ разразился скандал. Я этой книжки не видел, мои сослуживцы тоже. Но шум подняли большой. Партком-местком - в ружье! Стали решать судьбу человека... Сейчас эта история воспринимается по-другому. Дело в том, что в тот год, это была осень 1933-го, в ЦИАМ, да и по всей Москве, проходили партийные чистки. Как стало ясно впоследствии, вычищали тех членов партии, которые работали с Лениным, знали Ильича лично. Работа в этом направлении велась исподволь, прямо не говорили, а придумывали разнообразные правдоподобные "дела"



Ю.Г. Бехли (X - ещё без усов; он будет их носить после 40-х) в 1931 г среди сотрудников микулинского испытательного стенда УВО-1 в ЦИАМ



Ю.Г. Бехли (уже без усов) выступает перед руководством ЦИАМ в 80-е гг XX века

на партийцев-ленинцев. Делалось это продуманно, учитывалось все конкретно: наклонности, слабости, способности "объекта".

Орлов считал себя старым большевиком, он в ВКП(б), кажется, с 1920 года. Сам он гордился своей работой в свое время в Кремле непосредственно под началом В.И. Ленина (В подтверждение слов Ю.Г. впоследствии нами была найдена небольшая книжка партийцев - ленинцев со статьей П.И. Орлова [3]). Так что уж кого-кого, а Орлова надобно было "зачистить" в первую очередь. А как это сделать в условиях "праведной" партийной чистки? Обвинить во вредительстве - смешно, указать на отклонение от "линии партии" пионеру индустриализации - не получится. Выручило слабое место - женщины. Записная книжка сыграла свою роль.

Но трудно представить, чтобы Орлов - образец аккуратности и четкости в работе - мог сам потерять столь важную и постоянно употребляемую вещь как записная книжка серьезного работника. Причем, потерять и не спохватиться тут же. Скорее всего, эту книжку выкрали, если такая существовала в природе, а еще могло быть, эту злосчастную книжку выдумали известные люди, выдумали и всем рассказали по присказке: "зуб даю, сам видел...".

Но так или не так, а институт наш лишился ценного работника. Вот такая история была с Орловым, которым вы интересуетесь!" - закончил свой рассказ Юрий Георгиевич.

Теперь, по прошествии полных 20 лет с момента нашего разговора с Юрием Георгиевичем, прожившим свои 93 до кончины в 2005 году, с теплым чувством вспоминается этот симпатичный человек. И приходит на ум известная мысль: Россия страна большая, жить в ней надобно долго, чтобы хотя бы что-то ценное в этой жизни найти, понять и сохранить.

После ЦИАМ у Павла Орлова начался новый, не менее интересный период жизни. Он приступил к написанию и изданию своих фундаментальных монографий и учебников. Вместе с руководителем расчетно-исследовательской группы ЦИАМ И.Ш. Нейманом - основателем школы прочнистов ЦИАМ, Орлов планирует издание обширного труда в трех книгах под общим названием "Динамика, конструкция и расчет на прочность авиационных двигателей". Первую книгу "Динамика авиационных двигателей" написал И.Ш. Нейман, вторую - "Конструкция и расчет деталей авиационных двигателей" - П.И. Орлов. В аннотационных справках к книгам приводились немислимые для отечественных учебников послевоенного времени утверждения: "Глубина проработки поставленных задач позволяет рекомендовать настоящий труд для инженеров - конструкторов и производственников".

Оба крупноформатных издания по 650 страниц каждое утверждаются ГУУЗ НКАП в качестве учебников и выходят в свет в 1940 г. Третью книгу "Агрегаты авиационных двигателей" Орлов готовит к печати.

В своём учебнике Орлов часто упоминает мотор АМ-34 в качестве поучительного примера, но при этом нигде не называет имя главного конструктора, в честь которого мотор с 1936 года стал официально именоваться "Александр Микулин - 34". Вот такая месть "по умолчанию".

Но первую свою монографию Орлов посвятил, казалось бы, частной, но на са-



Сотрудники, работавшие над мотором АМ-34 вместе с А.А. Микулиным (крайний справа в 1 ряду), рядом с ним - Ю.Г. Бехли (с усами) В верхнем ряду, третий справа - П.И. Орлов (?). Коллаж для прессы

мом деле основной проблеме механической техники. Книга, изданная в 1937 году, называлась "Смазка легких двигателей". Она являлась, по словам самого автора, написанным им не без заметной дозы апломба, "энциклопедией смазочного дела для легких двигателей внутреннего сгорания авиационного и автомобильного типа".

В последние мирные месяцы 1941 года Орлов издает свой оригинальный труд "Азбука конструирования". В нем автор впервые говорит о необходимости создания теории конструирования. Что вполне соответствует его образу мышления, связанному с поиском логики в конструировании, с пониманием метафизики конструирования как феноменального процесса, обеспечивающего создание оригинальных, а не заимствованных образцов техники. Самостоятельность мышления Орлова проявлялась еще в его ранних работах, посвященных созданию теории подобия двигателей, а также в постановке и решении оптимизационных задач в системе двигатель-самолет.

Особенность Орлова как ученого состоит в том, что он изучает двигатели как естествоиспытатель. Им введен термин "конструктивная эволюция", определяющий историческую перспективу определенных конструктивных форм, их зарождение и отмирание. Такой подход к природе двигателей ставит Орлова рядом с учеными уровня Д.И. Менделеева с его Периодической системой химических элементов и Н.И. Вавилова с его гомологическими рядами растений. Примечательно, что такой подход не нашел отражения в отечественных учебниках по конструкции авиадвигателей, изданных в послевоенное время - прервалась связь времен. И в упомянутых в начале нашего очерка "Основах конструирования"[4], хотя и названных редакцией справочно-методическим пособием, приведены узко-конструкторские материалы, соответствующие уровню курсов "Детали машин". Методологические открытия Орлова остались в его довоенных книгах, которые не только не потеряли своего значения, они необходимы для формирования действительно научного подхода к задачам проектирования двигателей на любой физической основе.

Наконец, нельзя не упомянуть еще одно неожиданное и любопытное издание Орлова. Будучи квалифицированным методистом в формировании и передаче научно-технических знаний, Орлов обладал еще редкими лингвистическими способностями. Он как никто чувствовал смысл родного слова и значение точного термина. Это позволило Орлову длительное время успешно работать (по совместительству) редактором технической литературы. И на основе своего опыта он издал в 1940 году впервые на русском языке уникальную монографию - "Справочник автора технической книги".

Многoletняя редакторская работа несколько не мешала Орлову заниматься конструированием. Он находил много общего в контроле и правке чертежей в конструкторском бюро и в контроле и правке текстов в редакциях. Компоновка страниц в статьях и книгах аналогична компоновке деталей и узлов на чертежах. А язык книг и язык чертежей - это зрение и зрительная память. Орлов любил повторять свой любимый афоризм с латинского - "кто видит,



П.И. Орлов, 1941 год

тот дважды читает". И, обращаясь к молодым конструкторам, он всегда отмечал: "Конструкторы в большинстве люди зрительного мышления и зрительной памяти. Для них чертеж, даже простой эскиз, говорит больше, чем многие страницы объяснений". А молодым авторам Орлов советует: "Пишите кратко, просто, точно и ясно. Ясность языка - ясность мышления". И при этом наставляет и одновременно призывает: "Умение просто и понятно говорить о сложных вещах достигается упорным трудом. Для того, чтобы писать хорошим литературным языком, автор должен много и непрерывно работать над собой, расширять свой словарь, обогащать речь, добиваться наиболее точного и в тоже время наиболее простого выражения своих мыслей".

Одним словом, Орлов утверждал технический язык в наших изданиях и в нашей жизни, как язык литературный и, тем самым, отвергал язык-металлолом, который мешает нам своей примитивностью понимать все усложняющийся мир техники.

Таким был Павел Иванович Орлов. Какова была его дальнейшая, после 1941 года, жизнь и судьба - разговор особый [5, 6]. Оп-

ределенно можно сказать только одно, и здесь архив ЦИАМ прав, - такого сотрудника в ЦИАМ больше не было. □

Литература

1. Мак С.Л. Выдающийся машиностроитель. Вестник машиностроения, № 3, 1950 г, с. 64.
2. РГАЛИ: Ф.2863, оп. 1, № 332.
3. П. Орлов. Встречи с В.И. Лениным. Сб. статей "Мы видели и слышали В.И. Ленина". Симферополь: Изд-во "Крым", 1970 - 160 с.
4. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х книгах / Под.ред. П.Н. Учаева. - М.: Машиностроение, 1988, кн. 1 - 560 с, кн. 2 - 544 с.
5. Хомяков А.М. Жизнь и судьба Павла Орлова. Справочник. Инженерный журнал. Приложение. № 6, 2013, 20 с.
6. Авдеев А.В., Хомяков А.М. Полет с перебитым крылом, или жизнь и судьба Павла Орлова // Русская система обучения ремеслам. Истоки и традиции Том I, 2015, С. - 146-167.

Связь с автором:

alex021894@mail.ru, khimkirki@yandex.ru, himkikaf209b@yandex.ru

Организатор: Правительство
Ульяновской области



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ОАК



РАНХиГС

АССОЦИАЦИЯ
АЭРОНЕТ

При поддержке:



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
АВИАТРАНСПОРТНЫЙ
ФОРУМ Ульяновск-2018

</Люди.>
-[Технологии.]>
={Инфраструктура.}

Юбилейный V Международный авиатранспортный форум «МАТФ»

16-18 августа 2018 г.

Место проведения:
индустриальный парк
Аэропортовой ОЭЗ
«Ульяновск»

- ▶ **Международный конгресс, ключевые события:**
 - Конференция по кооперации «Ил: вчера, сегодня, завтра. Как стать поставщиком?»
 - Всероссийская конференция «Межрегиональные авиаперевозки как фактор развития территорий и экономики России»
 - Научная конференция «Полимерные композиционные материалы нового поколения. Трансфер инноваций из авиации в приоритетные сектора экономики России»
 - Круглый стол «Перспективы создания беспилотного грузового самолета в России»
 - Конференция «Нормативное регулирование воздушного пространства для АОН и беспилотных авиационных систем»
- ▶ **Международная выставка «Инновации в авиации»** - более 3 000 кв.м. бизнес-пространства
- ▶ **Форум Авиационных регионов**
- ▶ **Уникальное воздушное шоу с участием самолетов и дронов для 100 000 гостей!**



ulaviaforum.ru

Официальное отраслевое издание

АвиаПОРТ

ПО ВОПРОСАМ УЧАСТИЯ ОБРАЩАТЬСЯ: info@ulaviaforum.ru

Официальная
инициатива
МАТФ-2018



Ульяновск

"ОЛДАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ" 2018 ГОД

Александр Иванович Бажанов, академик Международной инженерной академии

С 7 по 11 марта 2018 года в выставочном центре "Сокольники" прошла 27-я выставка старинных автомобилей и антиквариата "Олдтаймер-Галерея". Общая площадь экспозиции в двух павильонах и на уличных площадках превысила 10 000 квадратных метров, на которых расположились более двухсот компаний-участников.

"Олдтаймер-Галерея" проводится с 2002 года и всякий раз выставка удивляет новой неожиданной тематикой, её экспонаты практически никогда не повторяются, это всегда громкие премьеры, сенсации и сюрпризы.

Специальная экспозиция в рамках мартовской выставки была посвящена 100-летию пожарной охраны СССР. Публике были представлены уникальные экспонаты. Это первые советские пожарные автомобили АМО-Ф15 "Промет", ПМГ-1, ПМЗ-1 и ПМЗ-2 - с них начиналось отечественное производство пожарной техники. Уникальна в своем роде пожарная цистерна на шасси грузовика ЯГ-6 - единственного сохранившегося экземпляра этой модели. Послевоенные пожарные машины интересны по-своему. На их долю выпало тушить самые громкие пожары XX века: в гостинице "Россия" в 1977 году и в гостинице "Ленинград" в 1991 году.

Эпоха 20-х годов была представлена пожарными машинами иностранного производства, которые использовались или могли использоваться советскими пожарными в те времена. Это и автомобили известных марок, например, "Кадиллак", переоборудованный для несения пожарной службы, и изделия специализированных фирм, таких как американские "Сигрейв", РЕО, "Деннис" и "Американ Ла Франс".

American La France (1925 год)

Пожарная машина American La France - представитель старейшей американской марки противопожарного оборудования.

Основное назначение автомобиля - доставка пожарного расчёта к месту возгорания. Для тушения пожара в машине предусмотрены насос, пожарные рукава, небольшая приставная лестница и ручные огнетушители. На капоте нанесена надпись Belgium Cold Springs - название добровольной пожарной команды, основанной в 1949 году в Нью-Йорке и существующей по сегодняшний день. В этой пожарной команде и несла свою службу пожарная машина American La France, но она скорее принимала участие в ежегодных фестивалях старинной пожарной техники, проводившихся в Сиракьюсе - городе в штате Нью-Йорк, а не участвовала в тушении пожаров. Об этом свидетельствуют 11

табличек, прикреплённых на левом борту пожарной машины. В настоящее время эта машина находится в мастерской "КА-МЫШМАШ", и её ожидает небольшая косметическая реставрация.



Автонасос-линейка на шасси АМО-Ф15е (1930 год)

Первая целиком советская пожарная машина, изготовленная без использования иностранного шасси. Началом серийного выпуска советских пожарных машин считается июль 1926 года, когда в Ленинграде на заводе "Промет", входившем в объединение "Тремасс" (Трест заводов массового производства) изготовили автонасос на шасси АМО Ф-15.

Пожарная машина комплектовалась коловратным насосом производительностью 500 литров в минуту, который приводился от двигателя машины, Автомобиль комплектовался трёхколенной лестницей и лестницей-штурмовкой. Заборные рукава располагались на крыльях и подножках автомобиля. На машине подвешивались колесные катушки с рукавами, причем задняя была съёмной. Сразу за спиной водителя висел колокол, а слева перед кабиной устанавливалась дополнительная фара. В разных местах автомобиля размещались различные принадлежности: багры, ломы, топоры, огнетушители, разветвители и прочее.

Кроме завода "Промет" автонасосы-линейки делались и в Москве на Миусском заводе противопожарного оборудования. Представленная пожарная машина на шасси АМО-Ф15 изготовлена в столице и долгое время использовалась на Московской тонкосуконной фабрике имени Петра Алексеева, а в 1947 году была передана в Политехнический музей.



Seagrave Model 6WT Standard (1927 год)

Красный "Кадиллак" 1926 года выпуска может претендовать на право самого необычного представителя знаменитой американской марки, ведь это не роскошный лимузин и не кабриолет, как полагается "Кадиллаку", а... пожарная машина!

История автомобиля удивительна. Обычно пожарные машины после списания продают в частные руки, и они потом доживают свой век в роли грузовиков, цистерн или чего-то в подобном духе. Кадиллак стал пожарным уже "на пенсии", а в своей первой жизни являлся уважаемым седаном модели 314.

Поначалу у него была сытая и достойная жизнь с несчастными вездами, но автомобильная мода в США переменчива, прошло каких-то несколько лет, и "Кадиллак" перестал смотреться модно и современно. Перешедший в разряд подержанных машин Кадиллак приобрела пожарная команда городка Мерилл, что в штате Висконсин.



Гламур и роскошь мало трогали сердца суровых пожарных, "Кадиллак" был переделан ими в пожарную машину и поступил на службу. Остается только гадать, почему пожарные поступили таким образом. Вероятно, выгоднее оказалось купить подержанное авто с небольшим пробегом, чем тратить на что-то новое. Тем более, что на дворе - Великая Депрессия.

Сзади вместо уютного дивана устроили отделение для пожарного расчёта, поставили два баллона для пенообразователя, различные отделения и крепления для оборудования. Передние двери убрали - зачем они пожарным, только время драгоценное тратить на их открывание и закрывание, можно сразу прыгнуть с сиденья и взяться за дело. Цвет автомобиля, разумеется, сменился на ярко-красный.

Возможно, ещё одна из определяющих причин покупки "Кадиллака" - его двигатель V8 мощность 80 л.с. при рабочем объёме



5,15 литра. Такой мотор и тяжёлую машину сможет таскать, и к месту возгорания довезет быстро.

На панели приборов нет часов. Можно только гадать, были ли они утрачены в более позднее время или отсутствовали на машине изначально. И в самом деле, зачем пожарным часы, когда счёт идет на секунды. Зато сохранился спидометр с одометром, который показывает пробег всего 13112 миль. Почти новый автомобиль!

В прошлом году жизнь "Кадиллака" вновь совершила неожиданный поворот - уникальную машину приобрела российская реставрационная мастерская "Видное Эко", где автомобилю предстоит пройти полный цикл профессиональной реставрации.

Dennis G-Type (1927 год)

Марка Dennis в Великобритании - синоним пожарной машины, что неудивительно, ведь на протяжении всего XX века почти половина всех автомобилей для пожарных команд ежегодно закупалась у этой фирмы. Благодаря надежности и долговечности многие из пожарных машин марки Dennis сохранились до наших дней, одна из них - Dennis G-Type 1927 года из коллекции реставрационного центра "КАМЫШМАШ".

Пожарные машины Dennis - такой же автомобильный символ Великобритании как двухэтажный автобус, Rolls-Royce или Mini. Их даже уважительно называют "пожарными Ролс-Ройсами" в знак уважения к качеству, надёжности и долговечности. Увы, как и многое из старого доброго мира, Dennis пал жертвой глобализации с её слияниями и поглощениями - с 2008 года пожарные машины под этой маркой больше не выпускаются.

Вся история пожарных машин Dennis уложилась ровно в столетие: первую собрали в 1908 году. Тогда это была не основная продукция фирмы, начинавшей, как и многие тогда, с велосипедов, моторных трициклов и маленьких "вуатюреток". Потом появились грузовики, фургоны, автобусы, почтовые автомобили, мусоровозы, самосвалы и прочий коммерческий транспорт. И, конечно же, пожарная техника. Фирма выработала свой собственный тип пожарной машины: вместо общепринятого в те годы поршневого насоса компания применяла центробежный.





Самыми распространенными пожарными машинами в те годы Dennis N-Туре и G-Туре - с различными изменениями они выпускались до 20-х годов.

Пожарная лестница и насос на шасси Dennis G-Туре представляет собой классическую пожарную машину так называемой "европейской компоновки", предназначенную для несения службы в городе. К характерным признакам такой компоновки относится открытое линейное расположение пожарного расчета, помещенная над ним лестница, центробежный насос и его расположение сзади, приемные рукава в подножках.

Пожарный Dennis G-Туре был приобретен мастерской "КАМЫШМАШ" в 2010 году в полностью оригинальном состоянии. Местами сохранилась родная краска и обивка сидений. Из сопроводительных документов известно, что автомобиль был впервые зарегистрирован 8 мая 1929 года и получил номера VO1397, которые оставались с ним в течение всего времени.



Так как автомобиль никогда не реставрировался, то специалисты мастерской "КАМЫШМАШ" планируют сохранить его именно в таком состоянии.

1929 REO (1929 год)

Марка REO - это инициалы её основателя Рэнсома Эли Олдса, отметившегося в истории также маркой Oldsmobile. Но если последняя еще жива и входит в состав General Motors, то жизнь REO продолжалась с 1905 по 1975 год. Пожарные машины REO сегодня стали раритетами. Один из сохранившихся - этот автомобиль, оборудованный пожарным насосом, небольшой цистерной, лестницами-штурмовками, ручной сиреной и световыми спецсигналами.

Пожарная машина на шасси грузовика REO выполнена по классической "американской компоновке". Насос и цистерна с водой размещаются сразу за водителем, а для пожарного расчё-



та и катушек с рукавами отведено место сзади. Все пожарное оборудование изготовлено фирмой Howe Fire Apparatus.

ПМП-1 на шасси ГАЗ-АА (1930 год)

Название ПМП-1 расшифровывается как пожарная машина ГАЗ модель №1. Предпосылки создания этого автомобиля относятся к 1930 году, когда в печати стали появляться статьи о необходимости создания легкого пожарного автомобиля. На ПМП-1 устанавливался центробежный насос и прочее пожарное оборудование, аналогичное ПМЗ-1 (на базе грузовика ЗИС). С левой стороны позади кабины на автомобиле устанавливался стелдер - устройство для подключения к городской водопроводной сети.

Пожарная команда из 6 человек располагалась на боковых сиденьях кузова, а шофёр и начальник команды - в кабине. Чтобы удержаться на линейке во время езды, бойцы пристегивали себя ремнями к поручню. Сидевший на правой скамейке возле кабины пожарный бил в колокол - ещё со времен конных обозов этот сигнал оповещал прохожих и других участников движения о приближении пожарных.





Основными пользователями ПМГ-1 были пожарные части не крупных населенных пунктов. Лёгкая пожарная машина больше подходила для тушения пожаров в небольших зданиях, например, в домах так называемого "частного сектора" и бараках, которых в 30-50-е годы было ещё очень много даже на окраинах больших городов. Впоследствии эти машины часто передавались сельским пожарным дружинам, благодаря чему многие из них сохранились до 70-80-х годов и были превращены в памятники.

Автоцистерна ПМЗ-2 (1936 год)

Первая советская пожарная автоцистерна, выпускавшаяся серийно на стандартном и очень распространённом шасси ЗИС-5. Выпуск автомобиля начал в 1936 году Московским заводом пожарных машин. Пожарная автоцистерна имела ёмкость воды на 1500 л, стандартный для своего времени насос Д-20 и боевой расчёт из шести человек, четверо из которых во время выезда на пожар располагались на открытых лавках, расположенных за кабиной водителя. Основной запас рукавов вывозился на съёмной рукавной катушке, крепившейся сзади над насосом.

Все довоенные годы автоцистерна имела обозначение "Пожарная автоцистерна на шасси ЗИС-5". Обозначение ПМЗ-2 автоцистерна получила лишь в 1941 году с выходом соответствующего стандарта. В военные годы в связи с перепрофилированием завода выпуск автоцистерн прекратился.

В СССР созданию автоцистерн должного внимания не оказывалось. Они до середины 30-х годов считались "агрегатами местного значения". Наиболее интересные и удачные в техническом отношении автомобили (например, автоцистерны большой ёмкости) создавались силами мастерских пожарной охраны боль-



ших городов. В результате пожарная охрана вступила в Великую Отечественную войну, имея на вооружении подавляющее количество однотипных пожарных автонасосов, не предназначенных для работы в условиях разрушенного водопровода и недоступности открытых водоемов. Ряд предприятий в военное время (например, завод имени Войкова в Запорожье) выпускали пожарные автоцистерны, переделывая их из автонасосов.

Пожарные автоцистерны ПМЗ-2 активно использовались Московской пожарной охраной в первые послевоенные годы. Некоторые их экземпляры оборудовались передвижными электростанциями и прожекторами, другие - воздушно-пенными установками конструкции ЦНИИПО.

В 50-е годы многие сохранившиеся пожарные автоцистерны ПМЗ-2 были переданы в сельскохозяйственные предприятия, где ещё проработали некоторое время.

Klockner-Deutz S3000 (1943 год)



Пожарный Klockner-Deutz можно назвать настоящим раритетом: автомобили под такой маркой выпускались только с 1938 по 1943 год, а число уцелевших экземпляров исчисляется единицами. Интересно, что Петер Клёкнер - основатель машиностроительного концерна, но машины носили имя другого знаменитого немецкого производителя пожарной техники - компании Magirus.

Magirus - старейшая немецкая фирма по выпуску пожарной техники, основанная ещё в 1866 году Конрадом Дитрихом Магирусом. Но его внук Адольф в 30-е годы XX века довёл семейное предприятие до вынужденного объединения с машиностроительной компанией Humboldt-Deutz, производившей дизели для грузовых машин, которые ставились в том числе и на автомобили марки Magirus.

К моменту объединения в 1938 году, компания Humboldt-Deutz преобразовалась в концерн Klockner-Humboldt-Deutz. С этого времени пожарные машины получили новую марку Klockner-Deutz. После войны в результате очередных преобразований марка превратилась в Magirus-Deutz.

Пожарная машина 1943 года выпуска выполнена по классической схеме 30-х годов с двойной кабиной, переходящей в закрытый кузов, в котором находятся цистерна, насос и несколько ящиков для инвентаря. 

(Продолжение следует.)



ТАНКИ ОТ И ДО

Олег Никитич Брилёв,

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



(Продолжение. Начало в 6 - 2014, 1-6 - 2015, 1-6 - 2016, 1-6 - 2017, 2 - 2018)

В конце Второй мировой войны англичане решили создать один универсальный тип танка, который должен был заменить как крейсерские, так и пехотные танки. Универсальный танк предполагалось использовать в составе крупных танковых соединений и для выполнения задач непосредственной поддержки пехоты. Вполне естественно, что выполнение таких задач одним типом танка возможно только в том случае, если этот тип - тяжёлый танк. В конечном итоге так это и получилось.

Созданный в 1947 г. универсальный танк "Центурион" по массе надо было бы отнести к тяжёлым, но по вооружению и броневой защите он являлся средним. Его модернизированный вариант - "Карнарвон" - стал промежуточным при переходе к полноценному тяжёлому 64-тонному танку "Конкэрор", оснащённому 120-мм длинноствольной пушкой. И только после этого англичане стали классифицировать танки по вооружению. Естественно, "Конкэрор" был причислен к тяжёлым пушечным танкам, а вот танки с 83,8...90-мм пушками - к средним пушечным танкам, а с 76-мм пушками - к лёгким пушечным танкам. И именно такой вариант танка был создан англичанами в первую очередь.

Ещё в 1943 году британский генеральный штаб разработал тактико-технические требования к крейсерскому танку, способному бороться с новейшими немецкими танками. Толщина его лобовой брони должна была быть более 125 мм чтобы противостоять 88-мм снаряду немецкой противотанковой пушки. Предполагалась установка бензинового двигателя. Танковая пушка должна была поражать "тигры" в том числе и броневыми подкалиберными снарядами. Перед конструкторами не ставилась задача обеспечения высокой скорости движения по шоссе, но на пересеченной местности подвижность 40-тонной машины должна быть высокой. Разработка проекта под шифром А41 началась на фирме АЕС. Почти сразу стало понятно, что выполнить все требования по бронезащите в рамках заданной массы в 40 т невозможно и военные дали согласие на увеличение массы до 60 т. Объяснение простое - танк для борьбы с "тиграми" требовался срочно, времени на эксперименты не оставалось. Окончательно техзадание к проекту А41 появилось в феврале 1944 года.

К маю изготовили деревянный макет, который был рассмотрен макетной комиссией и одобрен. После этого генеральный штаб заказал 20 предсерийных образцов. Все прототипы изготавливались не из броневой стали, а из обычной. Первый экземпляр опытного танка массой 45 тонн изготовили в сентябре 1944 г., а последний - в январе 1945 г. В мае, после завершения предварительных испытаний, шесть новых машин под обозначением А41 "Стар" ("Звезда") отправили в Германию в части, имевших боевой опыт. Но к этому моменту боевые действия уже завершились. Вскоре их название изменили на "Центурион" ("Centurion"). "Центурионом" первоначально назывался "танк поддержки" А30, но после его переименования в "Челленджер" название "Центурион" перешло к А41. Танк был спроектирован по классической схеме: с отделением управления в передней части, боевым отделением - в средней и МТО - в кормовой. Корпус машины - сварной, из катаных бронелистов, бортовые листы для удобства компоновки ходовой части устанавливались с небольшим развалом наружу. На крыше корпуса в районе расположения башни имелись местные уширения. Толщина брони лобовой детали корпуса составляла 76 мм, бортов - 51 мм. Место механика-водителя находилось справа от оси танка. Трехместная башня - литая, крыша башни крепилась сваркой. Башня имела незначительный наклон стенок и несколько удлиненную кормовую часть. Толщина лобовой брони башни равнялась 152 мм. В башне размещались 17-фунтовая (76,2-мм) пушка Mk.V и 20-мм пушка "Польстен" (по замыслу конструкторов, она предназначалась для борьбы с легкими противотанковыми орудиями), а в шаровой установке кормовой ниши - 7,92-мм пулемет BESA. Углы вертикального наведения основной пушки - от -10° до +20°. Места командира и наводчика располагались в башне справа, заряжающего - слева. В крыше башни были предусмотрены люк командира с откидывающейся назад крышкой и люк заряжающего с двусторонней крышкой. В левой стенке башни и в корме имелись люки для выброса стреляных гильз. Двигатель - 12-цилиндровый бензиновый мотор "Метеор" мощностью 640 л.с. Трансмиссия - механическая "Меррит-Браун" Z51R. Емкость топливных баков составляла 550 л. Силовой блок представлял собой дальнейшее развитие двигателя и трансмиссии танков "Кромвель" и "Комета". Моторное отделение оборудовалось противопожарной системой. Ходовая часть имела по шесть опорных катков среднего диаметра и по два поддерживающих катка на сторону. Пружинно-балансирная подвеска соединяла в одну тележку два

"Centurion" Mk 1



опорных катка (три тележки на борт). В качестве упругих элементов применялись цилиндрические винтовые пружины. Подвеска монтировалась снаружи корпуса танка. На первых тележках каждого борта устанавливались гидравлические телескопические амортизаторы. Ходовую часть прикрывали трехсекционные стальные экраны толщиной 6 мм. Для преодоления водных преград по верхнему периметру корпуса крепился водонепроницаемый резиновый чехол с металлическим каркасом. При форсировании рек каркас поднимался с помощью пневмоцилиндров. Корпус танка был герметичным. Масса машины - 48 т, экипаж - 4 человека. В этой модификации было построено 100 машин, которые в соответствии с классификацией английских военных по калибру пушки следует отнести к лёгким танкам, хотя при массе 48 т сделать это трудно.

К созданию действительно лёгких танков в Англии вернуться только в середине 60-х годов, а пока всё внимание и финансирование было направлено на повышение огневой мощи посредством увеличения начальных скоростей снарядов и увеличения калибров пушек создаваемого универсального танка. Следует отметить, что англичане стали пионерами в создании подкалиберного снаряда с отделяющимся поддоном, который впоследствии получил распространение на всех танках. Начальная скорость такого снаряда 83,8-мм пушки достигала 1320 м/с.

Идея такого снаряда, поражающего (в сравнении с обычным снарядом) броню значительно большей величины и на большей дальности, заключается в приложении дульной энергии, формируемой в номинальном калибре к сердечнику значительно меньшего диаметра. У сердечника при этом не должна сильно снижаться масса, для чего его изготавливают из тяжёлого карбида вольфрама.

Первую модификацию танка - Mk 2 - изготовили летом 1946 г. В отличие от предыдущей модели, его башня выполнялась сварной, с командирской башенкой. Взамен 20-мм пушки установили спаренный с основным орудием пулемет BESA калибра 7,92 мм, а на месте кормовой шаровой пулеметной установки - аварийный люк. Боекомплект состоял из 70 снарядов к пушке и 4000 патронов к пулемету. На танке была смонтирована система стабилизации основного вооружения в двух плоскостях с электромашинными приводами. Всего построено более 700 таких машин, и все они впоследствии были модернизированы до Mk 3.

"Centurion" Mk 2





"Centurion" Mk 3

В 1947 году на вооружение была принята основная модификация - "Centurion" Mk 3 с 20-фунтовой пушкой QF 20 pounder калибра 83,8-мм. Это означало, что у англичан, согласно их классификации, появился настоящий средний танк.

Сварной корпус "Centurion" Mk 3 был аналогичен предыдущей модификации. Башня была литой, за исключением крыши, которая приваривалась с помощью электросварки, изготавливалась без рационального наклона броневых поверхностей и имела вытянутую нишу. Для её опоры были предусмотрены местные уширения. Борта корпуса прикрывали бронезащиты. Роль экранов для башни выполняли установленные на ней ящики для инструмента и вспомогательного оборудования.

На лобовой части башни устанавливались мортирки для постановки дымовой завесы. На крыше башни размещалась вращающаяся командирская башенка. Место механика-водителя находилось впереди справа, три остальных члена экипажа размещались в башне: командир танка и наводчик - справа, заряжающий - слева, поэтому левая часть отделения управления была использована для размещения части боекомплекта.

Длинноствольная пушка с весьма высокой начальной скоростью снаряда была оборудована обычными клиновым затвором и противооткатными устройствами и устанавливалась в башне на цапфах. Секторный механизм вертикального и дифференциальный механизм горизонтального наведения имели электроприводы и управлялись от одной рукоятки. Благодаря электрической связи командирской башенки с механизмом поворота башни командир мог грубо наводить пушку в горизонтальной плоскости (система командирского наведения). У наводчика был установлен перископический прицел с переменным увеличением. Основная часть боекомплекта пушки располагалась в носовой части корпуса, по бортам и на вращавшемся полу боевого отделения.

На танке "Centurion" Mk 3 были применены стабилизаторы вооружения в вертикальной и горизонтальной плоскостях наведения. Разработка двухплоскостной, надежно работающей системы стабилизации явилась серьезным успехом английского танкостроения, поскольку при наличии двухплоскостной системы стабилизации вероятность попадания в танк противника при средних условиях движения незначительно отличается от вероятности попадания при стрельбе с места. Следует иметь в виду, что стабилизатор повышает не только точность стрельбы, но и среднюю скорость движения танка на поле боя, уменьшая тем самым его уязвимость.

На танке "Centurion" Mk 3 устанавливались бензиновый 12-цилиндровый V-образный двигатель жидкостного охлаждения "Метеор" и трансмиссия "Меррит-Браун". В трансмиссии были использованы трехдисковый полуцентробежный главный фрикцион сухого трения и поперечно расположенная пятиступенчатая коробка передач с зубчатыми муфтами, объединенная с многорадиусным планетарным механизмом поворота с фрикционными элементами сухого трения. Трансмиссия связана с главным фрикционом и двухрядными бортовыми передачами муфтами с резиновыми упругими элементами.

В состав стандартного оснащения танка "Centurion" Mk 3 входило стационарное противопожарное оборудование, а также оборудование для преодоления водных преград на плаву. С этой целью корпус танка был герметизирован и к нему по верхнему периметру крепился брезентовый водонепроницаемый кожух с металлическим каркасом. Перед погружением в воду кожух поднимался с помощью пневматических цилиндров и механического привода типа "ножницы". Танк двигался по воде со скоростью около 10 км/ч с помощью двух гребных винтов, шарнирно укрепленных на кормовой части корпуса и приводившихся от ведущих колес посредством цепных передач. В "сухопутном" положении винты откидывались вверх.

Недостатками такого оборудования являлась уязвимость кожуха от ружейно-пулеметного огня противника и невозможность использования собственного вооружения, закрытого кожухом.



Установленный на танк кожух



Демонстрация "Центуриона" в специальном бассейне

Компоновка танка "Centurion" Mk 3



На основе танка "Centurion" Mk 2 был проект создания танка "Centurion" Mk 4 с 95-мм гаубицей. Но этот проект так и не был реализован, и поэтому переходим к следующей модификации "Центурионов" - Mk 5, которая была разработана в конце 1952 г. В эту модификацию превращали танки путём модернизации танков Mk 3. Пулемет BESA калибра 7,92-мм заменили американским 7,62-мм M1919A4 в рамках унификации стрелкового вооружения стран НАТО. Кроме того, была несколько изменена форма башенных люков, а рядом с командирским люком смонтирована турель под пулемет M1919A4. Вместо кормового башенного люка для удаления гильз ставилась заглушка.

"Centurion" Mk 5



Нерешенной проблемой для разработчиков "Центуриона" оставался малый запас хода. На пятой модели его попытались увеличить за счет установки в кормовой части корпуса внешних топливных баков, но по ряду причин более удачным посчитали использование одноколесных буксируемых бронированных прицепов-баков на 900 л. Масса прицепа без горючего составляла 1,3 т.



Прицеп-бак

"Centurion" Mk 5 в свою очередь был модернизирован - помимо замены пулемёт BESA на M1919A4 был добавлен 12,7-мм пулемёт "Браунинг" M2 для пристрелки 20 фунтовой пушки. Кроме того была усилена броня корпуса.

Танк в этой модификации получил индекс Mk 5/1. Следующие модификации: Mk 5/2, Mk 6 и Mk 6/1 главным образом были получены путём модернизации предыдущих модификаций, заключавшейся в установке новой 105-мм пушки L7, первоначально устанавливаемой на "Centurion" Mk 7/2.

Если все работы по модернизации "центурионов" осуществляли специалисты фирмы "Виккерс-Армстронг", то над Mk 7 трудились уже конструкторы фирмы "Лейланд Моторе". Если раньше основное внимание уделялось доработке башни и вооружения, то на Mk 7 - компоновочному решению корпуса. Разработчикам удалось увеличить ёмкость топливной системы путём размещения третьего внутреннего топливного бака (позволившего вместо 104 км преодолевать 190), более рационально размещения боекомплекта к пушке и органов управления у механика-водителя.

Танки Mk 7 поступили на вооружение британской армии в 1954 году. В те же годы начались работы над новой пушкой. Толчком к её созданию послужили события в Венгрии в 1956 г., когда на территорию британского посольства в Будапеште попал средний советский танк Т-54А, вооружённый 100-мм пушкой. Британским танковым специалистам стало понятно, что бороться на равных с этим танком 20-фунтовым орудием невозможно. Поэтому появилась необходимость принять на вооружение 105-мм пушку. L7 специально разрабатывалась для того, чтобы вписаться в существующую башню. Это позволило бы заменить старую пушку на новую с минимальными затратами и, следовательно, в кратчайшие сроки.

Испытания орудия начались в 1959 году. Их успешное проведение позволило приступить к его массовому производству. В том же году им был оснащён первый танк "Centurion". Им стал Mk 7, но тогда же началась установка этой пушки и на всех существующих "Центурионах". Впоследствии пушку L7 приняли на вооружение в армиях других стран, как для установки на новые танки, так и для усиления огневой мощи существующих основных боевых танков (например, в Германии пушку поставили на танк "Leopard" 1, в Швеции на "Stridsvagn" 103, в Индии на Т-55А, а в США на М60).



"Centurion" Mk 5/2 с пушкой L7



"Centurion" Mk 6 с пушкой L7



"Centurion" Mk 7 с пушкой L7

В 1955 году для "Центуриона" была разработана новая башня с новой маской орудия. Башня отличалась от предыдущей конструкцией вращающейся командирской башенкой с двустворчатым люком, новым прицелом и упругой установкой цапф орудия, снижающей вероятность поломки при резких ударах танка. В командирской башенке размещались перископический прицел и пульт управления стрельбой. Теперь командир располагал своей системой управления огнем и при необходимости мог точно навести пушку на цель и произвести выстрел. Эту башню установили на "Centurion" Mk 8.

Последующие модификации отличались незначительно, например, на "Centurion" Mk 9/1 были установлены приборы ночного видения, а на "Centurion" Mk 11 - оборудование для подводного вождения.

Модификация Mk 13 - это последняя модель танка "Centurion", которая представляла собой модернизированную версию Mk 10. На танке "Centurion" Mk 13 в башне кругового вращения устанавливалась 105-мм пушка серии L7, стабилизированная в двух плоскостях и имевшая вертикальный угол наведения от -10° до +20°. С пушкой был спарен 7,7-мм курсовой пулемет, второй такой же находился на командирской башенке.



"Centurion" Mk 13

Это вооружение дополняли 12,7-мм крупнокалиберный пулемет и две батареи по 6 дымовых гранатометов, установленные по обе стороны пушки. Боекомплект состоял из 64 артыстрелов, 600 патронов калибра 12,7 мм и 4750 патронов калибра 7,7 мм.

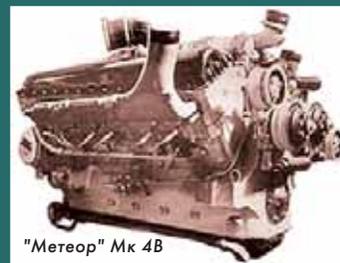
Когда "Centurion" еще только принимался на вооружение, он не имел приборов ночного видения, но последующие модификации оснащались инфракрасными фарами для ночного вождения и инфракрасным прожектором, который устанавливался слева от пушки. Танк мог без подготовки преодолевать броды глубиной до 1,45 м, а оборудование для плавания, разработанное специально для него, не прижилось.

Теперь пару слов о двигателе на танках "Centurion".

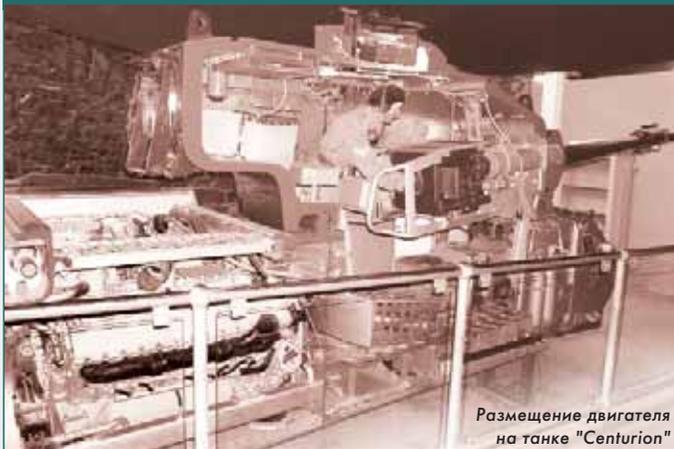
В Великобритании наибольшее распространение в танкостроении получил двенадцатицилиндровый V-образный карбюраторный двигатель жидкостного охлаждения "Метеор" мощностью 471 кВт (640 л.с.), который с 1947 г. устанавливался в танке "Centurion" Mk 3. Двигатель имел два карбюратора и инерционно-масляные воздухофильтры. Благодаря повышению степени сжатия с 6 до 7 его мощность в 1954 г. увеличили до 478 кВт (650 л.с.). Этот двигатель под индексом Mk 4B использовался на всех последующих модификациях танка "Центурион". В результате установки центрального нагнетателя и перевода на непосредственный впрыск топлива под давлением 5,5 кгс/см² двигатель был форсирован до 596 кВт (810 л.с.). Эта модификация двигателя получила наименование "Метеор" Mk 120 и

устанавливалась на тяжелых танках "Конкэрор". Система впрыска топлива двигателя "Метеор" Mk 120 впоследствии была использована специалистами США для четырехтактного, 12-цилиндрового V-образного карбюраторного двигателя AVI-1790-8, фирмы "Континенталь Моторс".

Использование системы непосредственного впрыска топлива позволило увеличить мощность этого двигателя с 810 до 850 л.с.



"Метеор" Mk 4B



Размещение двигателя на танке "Centurion"

Требования к проекту A41 предполагали разработку крейсерского танка в соответствии с английской "двухтанковой" доктриной, то есть наличия в войсках пехотных и крейсерских танков различных конструкций с четким разграничением их боевых задач. В то же время, военные считали необходимым унифицировать ряд систем и агрегатов пехотных и крейсерских танков. Танковый департамент генерального штаба настоятельно рекомендовал такую унификацию еще в 1942 году, поэтому параллельно с проектом A41 создавался вариант пехотного танка с лобовой броней, увеличенной до 6 дюймов (152 мм). Работы по этому танку шли медленно. Решил проблему фельдмаршал Монтомери, выдвинувший в июле 1944 года идею универсального танка, совмещавшего в себе качества пехотных и крейсерских машин. В сентябре 1946 года было разработано техническое задание FV200, предусматривавшее разработку на едином шасси не только танка, но и огнеметной машины, мостоукладчика, бронетранспортера и САУ.

Из всех британских танков по своим характеристикам в наибольшей степени этим задачам соответствовал "Центурион". Его опытная модификация получил обозначение FV201. На танке была модернизирована подвеска - добавили по одной тележке на каждую сторону, стенки корпуса выполнили вертикальными, башню оснастили оптическим дальномером, вооружение усилили вторым пулеметом, установленным на левой надгусеничной полке. Двигатель был оснащен системой аварийного запуска. Экипаж состоял из пяти человек. Лобовая броня была увеличена до 152 мм. По массе он стал относиться к тяжелым танкам, но на экспериментальной машине стояла 76,2-мм пушка Mk V, как и на "Centurion" Mk 1, что позволяет нам и этот танк считать "лёгким"! В итоге, проектирование универсальной машины вылилось в создание тяжелого танка. К 1949 году англичане осознали, что для борьбы с советскими танками такого же класса требуется пушка калибра не менее 120 мм. "Центурион" для этого не подходил, и работы над проектом FV201 закрыли. Начались работы над созданием тяжёлого танка проекта FV200 "Conqueror".



FV201

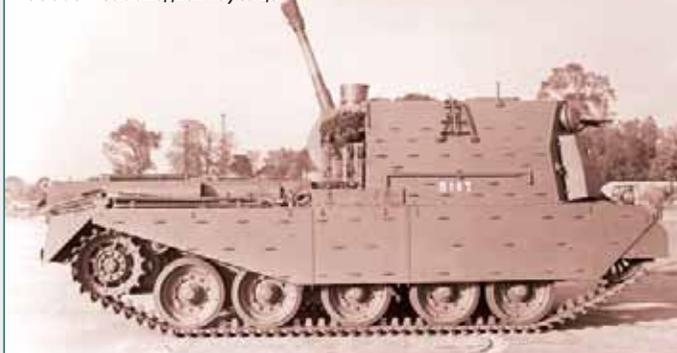
После отказа от FV 201 было решено переработать проект таким образом, чтобы он соответствовал требованиям к тяжёлому танку, который был бы способен противостоять любым танкам СССР, и в первую очередь ИС-3. По новому проекту на корпус, который заимствовался у FV 201, устанавливалась башня новой конструкции со 120-мм орудием. Проект получил обозначение FV214. В связи с тем, что времени на проект было потрачено уже довольно много, а ещё предстояло разработать и башню, и 120-мм орудие, было предложено запустить в производство промежуточный вариант с башней от "Центуриона" и корпусом FV201. Этот вариант получил обозначение FV221 "Caernarvon" и в 1952 году этот танк поступил на испытания, однако на вооружение он принят не был.

Испытания танка "Caernarvon" (на втором плане "Centurion" Mk 3)



На базе танка "Центурион" разрабатывались различные модификации. Так например, на сильно переработанном шасси танка "Centurion" Mk 7 была разработана самоходная гаубица FV3805. Орудие калибра 5.5 дюймов (140-мм) установлено на поворотной платформе, благодаря чему орудие может поворачиваться на 30 градусов в каждую сторону и подниматься вверх на угол до 70 градусов. В 1956 году было построено всего два прототипа, проект свернули в 1960 году.

FV3805 - самоходная гаубица



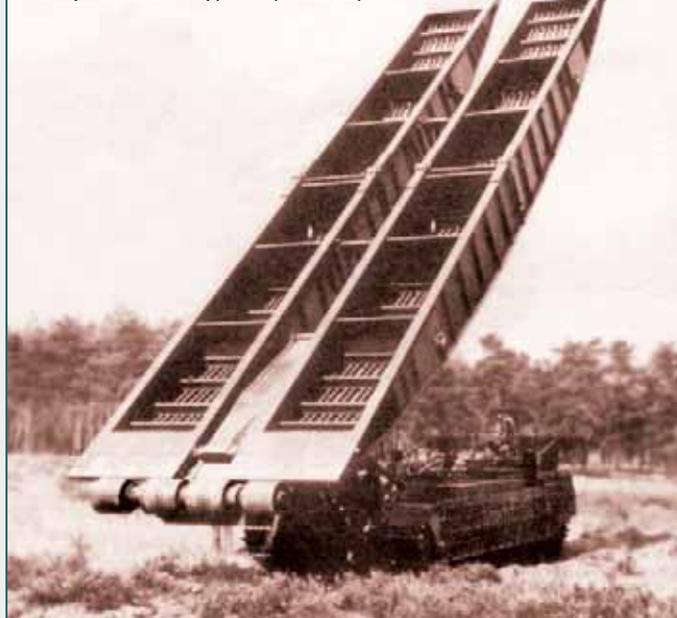
Ещё одна разработка - сапёрный танк "Centurion AVRE" (FV 4003). За основу был взят танк "Centurion" Mk 5. На нём устанавливалось 165-мм короткоствольная пушка L9A1, предназначенная для разрушения долговременных укреплений, и пулемет калибра 7,62 мм. В передней части корпуса танка смонтированы гидравлически управляемый бульдозерный отвал и приспособление для перевозки и сбрасывания на рвы фашин. Танк может буксировать двухосный прицеп, предназначенный для перевозки фашин, взрывчатых веществ и удлиненных зарядов разминирования. Помимо двухосного прицепа сапёрный танк мог буксировать 13-метровый штурмовой мост грузоподъемностью 54 т. Экипаж танка - 5 человек, масса - 51,8 т, запас хода - 160 км, максимальная скорость по шоссе - 34 км/ч. "Centurion AVRE" был принят на вооружение в 1962 году.



Сапёрный танк "Centurion" AVRE

На вооружении сапёрных частей помимо "Centurion AVRE" имелся в наличии мостоукладчик "Центурион Бриджспэйер" (FV 4002) Вместо башни на корпусе танка смонтирована съемная нескладывающаяся мостовая конструкция с длиной проезжей части 15,8 м и шириной 4,27 м. Мост грузоподъемностью 72 т способен перекрыть преграду шириной до 13,7 м. Время его укладки - 3 мин, снятия - 5; оба эти процесса производятся без выхода экипажа из машины. Боевая масса мостоукладчика 50,4 т, экипаж - два человека.

Мостоукладчик "Центурион Бриджлэйер"



В отличие от предыдущей машины, мостовая конструкция "Центуриона ARK" состояла из двух складывающихся пополам аппарелей, одна из которых шарнирно закреплялась в носовой части танка, другая - в кормовой. Неподвижная часть моста фиксировалась сверху к корпусу машины. В походном положении аппарели складывались на эту неподвижную часть. При установке моста сам танк служил в качестве промежуточной опоры. Грузоподъемность моста - 70 т; длина проезжей части - 27,64 м; ширина - 4 м; ширина перекрываемого участка - 22,8 м; время укладки - 5-10 мин.

Мостоукладчик "Центурион" ARK в походном положении

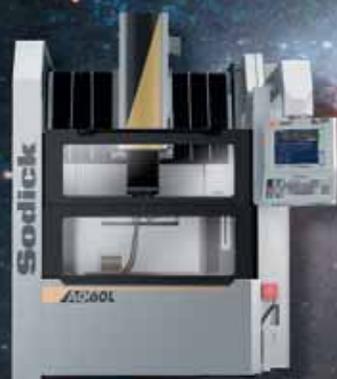


Серийное производство танков "Центурион" осуществлялось в Великобритании заводами "Лейланд Моторе", "Ройал Орднэнс Фэктори Лидс", "Ройал Орднэнс Фэктори Вулвич" и "Виккерс-Армстронг" с 1945 по 1962 год. Всего изготовлено 4423 машины. Последние серийные машины обходились казне почти в 50000 фунтов стерлингов каждая.

В следующем номере рассказ начнётся с истории создания тяжёлых танков в Великобритании. **Д**

(Продолжение следует.)

Sodick

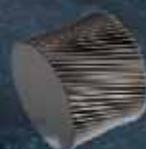


45000 линейных электроискровых станков в эксплуатации

(свыше **700** в России, Украине и др. государствах
бывшего СССР; на 06.2017 г.)

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

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

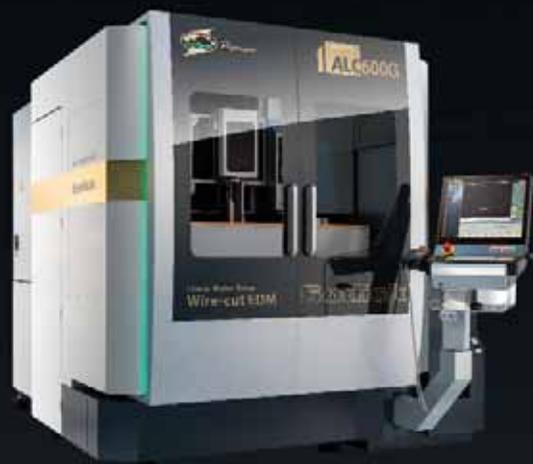


Точность позиционирования:
гарантия **10** лет
Впервые в отрасли!

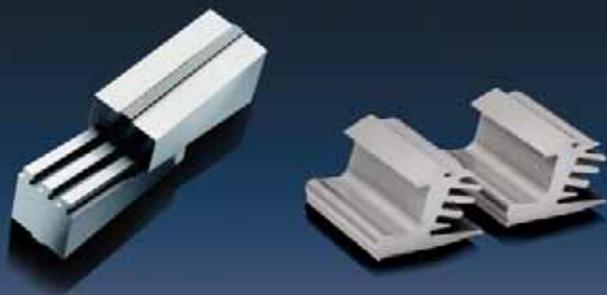
60 лет опыта производства ЭИ станков!

Smart Pulse & Smart Linear

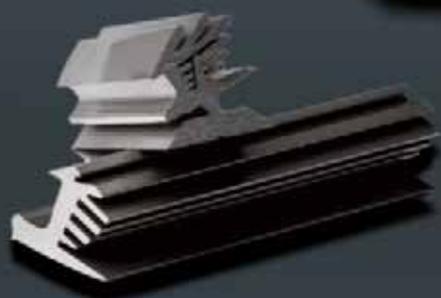
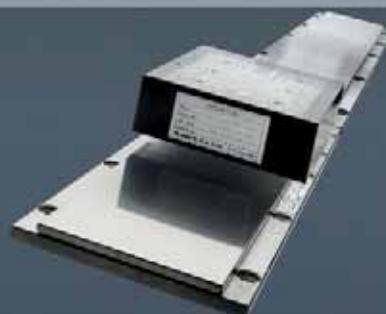
ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПРОВОЛОЧНО-ВЫРЕЗНЫЕ СТАНКИ



**УЛУЧШЕННАЯ
ШЕРОХОВАТОСТЬ**



ALC400G
ALC600G



**ЭИ станки с жесткими
плоско-параллельными
линейными приводами.**

**45 000 ЭИ линейных
станков – с 1998 года.**

Sodick



«Черный пояс» – за выдающуюся культуру производства.

Обработывающие центры, которые доказывают добросовестность производства.

На фирме Hermle клиенты получают быструю и компетентную поддержку, ценят персонал предприятия, проявляют преданность и доверие по отношению к поставщикам, заботятся об окружающей среде. Такой подход оправдывает себя – не в последнюю очередь, в постоянно высоких показателях. За здоровый рост совместно со всеми, кто в нем участвует.

Больше о добросовестности и культуре нашего предприятия: hermle6.de

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

127018, Москва,
ул. Полковая, д. 1, стр. 4.
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.
www.hermle-vostok.ru

