

Двигатель

Научно-технический журнал № 3 (123 + 244) 2019

MAKS
2019



Теперь в Жуковском есть постоянный
указатель дороги к Салону.
...А на Салоне одним экспонатом меньше

стр: 7

И всё-таки их строят:
Автожиры

стр: 2





Научно-техническое издание по освещению проблем в промышленности



Памятная медаль к 100-летию Г.М. Бериева
Медаль АМКОВ "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"

Дмитриев В.Г., член-корр. РАН,
главный научный сотрудник ГНЦ "ЦАГИ"

Драгунов В.К., д.т.н.,
проректор по научной работе НИУ "МЭИ"

Жердев А.А., д.т.н.,
Декан факультета "Энергомашиностроение",
руководитель Научно-учебного комплекса МГТУ
им. Н.Э. Баумана

Зрелов В.А., д.т.н.,
профессор кафедры конструкции и проектиро-
вания двигателей ЛА СГАУ им. С.П. Королёва

Иноземцев А.А., д.т.н.,
ген. конструктор ОАО "Авиадвигатель"

Каторгин Б.И., академик РАН

Кравченко И.Ф., д.т.н.,
ген. конструктор ГП "ИВЧЕНКО-ПРОГРЕСС"

Кутнев В.Ф., д.т.н.,
зам. ген. директора ГНЦ "НАМИ" по научной
работе

Ланшин А.И., д.т.н.,
научный руководитель - заместитель Генерального
директора ГНЦ "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Марчуков Е.Ю., д.т.н.,
генеральный конструктор - директор
ОКБ им. А. Люлька

Пустовгаров Ю.Л.,
генеральный директор ПАО «Казанский
вертолетный завод»

Равикович Ю.А., д.т.н.,
проректор по научной работе МАИ

Рачук В.С., д.т.н.,
председатель НТС АО "НПО Энергомаш"

Рогалёв Н. Д., д.т.н.,
ректор НИУ "МЭИ"

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

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

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

Смирнов И.А., к.т.н.,
ген. конструктор КБХМ - филиала ФГУП "ГКНПЦ
им. М.В. Хруничева"

Соколов В.П., д.т.н.,
Директор Российского учебно-научно-инновацион-
ного комплекса авиакосмической промышленности

Троицкий Н.И., к.т.н.,
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана

Фаворский О.Н., академик РАН,
член президиума РАН

Чуйко В.М., д.т.н.,
президент Ассоциации "Союз
авиационного двигателестроения"

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Александр Иванович Бажанов
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 Лиознов,

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":

111250, Россия, Москва,

ул. Красноказарменная, 14.

Тел./факс: +7(495) 362-7891

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

aib50@yandex.ru

www.dvigately.ru

Электронная версия журнала (2006-2019 гг.)
размещается также на сайте Научной электронной
библиотеки www.elibrary.ru и включена в индекс РИНЦ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Редакция журнала "Двигатели"©

генеральный директор Д.А. Боев

зам. ген. директора А.И. Бажанов

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

Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов.

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

Журнал "Двигатель", рекомендован эксперт-
ными советами ВАК по техническим наукам,
механике, машиностроению и машиноведе-
нию, энергетическому, металлургическому,
транспортному, химическому, горному и стро-
ительному машиностроению, авиационной и
ракетно-космической технике в числе журна-
лов, в которых должны быть опубликованы ос-
новные научные результаты диссертации на
соискание ученой степени доктора и кандида-
та наук. Индекс 1400 в общероссийском Пе-
речне 2015 г.

Научно-технический журнал "Двигатель"©
зарегистрирован в ГК РФ по печати.

Рег. № 018414 от 11.01.1999 г.

21-й (112-й) год издания.

Отпечатано

ООО "Фабрика Офсетной Печати" Москва.

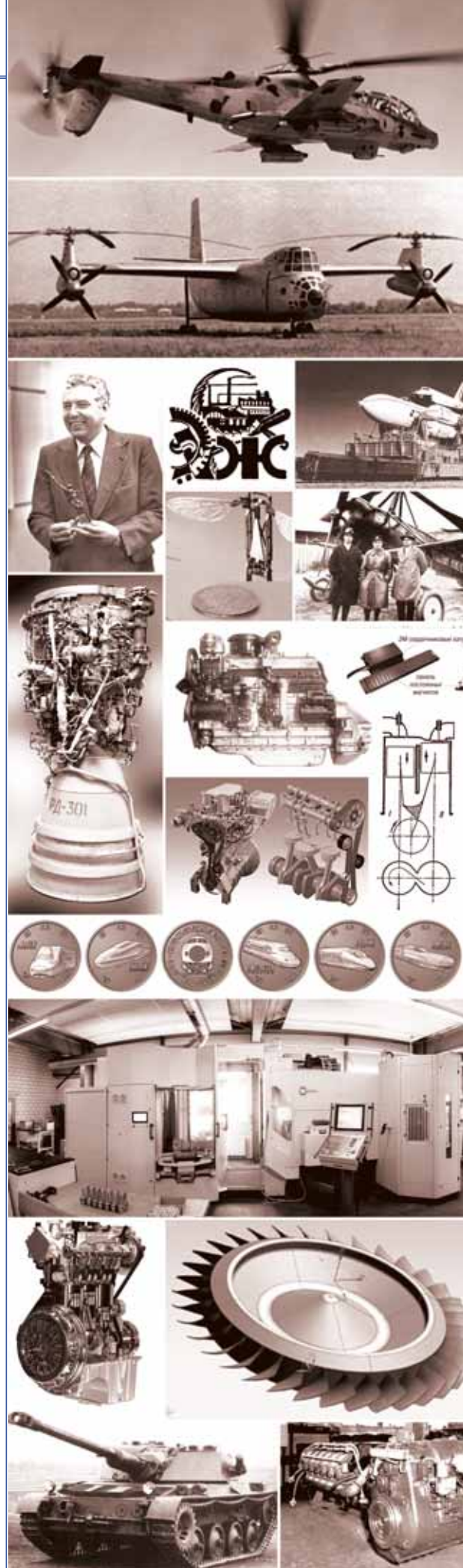
Тираж 3 000 экз.

Периодичность: 6 выпусков в год.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

- 2 Летать и не бояться земли**
А.Г. Лиознов
- 8 Качественный рост благодаря инвестициям в технологии**
- 10 Зачем нам помнить ошибки. Некоторое развитие темы рассуждения "О физиках и математиках", проведённого в журнале "Двигатель" № 6 - 2017 г.**
Д.А. Боев
- 13 Сравнительная характеристика компонентов топлив жидкостных ракетных двигателей**
И.А. Евсюков, С.Л. Березина, Е.А. Елисеева
- 14 Турбулентность. Критические параметры вычислительной газодинамики**
Ю.М. Кочетков
- 16 Робот-пчела RoboBee Гарвардского университета**
- 17 Обычный семинар в необычное время**
Д.А. Боев
- 18 Знаем то, что сохранили**
И.А. Ушкин
- 19 ...Помнить созданное до нас**
Д.А. Боев, А.И. Бажанов
- 20 Из истории создания ракетной техники - о творческом вкладе Ю.Н. Кутукова**
В.М. Евграфов, В.Ф. Рахманин, В.К. Чванов, В.М. Филин
- 24 Два, четыре, пять, шесть...**
Считаем такты вместе
Ю.В. Макаров
- 28 Действующая модель двигателя автомобиля "Вандерер" 1938 г.**
М.О. Карташев
- 30 Скоростные поезда на монетах**
А.В. Барановский
- 32 Танки от и до**
О.Н. Брилёв
- 40 Планарные и штоковые линейные двигатели**



ЛЕТАТЬ И НЕ БОЯТЬСЯ ЗЕМЛИ



На мировом рынке в основном представлены 2х местные европейские и американские машины

Александр Григорьевич Лиознов, заместитель главного конструктора проекта "Гидро-автомобиль", заместитель генерального директора научно-технического журнала "Двигатель".

Как утверждает наша пресса, Россия последние лет тридцать периодически "находится на пороге бума частной авиации". Однако, несмотря на огромное количество предложений по импортируемым летательным аппаратам и даже самостоятельно построенным машинам, никак этот порог не перешагнёт уже который год. Основные преграды на этом пути - сложность обучения и эксплуатации (и прежде всего цена самого аппарата и его обслуживания), вопросы безопасности. И это всё, не считая ситуацию с законодательной базой и регламентирующими документами. Так что, топчемся.

Основную массу строящихся у нас и завозимых из-за рубежа летательных аппаратов составляют самолеты и вертолеты. Автожиры пока имеют меньшее распространение, несмотря на очевидные преимущества в плане безопасности полетов и простоты технической эксплуатации. В чём я и попробую вас убедить.

Автожир - летательный аппарат, сочетающий в себе свойства самолета и вертолета. Он имеет фюзеляж, толкающий или тянущий пропеллер и несущий винт (также именуемый ротором), делающий его похожим на вертолет. Отличие от вертолета заключается в том, что в автожире несущий винт выполняет функции крыла, создавая подъемную силу. Чаще всего он или вообще не связан с двигателем, а вращается за счет действия аэродинамических сил от набегающего потока воздуха - это явление известно как авторотация. Возможен вариант, при котором винт предварительно раскручивается штатным или дополнительным двигателем (после отсоединяемым от ротора) для сокращения взлетной дистанции.



Природа давно уже освоила автожирный метод полёта, снабдив семена клёна и ясеня безмоторными роторами крылаток.

В порядке конструктивного решения автожиров были последовательно разработаны три принципиальные схемы:

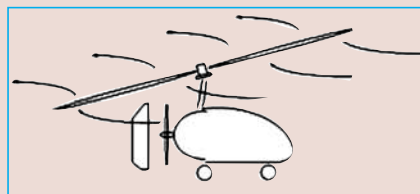
- 1) крылатый - с неуправляемым несущим винтом и с органами управления, как в самолете; элеронами и хвостовым оперением; эффективность органов управления зависит от поступательной скорости аппарата;
- 2) бескрылый - с управлением несущим винтом без элеронов и без горизонтального оперения, но с вертикальным оперением, где управление осуществляется наклоном оси несущего винта, связанной с ручкой управления аппаратом;
- 3) автожир с "прыжковым" взлетом, без разбега - при котором несущий винт, предварительно раскрученный двигателем до максимального числа оборотов в 1,5-1,6 от полетных, поднимает аппарат в воздух в псевдо-вертолётном режиме (когда привод отсоединён от несущего винта, чтобы не было необходимости парировать крутящий момент), а затем, при уменьшении оборотов ротора до полётных, угол установки лопастей переводится особым механизмом на авторотирующий.

Аппарат, получив избыточную тягу вверх, "подпрыгивает" на высоту нескольких метров (десятков метров), после чего под действием тяги пропеллера получает поступательное движение и переходит на режим набора высоты.

Сравнительный анализ характеристик современных лёгких ЛА (самолётов, вертолётных, дельталётов, автожиров, паропланов) позволяет выделить следующий ряд достоинств автожиров:

- укороченный взлёт и посадка;
- конструктивная простота, малая трудоёмкость в изготовлении и эксплуатации;

Идея автожира, у которого вместо крыла используется вертушка (ротор), расположенная под углом к горизонту и раскручивающаяся за счет набегающего потока воздуха, а аппарат движется вперед за счет тяги винта с горизонтальным валом (либо - толкающим, либо - тянущим) родилась в Испании еще в 20-е годы.



Лопасть винта автожира, вращаемая набегающим потоком по сути, работает... в турбинном режиме. Как лопасть ветродви-

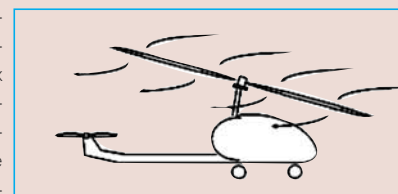
гателя или крыло ветряной мельницы.

Поскольку лопасть ротора рассекает воздух с многократно большей скоростью, чем крыло самолета (при той же скорости полета), то и подъемная сила лопасти значительно большая.

Если для самолета и особенно - вертолета, посадка с выключенным двигателем - это аварийная посадка, то для автожира это практически штатная ситуация. При остановке двигателя вертолета пилоту необходимо произвести множество действий, чтобы перевести аппарат в режим авторотации (в котором автожир находится всегда) и не упасть на землю, а плавно приземлиться. При выключении двигателя, для того, чтобы мог проявиться эффект авторотации, необходимо изменить углы установки лопастей и всего ротора так, чтобы он стал работать как ротор автожира: поток воздуха набегаёт снизу и, раскручивая ротор, создает подъемную силу.

Дело в том, что вертолет летает по совершенно иному принципу. Ротор вертолета вращается с помощью двигателя и создает подъемную силу, равную весу аппарата, а небольшой наклон ротора, вместе с изменяемым по обороту винта углом установки лопастей (шагу винта), позволяет вертолету двигаться вперед.

В отличие от автожира, воздух забирается ротором сверху и гонится им вниз. Поэтому автожиру при прочих равных условиях требуется значительно меньшая мощность двигателя, чем вертолету тех же параметров со всеми вытекающими последствиями - меньше стоимость, больше багажа и, конечно же, большая безопасность.



- высокая весовая отдача (0,5...0,65);

- безопасность полёта - в случае останова двигателя в полёте, а также при потере скорости автожир не входит в штопор и никуда не за-

валивается, но имеет возможность осуществить штатную посадку на авторотирующем винте;

- экономичность - часовые расходы топлива сопоставимы с таковыми у легких самолётов и дельталётов и на 20-25 % ниже, чем у вертолёт.

Средняя стоимость автожиров примерно в 10 (!) раз ниже стоимости вертолёт, и в 2 раза - стоимости самолёт. Один лётный час эксплуатации автожира не дороже такого же у легкого самолёта и дельталета.

Применение автожиров позволяет сильно удешевить применение малой авиации и кардинально повысить безопасность полёт.

Автожиры применимы там, где:

- не являются обязательными строго вертикальные режимы полёта и висение (что даже для вертолетов - далеко не оптимальная траектория);
- невозможно создание длинных ВПП (более 50 м) и, возможно, требуется посадка на "пятячок";
- расчётные траектории полета имеют малые радиусы разворотов, крутые подъемы и спуски;
- требуется минимальная стоимость ЛА, а также стоимость лётного часа его эксплуатации.

После начального периода развития автожир продолжал на практике доказывать свою высокую безопасность. Например, за все полеты, прошедшие в послевоенные годы в нашей стране известно только о двух катастрофах автожиров с человеческими жертвами. И это при том, что все они до сих пор имеют статус экспериментальных.

Для сравнения можно указать, что самые распространенные в мире сертифицированные вертолеты Robinson R-22/44 только за последние десять лет падали в России более десяти раз. С тяжёлыми последствиями для экипажа.

Такой высокий уровень безопасности автожира по сравнению с

вертолетом объясняется тем, что если первый всегда находится в режиме авторотации, то пилоту вертолёт при остановке двигателя необходимо мгновенно перевести машину в этот режим. За это время теряется до 300 м высоты. Как печально шутят летчики, сделать это надо бы "за секунду до появления аварийной ситуации".

Как пример борьбы за вертолетную безопасность можно привести пример установки на новейшем легком вертолете "Zefhir"... парашютной системы спасения в над-ротормном контейнере. И это реально работает. Для боевых вертолетов системы спасения пилотов еще фантастичнее - это отстрел несущих лопастей с последующим катапультированием и спасением пилотов и падением неуправляемой машины куда придется.

Количество жертв аварий легких самолетов в процентном соотношении значительно превосходит аналогичные показатели автожиров.

По данным статистики процент катастроф легких самолетов на этапе - "заход на посадку-касание - пробег" - совокупно на этапе - "конечный этап захода + посадка" дает 54 % катастроф с числом катастроф с фатальным исходом - 22 %.

Для гидроавиации эти цифры еще выше.

Если при посадке сверхлегкого самолета прошел боковой ветер 12-14 м/с, то машина превращается в "дрова". Поэтому, согласно летным правилам, при ветре более 7 м/с все сверхлегкие летательные аппараты должны находиться на земле.

Автожир при ветре до 20 м/с легко садится против ветра и до 15 м/с - при боковом.



Мировая история автожиростроения

началась с того, что испанский авиаконструктор Хуан де ла Сиерва решил построить машину, которая никогда не будет падать при отказе двигателя в полете, при потере скорости, входя в штопор, а плавно снижаясь, будет приземляться на землю.

В 1920 г. был построен первый в мире автожир С-1, а в 1928 г. на С-8 (фюзеляж от "AVRO 504K", мотор "Армстронг Сиддли Линкс" 180 л. с.) впервые совершает перелет из Парижа в Лондон.

А уже в феврале 1929 г. в США была основана "Питкерт - Сиерва аутожайро компани оф Америка". Она приобрела у английской компании права на автожирные патенты в США и по замыслу должна была функционировать как инженерно-консультативная фирма и фирма по выдаче лицензий, а не как фирма, производящая автожиры.

Интерес, возникший в США к автожирам, позволил продать более 20 машин ряду фирм, использовавших их в том числе в качестве летающих рекламных стендов, несущих логотип фирмы на фюзеляже и буксируемом вымпеле. Среди первых пилотов, использовавших PCA-2 для установления рекордов, была знаменитая летчица и писательница Амелия Эрхарт, 8 апреля 1931 года набравшая на нем высоту 5615 м.

Пик творчества компании Питкертна - автожир PA19. Переобработанное крыло с большим поперечным V, вместе с оригинальным четырехлопастным вин-



Амелия Эрхарт на автожире PCA-2



Автожир С-8

Президентом и генеральным директором компании был Гарольд Питкерт, а ла Сиерва входил в административный совет. Уставной капитал новой компании составлял миллион долларов.

Первым продуктом компании "Pitcairn" был созданный на базе С-8 автожир Pitcairn PCA-1. За ним последовал трехместный PCA-2 и другие - с четырёх- пятиместными кабинами.

Не остановились ребята на одних консультациях.



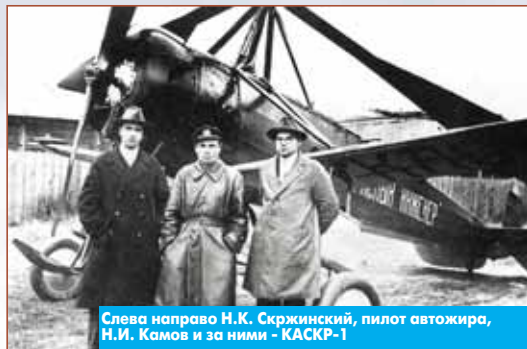
Посадка пассажиров в PA19



PA19 над Нью-Йорком

том, было использовано на автожире Pitcairn PA-19 с четырех-/пятиместной закрытой кабиной и поршневым двигателем Wright R-975-E2 мощностью 420 л. с.

Первый полет PA-19 совершил в сентябре 1932 года. Четыре или пять таких машин построили до 1934 года, когда из-за грянувшей "великой депрессии" в США компания "Pitcairn" была вынуждена приостановить выпуск автожиров...



Слева направо Н.К. Скрижинский, пилот автожира, Н.И. Камов и за ними - КАСКР-1

получивший собственное имя "Красный инженер". По своей схеме, размерам, параметрам и конструктивной схеме эта машина полностью повторяла один из автожиров Сиервы С-8.

21 мая 1931 г. на Центральном аэродроме в Тушино автожир Камова и Скрижинского участвовал в показе новейшей авиационной техники руководству страны. Сталин, Ворошилов и Молотов обходили длинную шеренгу истребителей и бомбардировщиков, а замыкал "парад" необычный винтокрылый аппарат - КАСКР-2.

Камов сам доложил Сталину о машине, чем его очень заинтересовал. Сделав три круга над аэродромом, летчик красиво спланировал и посадил КАСКР-2 вблизи трибуны с членами правительства, совершив пробег на посадке всего в несколько метров. Позже П.И. Баранов (главком ВВС) рассказывал, что автожир очень понравился высокому руководству, и, в первую очередь, Сталину.

Интерес первых людей в государстве к КАСКРу помог развитию всего автожиростроения в СССР. Создатели "Красного инженера" переходят в Бюро особых конструкций при ЦАГИ (БОК ЦАГИ), где приступают к постройке новых машин.

Н.К. Скрижинский участвует в создании автожира А-4, причем большой объем работы выполнялся в Московском Авиационном Институте. В начале 1932 г. В МАИ создана конструкторская группа для помощи ЦАГИ по оформлению рабочих чертежей и разработке технологической документации первого серийного отечественного автожира "ЦАГИ А-4" в составе А.Л. Гиммельфарба, Н.Ф. Чехонина и И.И. Оловяникова под руководством К.А. Виганда.

В порядке прохождения производственной практики участвовало около пятидесяти студентов самолетостроительного факультета. В это же время Н.И. Камов начинает руководить проектированием А-7, который разрабатывался по заданию ВВС как ближний разведчик и артиллерийский корректировщик. Помогала Камову совсем небольшая конструкторская бригада: М.Л. Миль, Н.С. Терехов, В.А. Солодовников, А.Е. Лебедев, В.И. Баршев, В.С. Морозов и И.И. Андреева.

В апреле 1934 г. на заводе опытных конструкций при ЦАГИ была закончена постройка первого А-7. Он представлял собой двухместный (летчик и наблюдатель) автожир крылатого типа с трехлопастным ротором и двигателем воздушного охлаждения М-22 мощностью 480 л.с., взлетной массой 2300 кг.

В мае винтокрылый аппарат перевезли на аэродром, где приступили к наземным гонкам двигателя и небольшим пробежкам. И 20 сентября 1934 г. наступил исторический день - С.А. Корзинчиков впервые поднимает в воздух необычную машину. Испытания А-7 продолжались до декабря 1935 г. Максимальная скорость А-7 в 223 км/ч была вполне сопоставима со скоростью самолетов-бипланов, а минимальная устойчивая скорость полета составляла всего 53 км/ч, что позволяло



Группа разработчиков и испытателей А-7. В центре, в белой рубашке - Н.И. Камов, за его спиной - Н.К. Скрижинский (?).

В 1928 г. советский инженер Николай Иванович Камов ознакомился со статьями Сиервы и загорелся идеей автожиростроения. В 1929 г. пробный полет совершил первый советский автожир КАСКР-1 (Камов - Скрижинский),

Вообще, автожир удался, и летчики с доверием относились к необычной винтокрылой машине. Это подтверждает и тот факт, что в нача-

ле 1938 г. для снятия с дрейфующей льдины у Гренландии группы И.Д. Папанина среди других спасателей решили использовать и автожир А-7, который должен был быть доставлен в Арктику на ледоколе "Ермак".

Предложение поступило в правительственную комиссию от известного полярного летчика Маврикия Слепнева. Он телеграфировал в Москву: "Прошу разрешения вылететь к месту аварии на автожире или самолете. Обстоятельно знаю район. Пилот трех полярных экспедиций, летчик Слепнев."

Сроки поставили жесткие, и за пять дней А-7бис срочно переоборудовали, чтобы в задней кабине можно было перевозить двух человек.

Однако полетать в Арктике автожир так и не довелось. Гидрографические суда "Таймыр" и "Мурман", вышедшие раньше, опередили "Ермак" и сняли папанинцев со льдины.

А-7 не успел проявить себя на Севере, зато через три года отлично поработал в жаркой Средней Азии.

В начале 1941 г. Наркомлес и Аэрофлот организовали экспедицию в предгорья Тянь-Шаня, чтобы доказать возможность применения автожиров в лесном и сельском хозяйстве. Склоны гор покрывали тысячи гектаров фруктовых садов, которые страдали от насекомого-вредителя - яблочной моли. Сады надо было опылять ядохимикатами. Автожир справлялся с такими задачами не хуже, если не лучше самолета. Винтокрылой машине не нужны были большие площадки для взлета и посадки и он передвигался чуть не по верхушкам деревьев, вписываясь в рельеф местности, из-за чего эффективность работ была велика.

С началом Великой Отечественной войны из пяти А-7-За сформировали отдельную автожирную эскадрилью - первую часть винтокрылых машин в ВВС Красной Армии. Отряд автожиров, организованный Главным артиллерийским управлением, действовал в составе 24-й армии в районе города Ельня. Летчики отряда под командованием старшего лейтенанта Трофимова совершили целый ряд боевых вылетов для корректировки артиллерийского огня и в тыл противника к партизанам. Полеты проводились днем и ночью. Ночью взлеты и посадки проводились в полной темноте - только по звуку мотора можно было определить, где машина и что с ней. "Если гудит, значит целая..."

Камов знал это все не из рассказов летчиков и техников. Он побывал на фронте вместе со своим заместителем М.Л. Милем. Главной задачей конструкторов на передовой была организация ремонта автожиров, поврежденных в бою. Однако тяжелые события 1941 г не позволили раскрыться всем преимуществам первых советских боевых автожиров.

Широкое развертывание операций подводного флота нацистской Германии на мировых просторах вызвало необходимость в наличии на борту субмарин летательных аппаратов, способных вести наблюдение за судами противника. Работы проводились в двух направлениях - одно из них было классическим и привело к появлению "подводного" самолета Arado Ar-231, а второе - предусматривалось создание легкого автожира.



Автожир А-7 в предгорьях Тянь-Шаня на сельхозработках



Автожир А-7 в военном варианте, с пулемётом на турели



Привязной автожир FA-330 в аэродинамической трубе

В начале 1942 года штаб германского флота сформулировал требования к такому аппарату, выдав спецификацию фирме Focke-Achgelis. Оценив ТТЗ специалисты этой фирмы разработали предельно простой безмоторный буксируемый автожир (в литературе почему-то сложилась традиция называть и его тоже "вертолет"), который можно было собрать и разобрать на палубе за считанные минуты. Испытания машины, которой присвоили обозначение FA-330 "Bachstelze" ("Трясогузка"), завершились успешно и во второй половине 1942 года началась подготовка пилотов, которую проводили в аэродинамической трубе под Парижем.

Заказ на серийную постройку превзошел все ожидания - флот подписал контракт на нескольких сотен FA-330 с ротором диаметром 7,3 м, но построили лишь около 200. Была разработана и модель действительно автожирной схемы с 60-сильным двигателем под обозначением FA-336 с несущим винтом диаметром 8,5 метров и посадочным шасси.

Идея не брошена и сейчас: в феврале 2013 года журнал Aviation Week and Space Technology сообщил, что фирма "L-3 Communications" тестирует свой Valkyrie, безмоторный привязной автожир, весящий 95 кг, который предназначен для использования в качестве дешевой альтернативы корабельному вертолету. "Валькирия" может подниматься на высоту до 1 500 метров, но рабочая на высота - от 150 до 300 метров. Это обеспечивает визуальный охват на дальности от 40 до 60 километров. Фирма-разработчик заявила, что этой система может легко адаптироваться для размещения даже на малых военно-морских судах.

Послевоенные успехи вертолетов в мировом масштабе затмили победы автожиров 20-30-х годов, однако вторая волна развития автожиров началась в конце 50-х благодаря работам потомка русских эмигрантов Игоря Бенсена и англичанина Кена Уоллиса.

Родители Бенсена покинули Россию после Гражданской войны и переехали в США в конце 30-х. Бенсен, закончивший с отличием в 1940 году Технологический институт Стивенса в Хобокене, штат Нью-Джерси, запатентовал 36 изобретений. Он занимался исследованиями вертолетов в фирме Сикорского, потом в General Electric, затем организовал и возглавил исследовательский отдел в фирме Katam и был также лётчиком-испытателем ВВС и ВМС США.

В 1953 году Игорь Бенсен исполнил свою давнюю мечту и основал собственную компанию, собираясь строить лёгкие винтокрылые машины, которыми могли бы пользоваться обычные люди.

Первой разработкой доктора Игоря Бенсена в организованной



Безмоторный вариант буксируемого планера - автожир Bensen Model B-7 Gyro-Glider

им собственной компании (Bensen Air-craft) был безмоторный автожир, буксировавшийся автомобилем или катером (как буксируемый планер или воздушный змей). Несущий винт вращался под действием набегающего потока воздуха.

Прототип автожир с толкающим винтом получил обозначение Bensen Model B-7 Gyro-Glider, а серийные аппараты называ-



Автожир на поплавковом реданном шасси



Одноместный автожир массовой модели

лись Model B-8 Gyro-Glider. В США на них можно было летать без лицензии пилота. Покупатель мог приобрести или КИТ-набор для самостоятельной сборки, или уже готовый аппарат. За 25 лет, до середины 1980-х годов, были построены тысячи таких машин.

Автожиры имели очень широкое распространение в США и пользовались большой популярностью благодаря именно Игорю Бенсену.

Бенсен, по сути дела, дал второе рождение автожиром после того, как они были вытеснены вертолетами.

Кен Уоллис создал свой аналогичный аппарат, великолепные летные качества которого нашли использование в фильмах об агенте 007. Джеймс Бонд успешно пилотировал автожир, расправляясь с мотодельтапланами и вертолетами!

Вот слова Уоллиса, конструктора и пилота автожиров, командира авиационного полка: "Я рассматриваю автожир практически как самый маленький летательный аппарат. Меня особенно привлекает тот факт, что его размер позволяет за считанные минуты доставить его на автомобильном трейлере куда нужно.

А, ведь, он может поднять вес, втрое превосходящий его собственный. Это колоссальный коэффициент, и к тому же, эта маленькая машина может без остановок лететь одиннадцать часов, если вы только готовы смириться с шумом и неудобствами.

Самое большое достоинство автожир - это его устойчивость, естественная устойчивость. Управлять им так легко, что одновременно можно заниматься и другим делом, ради которого вы, возможно, и совершаете полет. Важно - если,

вдруг откажет мотор, ротор будет все равно вращаться. И, хотя это не означает, что вы зависнете в воздухе, у вас все равно будет достаточно времени, чтобы оглядеться и прикинуть, где посадить машину. В любом случае, ротор продолжает вращаться, и аппарат остается полностью управляемым.

Я думаю, что после тридцатых годов, автожир не приобрел такую популярность как вертолет, только потому, что вертолет может выполнять маневры, которые автожир выполнить не может. Вертолет способен взлететь и садиться вертикально, он может застыть на месте, двигаться назад и так далее, однако, за все это приходится платить очень высокую цену. Я считаю, что автожир - полноценный член семьи летательных аппаратов. Ему незачем конкурировать с вертолетом - он просто его брат!"

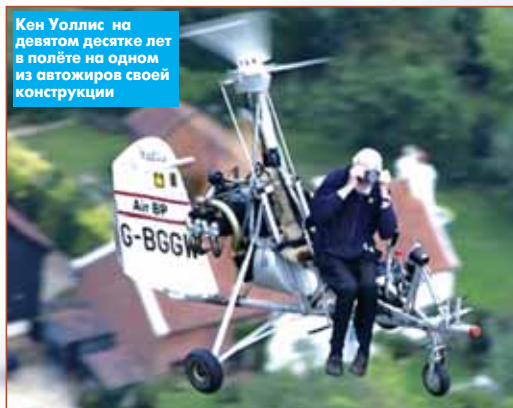
Автожиры в России более пятидесяти лет практически не производятся и не применяются, хотя за рубежом нашли широкое применение сверхлегкие и легкие автожиры.

Разочарование авиационных конструкторов в автожире первого поколения сформулировано в начале 60-х годов фразой: "Автожиры соединили в себе недостатки самолета и вертолета". Это высказывание до сих пор повторяют некоторые преподаватели авиационных ВУЗов, закладывая в него смысл: "Требуется взлетной полосы, как самолет, и прожорлив, как вертолет".

Для решения проблемы прыжкового старта и зависания автожир в одной точке, подобно вертолету, появились автожиры с реактивной подкруткой несущего винта в полете, не требующие парирования крутящего момента на аппарат.



"Боевой автожир Джеймса Бонда" разработки Кена Уоллиса



Кен Уоллис на девятом десятке лет в полёте на одном из автожиров своей конструкции

Несмотря на почти столетнюю историю, никому пока не удалось создать автожир со взлетной массой в несколько тонн, хотя вертолеты со взлетной массой от двух до пяти тонн давно занесены в категорию "легких". Масса самолетов еще более впечатляют, чем масса вертолетов. Увы, взлетная масса автожиров так и осталась менее пары тонн. Однако, тяжелые гибридные машины с автожирным винтом (иногда их называют "винтокрылы") появлялись и довольно успешно летали. Достаточно вспомнить Rotodyne или Ka-22.

К осени 1959-го прототип "Ротодайна" (Англия) налетал около



Rotodyne с автожирным винтом, Англия, 1957 г.

100 часов, выполнив свыше 200 полетов. В процессе испытательной программы продемонстрировали возможности посадки по самолетному, с

одним отключенным двигателем, и транспортировку крупногабаритных грузов на внешней подвеске.

Советский Ka-22 представлял собой «букет» новинок авиастроения, что стало главной причиной длительной доводки машины и в итоге, привело к прекращению работ. Тем не менее, достигнутые результаты впечатляли. При скорости полета свыше 150 км/ч Ka-22 вел себя как самолет. Крыло несло 60% веса машины, при этом редукторы и трансмиссия передавали на несущий винт только 15 % мощности.

Испытания Ka-22 показали, в частности, что при взлете с разбегом 190 метров вес полезной нагрузки винтокрыла возрастает с 5000 кг при вертикальном взлете "по-вертолётному" (взлетный вес — 37 500 кг) до 10 000 кг (взлетный вес — 42 500 кг). При посадке «по самолетному» (вес — 35 500 кг) посадочная дистанция не превышает 130 м, а пробег — 27 м.

24 ноября 1961 г советская машина Ka-22 в присутствии спортивных комиссаров совершила рекордный полет винтокрыла на грузоподъемность. Установлено сразу 6 мировых рекордов. Груз 16 485 кг поднят на высоту 2557 метров.



Советский винтокрыл Ka-22

Старт современных профессиональных проектов автожиров в нашей стране состоялся в 1967 г., когда уроженец Днепропетровска, выпускник РКИИГА Валентин Устинов поступил на работу в ОКБ Н.И. Камова (который и приобщил молодого специалиста к работе по проекту автожира А-8).

А-8 разрабатывали в ОКБ Н.И. Камова как альтернативу вертолетам Ми-2, Ka-26 и самолету Ан-2. Он был проще и дешевле вертолета, хотя в конструкции автожира были использованы фюзеляж и отдельные агрегаты Ka-26. Автожир мог взлетать с площадок, меньших, чем требовались Ан-2, за счет раскрутки несущего винта на старте, имел более короткий пробег на посадке.

Надо сказать, что особенностью А-8 был толкающий маршевый



Проект автожира А-8 разработки ОКБ Н.И. Камова

винт, расположенный между балок фюзеляжа за пилотской кабиной и бункером для химикатов. Очевидно, что конструкция винтомоторной установки в том проекте диктовалась стремлением максимально сохранить преемственность конструкции основных агрегатов Ka-26, в частности, кабины.

Заключения ЦАГИ и ГосНИИ ГА подтвердили достоверность заявленных в проекте данных и реальность создания аппарата. Он позволял по расчетам снизить себестоимость авиационно-химических работ по сравнению с себестоимостью этих работ на Ан-2 более чем на 30%.

Впрочем, это история, о которой стоит рассказывать отдельно. Сейчас же нам важно, что опыт разработки А-8 вселил уверенность в то, что современный автожир не только возможен, но и необходим.

В настоящий момент в нескольких странах ведутся работы в этой области. Необходимо отметить успехи фирмы Carter Aviation Technologies, LLC (США) по созданию автожира с прыжковым стартом - технологического демонстратора (4х-местного летательного аппарата Carter Copter Technology Demonstrator).

Успех Дж. Картера определяет и использование опыта работы в проекте Bell XV-15 Tiltrotor - предшественнике программы конвертоплана V-22 Osprey.

Первый полет Carter Copter состоялся 24 сентября 1998 года. 22 марта 2002 года аппарат побил достижение опытного штурмового вертолета Lockheed Cheyenne, достигнув $M_0=0.87$. Предыдущее рекордное максимальное значение M_0 (отношение скорости горизонтального полета к скорости законцовки лопасти несущего винта относительно воздуха), для вертолета было равно 0.8. Из-за этого ограничения мировой рекорд скорости вертолета так и не пересек до сих пор отметку 400 км/час. Впрочем, на винтокрылой машине достигли 0.92 (опытный конвертоплан-автожир McDonnell XV-1, достигнуто ещё в 60-х годах XX века).

У автожира ротор (несущий винт), в отличие от вертолета вращается с переменной скоростью и не связан с двигателем. Поэтому для автожира естественным решением является управление скоростью ротора при решении задачи скоростного полета, недостижимое для вертолетных технологий.



Перспективная разработка тяжёлого скоростного автожира CarterAviation Technologies

Также, Дж. Картер ведёт работы по проектам 6-9 местного, среднего 45 - местного и тяжелых 100...150 - местных летательных аппаратов.

CarterAviationTechnologies, LLC входит в международный консорциум по разработке быстроходного 100-местного паром-гидроавтожира.

Вращающиеся лопасти обеспечивают 90% сопротивления поступательному движению автожира. Это объясняет причину, по которой расход топлива на скоростях до 200 км/ч у вертолетов и автожиров почти совпадает.

При росте скоростей выше 200 км/ч экономичность автожирного полета по сравнению с вертолетным режимом быстро нарастает из-за того, что сказывается меньший угол атаки лопастей автожира. Эта же причина лежит в основе того, что автожиром доступны скорости вплоть до 600 км/ч.

Надо правильно понимать положение, в котором находятся все современные перспективные решения по скоростным вертолетам: по сути дела, все они - автожирные, для несущего винта с предвращательной раскруткой.

Связь с автором: lio-z@mail.ru

(Продолжение следует)

НА НОВОЙ ВЫСОТЕ



ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА

более 60 конференций, круглых столов, семинаров и мастер-классов. Деловая программа «Future Hub» — инновационные научно-технические разработки молодых ученых

ПРЕМЬЕРЫ МАКС-2019

отечественный лайнер МС 21-300 и гражданские вертолеты Ка-62 и Ми-38 в полете и на земле. Новинки от Embraer и Pilatus.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПАВИЛЬОН

полноразмерный макет российско-китайского широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета CR-929

МАСШТАБНАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ БВС

беспилотники, авионика, двигатели и целевая нагрузка. Демонстрационные полёты БВС и встречи в рамках деловой программы.

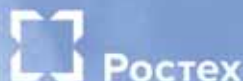
БОЛЕЕ 1000 ДЕЛОВЫХ ВСТРЕЧ MATCHMAKING

поиск деловых партнёров для участников авиасалона: перечень компаний, готовых к встрече, контактные лица, расписание назначенных переговоров.

Подробности на www.aviasalon.com

МАКС 2019

Организаторы



Устроитель



КИТАЙ —
страна-партнёр



ЖУКОВСКИЙ • 27 АВГУСТА - 1 СЕНТЯБРЯ

Стратегический банк-партнёр



Стратегический партнёр



Генеральный финансовый партнёр



Официальный партнёр



Официальный страховщик



Международный
информационный партнёр



Генеральные информационные партнёры



КАЧЕСТВЕННЫЙ РОСТ БЛАГОДАРЯ ИНВЕСТИЦИЯМ В ТЕХНОЛОГИИ

Фирма Feusi AG, специализирующаяся на изготовлении и поставке уникальных деталей и узлов, изготавливаемых обработкой резанием, обеспечивает эффективность производства и, тем самым, долгосрочную конкурентоспособность путём внедрения в производство новых технологий и передового оборудования, в том числе современных 4/5-осевых обрабатывающих центров компании Hermle AG. В фирме Feusi AG в настоящее время работает 30 специалистов, и поэтому оно относится к предприятиям малого и среднего бизнеса.

Некоторые лозунги убедительно говорят сами за себя и свидетельствуют о том, что одними заявлениями результатов не добьёшься. Посетив швейцарскую фирму Feusi AG в г. Фрайенбах, убеждаешься в том, что руководство и персонал предприятия усвоили принцип "Приверженность точности" в буквальном смысле слова и ежедневно доказывают это на деле! Хотя фирма, основанная Паулем Фойзи в 1956 году как завод по производству точных механических деталей и являющаяся типичным предприятием малого и среднего бизнеса, с тех пор уже дважды сменила владельца, все эти годы она оставалась верна себе, строго придерживаясь в своей деятельности общеизвестному швейцарскому уровню технологии и качества. Особенно наглядно данный принцип проявляется в том, что нынешний владелец и управляющий Роман Геберт последовательно делает ставку на высокотехнологичное оборудование и самые современные производственные технологии, к которым относится комплексная обработка одновременно по 5 осям. Брат Романа Вилли Геберт, отвечающий на предприятии Feusi AG за административное руководство, стратегии и финансы, говорит об этом так: "Обладая более чем 50-летним опытом в универсальном производстве деталей машин и агрегатов, на 70 % монтируемых в установках, работающих за границей, мы являемся востребованным партнером, обеспечивающим для заказчиков комплексное производство готовых к монтажу компонентов и узлов. Для этого мы, с одной стороны, используем самые современные технологии и станки, а с другой делаем ставку на высококвалифицированных специалистов, которых частично обучаем самостоятельно. Чтобы адаптивно и быстро удовлетворять даже самые высокие требования наших заказчиков, нам необходимо оборудование высшего уровня производительности с максимальной технической готовностью. Исходя из данных и прочих соображений, мы в 1994 году вначале приобрели универсальные фрезерные станки, а позднее - обрабатывающие центры с ЧПУ, и вот уже несколько лет используем 4/5-осевые об-

рабатывающие центры с ЧПУ производства немецкой компании Hermle AG".

От универсального фрезерного станка к 5-осевому высоко-технологичному обрабатывающему центру

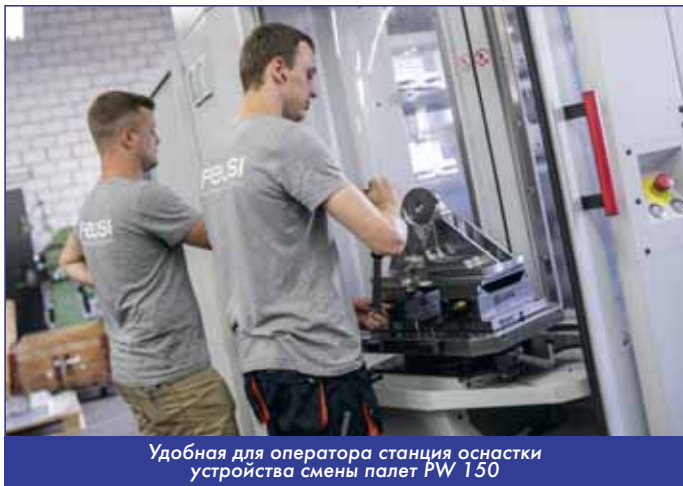
Уже первый приобретенный у Hermle универсальный фрезерный станок типа UWF 900 E был частично автоматизирован и оборудован инструментальным магазином. Степень автоматизации постоянно повышалась в последующие годы с приобретением 5-осевых высокопроизводительных обрабатывающих центров с ЧПУ C 22 U, C 42 U/MT (с функцией вращения для комплексной обработки крупноформатных и сложных по форме токарных и фрезерных деталей), а также серий C 250 U и C 400 U, частично оснащенных устройствами смены палет и магазинами палет и заготовок. Линейка работающих станков Hermle от C 250 U до C 42 U/MT свиде-



"Бульвар Hermle" на фирме Feusi AG с 5-осевым обрабатывающим центром C 400 U, оснащенный магазином заготовок, 5-осевым обрабатывающим центром C 22 U с устройством смены палет PW 150 и 5-осевым обрабатывающим центром C 42 U/MT с функцией вращения



5-осевой обрабатывающий центр C 22 U с расположенным слева устройством смены палет PW 150 (система содержит общим числом 11 сменных палет 320 x 320 и/или 400 x 320 мм), спереди слева находится станция оснастки палет



Удобная для оператора станция оснастки устройства смены палет PW 150

тельствует о том, что фирма Feusi AG выпускает широкий ассортимент деталей - от мелких с длиной кромки в несколько миллиметров до очень крупных узлов машин и шасси весом до нескольких сотен килограмм, от прототипов и отдельных деталей вплоть до мелко- и среднесерийного производства. Рольф Келин, ответственный за продажу и качество продукции, так поясняет причины повторных инвестиций в обрабатывающие центры Hermle: "С одной стороны, мы накопили очень хороший опыт со станками Hermle, что касается точности, производительности, надежности, сервисного обслуживания и консультативных услуг. Кроме того, специалисты Hermle убедительно продемонстрировали нам возможности одновременного фрезерования по 5 осям, когда мы, например, получили специальный запрос на обработку сложных узлов рабочего колеса турбины. Мы провели интенсивный оценочный процесс, в результате которого конкуренты один за другим не справились с заданием и проиграли тендер. По причине жестких сроков Кристиан Симон (региональный руководитель по продажам на фирме Hermle AG в Швейцарии) предоставил в наше распоряжение демонстрационный станок серии С 22 U, чтобы мы могли поставить заказчику в срок узлы рабочего колеса турбины требуемого качества. В результате мы получили заказ на комплектную обработку больших узлов рабочего колеса турбины диаметром 750 мм, для которого приобрели 5-осевой обрабатывающий центр С 42 U /MT и, тем самым смогли расширить наш ассортимент услуг, предлагая теперь обработку более крупных заготовок".



Справа налево: Вилли Геберт, руководитель подразделения административного руководства, стратегии и финансов, Рольф Келин, ответственный за продажу и качество продукции (оба сотрудники фирмы AG); крайний слева - Кристиан Симон, региональный руководитель по продажам на фирме Hermle AG в Швейцарии

Расширение круга заказчиков благодаря 5-осевой технологии и типоразмерам станков

Заказчики вознаградили фирму Feusi AG за последовательные инвестиции в 4/5-осевую технологию и укрупнение размеров рабочей зоны станков тем, что заказов стало еще больше; имевшееся оборудование с ними уже не справлялось и фирма предприняла дополнительные инвестиции в станки и их автоматизацию. В том

числе, был приобретен 5-осевой высокопроизводительный обрабатывающий центр С 22 U с ЧПУ и устройством смены палет PW 150 для реализации поставленной цели - изготавливать для заказчиков детали 24 часа в сутки и 7 дней в неделю. Так как около 60 % деталей предназначены для машин, шасси и приводов, 30 % для аппаратов и медицинской техники, а примерно 10 % представляют собой детали прототипов и моделей, станок типоразмера С 22 U с рабочей зоной $X = 450$, $Y = 600$ и $Z = 330$ мм идеально подходит для большинства заготовок. Для рентабельного производства партий в количестве от 1 до 200 штук станок С 22 U оснащен указанным выше устройством смены палет PW 150. Оно имеет 8-местный магазин, в результате чего, считая гнезда для палет в устройстве смены и одно - в станке, общая вместимость составляет 11 палет. Загрузку и сьем заготовок выполняет поворотная станция оснастки. Система содержит палеты размером 320 x 320 мм и 400 x 320 мм. Тем самым, учитывая дополнительный магазин ZM 43 с еще 43 гнездами (55 гнезд в магазине станка + 43 - итого 88 инструментов), а также наличие главного шпинделя с максимальной скоростью 18 000 об/мин и наклонно-поворотного стола диаметром 320 мм, обеспечиваются все условия для полностью автоматической обработки широкого ассортимента деталей, в том числе очень высокой сложности. В дополнение Вилли Геберт сказал: "В большинстве случаев сегодня речь идет о 5-ти, 4-х и 3-х осевой обработке. Поэтому мы заранее выполнили инвестиции и будем делать это и впредь с учетом рентабельности. В конечном итоге ассортимент деталей определяет также капиталовложения, поэтому мы инвестируем в высокотехнологичную 5-осевую технологию там, где это представляется рациональным. Тем самым мы отвечаем нашим собственным требованиям и спросу заказчиков на высокоточные детали швейцарского качества по конкурентным ценам".

Продуманные инвестиции в рост производительности и автоматизацию

Реализация данной философии подтверждается на фирме Feusi AG также недавними инвестициями в обрабатывающие центры Hermle. Так, были последовательно приобретены обрабатывающие центры с ЧПУ серий С 250 U и С 400 U. Как заявляет Рольф Келин, причина в том, что определенные новые заготовки вначале проходят "обкатку" на одном из станков С 400 U, а затем изготавливаются серийно с высокой производительностью на другом станке С 400 U, но уже оснащенном магазином заготовок и дополнительным магазином инструментов. Так как в обоих случаях это станки производства Hermle, аналогичные по конструкции, концепции управления и оснащению (системы управления Heidenhain), переход "между мирами" для операторов и программистов не так сложен. Облегченное многопозиционное управление обеспечивает дополнительные преимущества, которые в конечном итоге положительно влияют на загрузку и рентабельность производства.



Небольшая часть ассортимента ответственных заготовок изготавливается из стали St 52, CrNiMo 34, нержавеющей стали или алюминия (в данном случае это сложные в обработке детали шасси из стали St 52)

За дополнительной информацией российские специалисты могут обратиться в представительство компании Maschinenfabrik Berthold Hermle AG в России по адресу:
127018, Москва, ул. Полковая, д. 1, стр. 4.
Тел.: +7 495 627 36 34.
Факс: +7 495 627 36 35.
Сайт представительства: www.hermle-vostok.ru

ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ

НЕКОТОРОЕ РАЗВИТИЕ ТЕМЫ РАССУЖДЕНИЯ "О ФИЗИКАХ И МАТЕМАТИКАХ" ПРОВЕДЁННОГО В ЖУРНАЛЕ "ДВИГАТЕЛЬ" № 6 2017 Г



Дмитрий Александрович Боев, главный редактор НИУ МЭИ

В упомянутой в заголовке публикации, появившейся в результате некоей суммы размышлений по теме, предложенной сотрудником ЦИАМ, доктором технических наук А.Г. Прудниковым, одним из самых интересных авторов журнала "Двигатель". К этой статье я осмелился добавить и кое-какие собственные выводы, созвучные основной теме, которые потребовали дальнейшего развития и проявления темы. Часть положений этих выводов публиковалось ранее в нашем журнале в самом начале его выпуска в виде очень кратких тезисов. Жизнь показала правильность общего хода построения излагаемой концепции, почему я и продолжил её в совместной с Александром Григорьевичем статье, и попробую развить здесь. Кратко, очень кратко.

Наверное, мы слишком долго были "праведные экономисты", и в основу основ всех социальных движений привыкли ставить концептуально нами понятую экономику. Сейчас эта тенденция достигла какого-то совершенного апогея, вовсе уже апологизируя экономику, как стержень, вокруг которого вращается вся жизнь. Однако, при взгляде через эту призму совершенно не видно движущих сил весьма многих явлений. В частности, все, связанное с этикой, моралью, искусством, наукой экономикой не объяснить (иначе не помирили бы в нищете славные - посмертно - художники и поэты, занялись бы делом поприбыльнее). Логично полагать, что источники "движенья солнца и светил" находятся существенно глубже дна кубышки.

Поскольку всё содеянное человеком - искусство, техника, социальная среда - результат взаимодействия его мозга с окружающим миром, резонно будет предположить, что последнее такого взаимодействия, основной "продукт" мозга - информация - вполне может быть искомой первопричиной радостей и бед всех живущих.

Стоит сразу же оговориться: то, что привыкли понимать под этим термином ("информация", как некая сумма данных), есть на самом деле лишь небольшая часть явления. Более или менее длинная цепочка символов и т.д., которую можно записать, передать, прочесть, перехватить по дороге или напротив, защитить от кражи либо порчи - есть не более чем один из способов существования информации или ее передачи, чем, однако, не исчерпывается заложенный в нее смысл. **Точно так же, слово - форма передачи мысли, но не сама мысль.** Кроме самой информации любое информационное сообщение предполагает еще и наличие перцепиента, способ восприятия передаваемого, оценки его воспринимающим и дальнейшего анализа. Последнее уже привлекает к работе с данной информацией практически весь накопленный жизненный опыт этого принимающего, его понимание жизни вообще и данной ситуации в частности.

Впрочем, если говорить о процессе получения или передачи любой информации, то, несомненно, его поддержание требует затраты определённое количество энергии: тем большее, чем объемнее сообщение. Это неизменно для информации, передаваемой на любом из видов носителей. Известно, однако: энергию можно модулировать для передачи и преобразования только энергией же. Посему, способ существования и передачи информации, о чем говорилось выше, позволяет предположить, что и она сама по сути - одна из форм энергии. Мало того: обычно, при рассуждении о передаче информации, разговор обычно идёт в первую очередь именно о передаче и преобразовании энергии, модулированной интересующей нас

информацией. Все это в целом не более, чем гипотеза и для поддержания ее требуется отдельный и весьма не короткий разговор, в котором необходимо участие специалистов разных профилей: от физиков и математиков и до филологов. **Неосомненно для меня одно: в социологию, на смену господствующей ныне "механистической" теории, учитывающей в основном наиболее видимые внешне (экономические по преимуществу) связи элементов, должна прийти обобщающая все их энергетическая модель, как это происходило в начале XX века в физике. Только тогда социология получит возможность избавиться от непреходящего эмпиризма и право именоваться наукой.**

Все (без исключения все!) объекты мира и природные явления связаны друг с другом бесконечным числом разнообразных по сути и форме связей, действующих одновременно и независимо друг от друга. Неявно картина общей связи присутствует в некоторых древних философских системах. Например, у буддистов.

Эту картину можно считать информационным полем. Чем более наполнены природные связи объекта и чем большее их число способно существенно влиять на его поведение, тем меньше вероятность достоверного прогноза дальнейшего развития событий при использовании для этого прогноза той части его связей, которая нам известна и которой мы оперируем. И это неизбежно, ибо, работая с реальными объектами и явлениями, мы принимаем во внимание только наиболее существенные с позиции нашего знания факты, абстрагируясь ото всех прочих.

Способность к целенаправленному вычленению отдельных причинно-следственных информационных связей из их бесконечного разнообразия, к выделению и обработке информации, является наиболее принципиальным отличием живого от всего остального мира. Иначе говоря, до появления живого, информации как таковой не существовало в бесконечном числе равноправных и не ранжированных связей явлений и процессов мира. И вне зоны его действия ее также не существует. Показать неголословность этих предположений несложно: только живое может целенаправленно отделять из разнообразных связей между отдельными объектами и явлениями те, которые необходимы в процессе жизнедеятельности (образуя в результате то, что и является информацией в любом из общепринятых смыслов, вкладываемых в это понятие), начиная с уровня физиологии - что свойственно уже простейшим - и до вариантов обучения различной деятельности. Первопричину этой способности следует, очевидно, искать в химизме живого. В результате, существо непрерывно моделирует для себя не-

кую постоянно меняющуюся, как и мир вокруг, искусственную или, иначе говоря, воображаемую, абстрактную среду, с большей или меньшей достоверностью отражающую всё многообразие мира, в которой оно и действует. **Все живые существа находятся одновременно в двух разных мирах: в одном, реальном, существуют, в другом, который является информационной копией с реального и у каждого свой, оценивается происходящее и планируются дальнейшие действия.** Понятие "виртуального мира" стало общедоступным с развитием компьютерных технологий, однако изобрели сейчас именно термин - в совокупности с пониманием сущности его. На самом деле человек всегда жил в таком мире, так же, как и все живые существа, и только непонимание неполной тождественности этого мира с его реальной копией, миром окружающим, заставляло нас думать, что оцениваем и планируем мы реальный мир, а не нашу оценку этого мира. Нет смысла в споре материалистов и идеалистов: оценивая мир, они говорят о разных мирах: мир вне человека (включая и его самого) - материален, образ мира, построенный в человеческом мозгу - неукоснительно идеален, материального там нет ни на гран: он - отражение этого материального (если под словом "идеальное" понимать все то, что сотворено нашим разумом и чувствами). И с этой точки зрения любое сколь угодно абстрактное творение разума в этом последнем мире не менее реально, чем отражение реальной действительности. Но, "тьнь, знай свое место!" - попытки строить свое поведение по выдуманным реперам и ожидание полного соответствия реального замышленному обречены: им нет однозначного соответствия в реальном мире. Понимание этого факта и отличает здорового и нормального человека от нездорового (и, соответственно, ненормального).

Именно потому, что мы на самом деле строим свои прогнозы для такого абстрактного мира, применимость его в конкретном, реальном мире вероятностна. Вероятность как таковая, вовсе не есть свойство мира. Мир (реальный окружающий - и включающий нас - мир) не вероятностен, противу того, что принято считать. Он весьма и весьма закономерен и последователен. Только мы это не всегда ощущаем. Вероятностно наше восприятие этого мира, поскольку все наши прогнозы и планы мы строим в той модели мира, которую создали себе сами. И невязка (расхождение) между этими двумя мирами в точке, связанной с данным объектом и есть вероятность поведения данного объекта. Степень приближенности этой абстрактной (из окружающей конкретной действительности) картины к реальной жизни в каждый момент времени характеризует способность данного существа адекватно реагировать на разнообразные изменения окружающей среды, правильно ориентироваться в ней, применять определённые прогностические качества. Связи, не абстрагированные в эту область из реальной жизни, для нас, живых, как бы не существуют: мы их либо не знаем, либо игнорируем, хотя ощущаем последствия их наличия - бабочка пытается пролететь сквозь стекло, лосось хватается блесну, камень, точно брошенный прямо в луну, почему-то упрямо падает обратно на землю. Связи каждого объекта в пространстве реального мира бесконечны - иначе говоря, связано все и со всем, вопрос только в степени напряженности этих связей. И по времени меняется как сам объект и его связи, так и сама эта самая степень напряженности. И то, что было ранее настолько незначительно, что при составлении нами картины мира могло и вообще не приниматься в расчет, с течением времени может стать наиболее влияющим. А если мы этот процесс не заметили вовремя или игнорировали - вот нам готовое влияние "вероятностности мира".

Поскольку для различных наблюдателей наиболее существенными в общем случае могут быть различные связи объекта, то и картины, составляемые ими для одного и того же явления, тоже разнятся. Однако чем из большего числа разнородных взглядов на объект составлена его картина, чем более учтена

динамика их изменения, тем более она приближена к его реальной сути и тем больше ее прогностическая ценность. Отсюда, при совпадении целей и исходных принципов анализа объекта получается и сходство взглядов на него и перспективных оценок у различных операторов. И это - причина того, что возможно общежитие людей и их согласованные действия.

Отсюда, кстати: все наши потуги на "искусственный интеллект" обречены изначально: эти поиски идут в абстрагированном от реальности мире нашего разума и пытаются быть применимыми в мире реальном, откуда они были абстрагированы. Значить это может только одно: они не более реальны для этого мира, чем любая другая наша фантазия: абстракция ограничена границами этого абстрагирования, а следовательно, заведомо этому миру полностью не соответствует.

В том же ключе существует, в частности, картина развития техники - необходимой составляющей способа существования человека с его абстрагированными понятиями об окружающем многосвязном конкретном мире. **Техника, по сути дела, способ воздействия на реальный мир и изменения каких-либо его свойств в своих интересах с помощью использования известных связей объектов этого мира.** Первый камень, обточенный в рубило, это не только первый объект культуры вообще, но и первый объект техники. Строго говоря, **давно пора перестать отгораживать друг от друга технику, искусство, социальные отношения, культуру, ибо природа этих явлений одна и та же - информационная. Какую бы область человеческой деятельности мы ни взяли - все это будет сфера именно культуры,** причем, чем более сильно развиты информационные связи в данном обществе, тем более широким общественным кругам будет принадлежать данное явление. Посему, воздействие объектов технической сферы жизни на личность может быть не меньшим, чем того, что мы привыкли называть "культурой".

Любой технический объект (как собственно и вообще любой артефакт - в том числе и художественный и словесный) не что иное, как попытка воздействия на природные явления, исходя из своего опыта, интуиции (т.е. неосознанного опыта) и возможности, появляющихся в результате. Это - попытка влияния на реальный мир исходя из анализа его информационной копии. От того, насколько правильно выбраны для воздействия наиболее значимые для данного случая связи природного явления, зависит и насколько верно созданный искусственный природный объект выполняет функции, возложенные на него создателем: самолёты летают или падают, костер горит или гаснет, топор рубит или разваливается... компьютерная программа работает или нет. Следовательно, любой из объектов "второй природы", созданных человеком творений, воплощает в себе в качестве телеологического содержания некую сумму взглядов своих создателей на возможности исполнения данной конкретной задачи (построенные, как уже упоминалось выше, исходя из анализа текущего состояния картины мира, имеющегося у данного субъекта). При этом, поскольку эти взгляды могут быть и неосознанны самими творцом, то есть присутствовать на интуитивном уровне, также интуитивными могут быть и цели и средства достижения их. На значимости результата, впрочем, не сказывается уровень осознания самих путей достижения целей и сути процесса самим же автором, однако, он должен быть в состоянии к такому акту.

Последнее в наибольшей степени выражается в художественном творчестве, меньше - в техническом, но - равно, имеет место быть. Отсюда же, каждый технический раритет не менее ценен для окружающих, чем художественное творение (если, конечно, в обоих случаях это творение Мастера, а не повторение уже известного на примитивном уровне). **Для получения более полноценной картины окружающего мира значимы и статуя Аполлона и сакраментальный печной горшок - различные лишь прагматическая их приложимость и, естественно, уровень и целевая направленность информационной наполненности, вложенной в них создателями, иначе - глубина про-**

работки связей информационного поля: горшков (и разных!), естественно, всегда больше, чем Аполлонов. Их столько и требуется и иначе быть не может.

И чем сложнее и совершеннее техническое изделие, чем большее количество информационных связей - осознанно и неосознанно - вложено в него, чем больше универсальность выполняемых функций, тем более эмоционально воспринимается оно людьми, даже не знакомыми с принципами, которые были использованы при создании. Известное высказывание Туполева - "красивые самолёты хорошо летают" - имеет реальный смысл именно в том, что **целесообразность, т.е. правильность использования основных информационных связей (в данном случае - летательного аппарата) хорошо воспринимается в том числе и на интуитивном уровне.** Во многих областях знаний также бытуют утверждения о "красивых" теориях, либо формулах. Здесь: целесообразность, соразмерность целям и задачам конструкции, структура формулы, воспринимается в том числе и на интуитивном уровне: как красота. И безразлично, что именно "красиво" - здание, картина, космический аппарат, физическая формула или песня; если создатель их сумел воплотить в них именно тот свой взгляд на реальную действительность, который может вызвать соответствующий ответный отклик у зрителя или пользователя, эта вещь будет именно красива, то есть в максимальной степени совпадать с точкой зрения последнего, с его же представлением о целесообразности. Поэтому воспринимаются красивыми и природные объекты - как живые, так и не живые: они адекватны самим себе, то есть как раз целесообразны. И лишь отсутствие у перцепиента связного понятия об объекте и его свойствах не позволяет почувствовать красоту последнего.

Именно стремлением сохранить и передать будущим преобразователям мира (а живое существо не может существовать в мире, не взаимодействуя с ним) свой взгляд на него, определяется суть исторической науки вообще и истории техники в частности. Сложность связей этих объектов не поддаётся доскональному описанию, целесообразность их максимальна, и если мы не хотим получить унылую череду изобретателей одного и того же (пусть и гениального!) колеса, эти объекты должны быть сохранены и доступны обозрению всех желающих. И альтернативы нет, ибо на этом пути ошибки и тупики не менее ценны, чем удачи. Строго говоря, в технике ошибок не бывает: неудачи в решении конкретных проблем могут иметь место (и обычно-таки имеют!) при неверном приложении имеющихся знаний к решению данной задачи. Здесь есть прямой резон говорить, что **осознанная техническая ошибка - это информация, не нашедшая адекватного воплощения в данных конкретных условиях.** При создании какого-либо объекта, использующего те же информационные связи (целиком, либо частично), даже не слишком удачная для своих целей конструкция или технический прием может послужить отправной точкой для новых и нетривиальных решений. Развитие технологии, смежных областей знаний, да и теории самого воспроизводимого процесса приводит к тому, что на каждом следующем витке развития как исходные могут восприниматься идеи, уже "отработанные" ранее и признанные тупиковыми (или - доведёнными до совершенства, что по сути одно и то же). И если так, то в основе развития науки лежат именно технические ошибки и попытки - удачные ли, нет ли - их преодоления. **Наука - побочное дитя практики,** вносящее в своем развитии новый смысл в известные факты и явления: её исследования ведутся в направлениях, доступных в результате накопления практического опыта и раскрытия каких-либо определённых связей информационного поля, а в результате этой работы становятся известными новые связи, которые в свою очередь можно использовать на практике, когда она будет к этому готова. По этой причине, изучение истории техники воспринимается под несколько иным ракурсом, чем принято считать. **Заложенное создателями понимание процессов, для которых была создана данная машина или**

аппарат, может быть воспринято их потомками и последователями, в том числе и на эмоциональном уровне, как утверждалось выше. Нет смысла рассуждать о первородстве яйца или курицы: се - непрерывный цикл и он поддерживает сам себя, тем самым, сохраняя целостность восприятия информационного поля, а это - самое ценное наследство, каковое вообще можно передать. В мире это все понимают (правда, в основном - на интуитивном уровне), как необходимый элемент самосохранения общества. И в том смысл всех картинных галерей и музеев.

Чем больше мы узнаём новой информации о целях нашей работы и средствах их достижения, тем с большей вероятностью можем предсказать итог нашего труда, но тем и дальше его окончание из-за необходимости удовлетворить всем связям. **Техника - не победа над природой, а победа над своим незнанием природы,** точнее той ее части, тех ее информационных связей, с которыми мы в данный момент пытаемся работать. И эта разница принципиальна. **Невозможно "покорять природу", но доступно приближать своё понимание её, абстрактную картину, которой мы оперируем, к реальной и бесконечно конкретной действительности.**

И если мы не хотим заставлять новое поколение изобретателей каждый раз бегать нагишом по своим Сиракузам в умилении от открытия гидростатики, но все-таки предполагаем себя не самыми глупыми потомками талантливых предков, нам надо знать как можно больше о том, каким путем они довели нас до такой жизни: нравится ли нам она или нет. В круг этих знаний входит несомненно и понимание тех тупиков, ошибок и заблуждений, которые встречались на пути прогресса. По крайней мере, для того, чтобы вдохнуть жизнь живую в собственную память. История идей, попытка передачи самого духа изобретательства, подвигнувшего к постижению очередного этапа тайн природы, не менее ценный музейный объект, чем даже тот предмет, который получился в результате. И если мы сумеем сами понять и передать нашим потомкам это понимание пути разума, мы оставим им самое ценное наследство.

Да, прямая - кратчайший путь между двумя точками. Но она - непродуктивна именно потому что единственна. Отсутствие проблем и сомнений, безэмоциональность этого кратчайшего направления, лишает его вариативности и возможности развития в отличном от заданного самим ходом дела прямого направления. А оно уже исчерпало себя, раз соединив две точки. И вряд ли очередная цель будет лежать в точности на экстраполяцию луча наших изысканий. Развивать нашу прямую, не изменяя ее собственных качеств, возможно только в двух направлениях, причем - взаимно противоположных. Потому, для ухода от того, что мы уже исчерпали, нам необходимы вариации и "рысканья" разного рода в поисках знания и направления дальнейшего развития. Прямая появится потом, после того, как задача будет решена и мы соединим конечную точку нашего поиска с исходной очередным ее отрезком: кратчайший путь всегда будет вторичен по отношению к направлению наших поисков, это - всегда результат их. Но, видя только то, что получилось, все будут полагать, что именно эта линия - магистральный путь прогресса. Со временем, возможно, мы и сами уверуем в это. Но тогда мы перестанем быть исследователями. И другие начнут искать путь решения своих уже вопросов. Им-то и понадобятся знания о путях наших поисков для определения своего маршрута движения вперед. В этом (по большому счету) смысл человеческого существования вообще. (ДАБ-2019)



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

М. И. У. им. Н. Э. Баумана

Илья Александрович Евсюков, бакалавр,

Светлана Львовна Березина, к.т.н., доцент кафедры ФН-5,

Елена Анатольевна Елисева, к.т.н., доцент кафедры ФН-5.

Рассмотрены составы высокоэффективных топлив жидкостных ракетных двигателей. Приведены реакции процессов окисления топлив и действия катализаторов. Отмечена необходимость учета экологической составляющей при разработке перспективных топлив

The compositions of high-performance of the fuel for liquid rocket engines are discussed. The reaction of the oxidation of fuels and the action of catalysts are given. The need to take into account the environmental component in the development of promising fuels is indicated

Ключевые слова: топливо, удельный импульс, окислитель, самовоспламенение

Keywords: fuel, specific impulse, oxidizer, self ignition

В жидкостных ракетных двигателях, относящихся к классу химических, используют однокомпонентные топлива, включающие одновременно окислитель и горючее, и двухкомпонентные, при раздельной подаче окислителя и горючего в камеру сгорания.

При выборе состава эффективных топлив [1,2], помимо энергетических характеристик (табл.), необходимо учитывать экологические аспекты, вероятность образования токсичных продуктов при химическом взаимодействии компонентов.

Таблица [3] Характеристики двухкомпонентных топлив

Окислитель	Горючее	Усреднённая плотность топлива г/см ³	Температура в камере сгорания, К	Пустотный удельный импульс, с
Кислород	Водород	0,31	3250	428
Кислород	Керосин	1,04	3755	335
Кислород	Несимметричный диметилгидразин	0,99	3670	344
Кислород	Гидразин	1,07	3446	346
Кислород	Аммиак	0,84	3070	323
Тetraоксид диазота	Керосин	1,27	3516	309
Тetraоксид диазота	Несимметричный диметилгидразин	1,19	3469	318
Тetraоксид диазота	Гидразин	1,23	3287	322
Фтор	Водород	0,62	4707	449
Фтор	Гидразин	1,31	4775	402
Фтор	Пентаборан	1,31	4807	361

При выборе однокомпонентных топлив необходимо учитывать, что в зависимости от условий они могут проявлять себя как топливо или как взрывчатое вещество.

В однокомпонентных топливах используют системы, представляющие собой индивидуальные соединения или растворы нитро- и хлорпроизводных углеводородов в азотной кислоте:

1. Топлива на основе растворов органических веществ в азотной кислоте и оксида азота.

2. Топлива на основе нитросоединений (нитрометана CH_3NO_2) и нитроэфиров (этилнитрат $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2$, метилнитрат CH_3ONO_2).

3. Топлива на основе пероксида водорода и растворов в пероксиде водорода органических веществ.

Топливо на основе пероксида водорода разлагается на воду и кислород с выделением теплоты: $\text{H}_2\text{O}_2(\text{ж}) \Rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 1/2\text{O}_2 + 52,6 \text{ кДж}$, что создает возможность его использования как самостоятельного топлива с низкой температурой горения.

Практическое применение как однокомпонентное топливо нашел 80%-90% пероксид водорода, использовавшийся в ракете V-2 как вспомогательное топливо для образования парогазовой смеси, приводящей в действие турбины насосов, подающих топливо в ракетном двигателе. Его разложение осуществляется при помощи твердых или жидких катализаторов (этиловый спирт, ацетон, глицерин).

Широко применяются гидразин N_2H_4 и его производные (метилгидразин, несимметричный диметилгидразин и их смеси аэрозин).

Гидразин в качестве однокомпонентного топлива используется при каталитическом разложении на азот и водород. В двухкомпонентных топли-

вах N_2H_4 используется как горючее в паре с разными окислителями (азотной кислотой, кислородом, пероксидом водорода, диоксидом азота).

Катализаторами реакции окисления топлива являются соли металлов с переменной степенью окисления; процессы окисления ускоряют CuO , V_2O_5 , PbO , оксиды платины и палладия. Повышения каталитической активности достигают применением смешанных катализаторов ($\text{CuO}+\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{MnO}_2+\text{PbO}_2$).

В самовоспламеняющихся топливах в качестве катализаторов применяют:

1. хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, вводятся в окислитель (топливо - азотная кислота, амины, непредельные углеводороды);

2. нитрат железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, вводится в окислитель, топливо - то же;

3. соли органических кислот $(\text{RCOO})_2\text{M}$, вводятся в горючее, топливо - то же;

4. соединения ванадия $\text{V}_2\text{O}_2\text{Cl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, топливо- однокомпонентное, пероксид водорода;

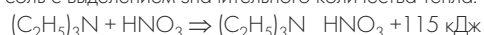
5. перманганаты KMnO_4 , NaMnO_4 , $\text{Ca}(\text{MnO}_4)_2$, топливо- однокомпонентное, пероксид водорода.

Самовоспламенение компонентов топлива, представляющее собой реакцию окисления, позволяет упростить конструкцию двигателя и гарантировать воспламенение топливной смеси в камере сгорания. Для снижения периода задержки воспламенения применяют соли железа, меди, ванадия и других металлов.

Самовоспламенению органических веществ при контакте с окислителями предшествует ряд промежуточных реакций, которые начинаются при обычных условиях и протекают с большой скоростью.

В результате первоначального энергичного разогрева реакционной смеси инициируются последующие предпламенные реакции окисления, приводящие затем к воспламенению.

Так, триэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ с азотной кислотой образует азотнокислую соль с выделением значительного количества тепла:



Выделяющаяся теплота не успевает рассеиваться, что приводит к разогреву реакционной смеси и окислению всей молекулы.

В настоящее время перспективными являются разработки по использованию в качестве горючих предельных жидких углеводородов (метана, этана, пропана) [4], характеризующихся улучшенными энергетическими, эксплуатационными и экологическими параметрами.

Литература

1. Паушкин Я.М. Жидкие и твердые химические ракетные топлива. М.: Изд-во Наука, 1978. 192 с.
2. Тимнат И. Ракетные двигатели на химическом топливе. М.: Изд-во Мир, 1990. 294 с.
3. Д. И. Завистовский, В. В. Спесивцев. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. Харьков: Изд-во Национальный аэрокосмический университет "Харьковский авиационный институт". 2006. 122 с.
4. Калугин К. С., Сухов А. В. Особенности использования метана в качестве горючего для жидкостных ракетных двигателей // Вестник Московского авиационного института. 2018. Т. 25. № 4. С.120-132.

Связь с авторами: dekan-fn@bmstu.ru

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГАЗОДИНАМИКИ

Юрий Михайлович Кочетков, д.т.н.

В результате обширного анализа параметров российских и иностранных ЖРД показано, что для современных двигателей возможное максимальное число Рейнольдса ограничено величинами $40 \cdot 10^6$. Рассчитано значение масштаба Колмогорова и показано, что оно зависит от величины плотности рабочего тела и, по существу, определяет предельную величину ячейки расчетной сетки. При этом предельная величина ячейки зависит от числа Рейнольдса и составляет величину в несколько процентов от величины масштаба. Определено местоположение странного аттрактора. Он находится в области критических термодинамических параметров. Применительно к двигателю – это область критического сечения сопла.

As a result of extensive analysis of the parameters of Russian and foreign LRE, it is shown that for modern engines the possible maximum number of Reynolds is limited to $40 \cdot 10^6$. The value of the Kolmogorov scale is calculated and it is shown that it depends on the density of the working fluid and, in essence, determines the limit value of the grid cell. In this case, the limit value of the cell depends on the Reynolds number and is a value of several percent of the scale. The location of the strange attractor is determined. It is located in the region of critical thermodynamic parameters. In relation to the engine – this is the area of the critical section of the nozzle.

Ключевые слова: турбулентность, странный аттрактор, масштаб Колмогорова, критические параметры.

Keywords: turbulence, strange attractor, Kolmogorov scale, critical parameters.

Среди больших нерешенных проблем классической физики турбулентность, несомненно, является старейшей. Несмотря на доступность и относительно низкую стоимость аппаратуры по изучению этого раздела газогидродинамики, несмотря на практическое отсутствие препятствий как физических, так и морально стимулирующих продвижения по этой проблеме, начиная с момента опытов Рейнольдса, практически не произошло. Многие авторы констатируют данную ситуацию как нонсенс [1]: "Несмотря на свою банальность, это замечание поднимает вопрос, который рано или поздно привлечет внимание историков науки, а именно вопрос о глубинных причинах (вызванных стечением обстоятельств или эпистемологического характера) относительно застоя в научной дисциплине, никогда не страдавшей от недостатка практической и экономической мотивации".

Во многих серьезных научных работах весьма недвусмысленно заявляется о том, что мы еще далеки, даже очень далеки от решения проблемы турбулентности, то есть от того, чтобы дать её точное объяснение и описать механизмы её возникновения. Вся проблема, по-видимому, заключается в том, что в настоящее время отсутствуют наглядные экспериментальные исследования на эту тему, что вызвано характером процесса. Это – мелкомасштабность и быстротечность. Современные индикаторы не позволяют этого делать, поэтому первичные базисные данные, которые могли бы войти в теорию как основа, отсутствуют. В связи с этим традиционными стали не феноменологические методы, а эвристические, основанные на абстрактных представлениях и конструировании сценариев.

Большим прогрессом в исследовании турбулентности было использование в качестве инструмента математической теории нелинейных уравнений. Это позволило разработать теорию устойчивости процессов в динамических системах. Под динамической системой понимается любая система, какова бы ни была её природа (физическая, химическая, электромагнитная и др.), которая может принимать различные математические формы: обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, отображений прямой и плоскости.

Важным положением этой теории (динамических систем) является наличие или отсутствие в этой системе внутреннего трения, присутствие или отсутствие диссипативности. Различают системы без трения. Это гамильтоновы системы. Здесь всё определяют начальные условия. В диссипативных системах начальные условия не влияют на последующее протекание процесса. Внутреннее трение влечет за собой существование в системе аттрактора – об-



Эдвард Лоренц

Давид Рюэль

Флорис Такенс

ласти притяжения всех решений системы. Аттрактором может быть точка равновесия, предельный цикл Пуанкаре. А также большим и наиболее важным открытием оказался странный аттрактор. Его в процессе численных расчетов обнаружил в 1963 году метеоролог Э. Лоренц. Математически это понятие было сформулировано в 1971 году Д. Рюэлем и Ф. Такенсом как ключевой элемент в понимании иррегулярного поведения, описываемого детерминистскими уравнениями в понимании турбулентности. Тем самым было положено начало исследованиям, так называемого, детерминированного хаоса.

В связи с чем возникла новая область физики, которую называют по-разному: нелинейная физика, теория турбулентности или хаоса. При этом ключевым элементом этой теории является странный или хаотический аттрактор.

Инструментарий нелинейной физики

В основу теории статистической турбулентности или, что тоже самое, детерминированного хаоса положена теория нелинейной физики, основанная на математической теории нелинейных дифференциальных уравнений. Само понятие нелинейность имеет строго математическую интерпретацию. Это по сути иррациональность, трансцендентность. Предсказать её с помощью кратных коэффициентов невозможно. И это понятие (нелинейность) приобретает определенный физический смысл при конкретном рассмотрении процессов, связанных с локализованными устойчивыми решениями, называемыми солитонами [2]. Физически появление солитонов связано с неперенным равенством диссипативных и дисперсных сил. И если в динамической системе появляются дисперсные силы, которые уравнивают диссипативные, то есть нелинейность уравнивает диссипацию, то система становится устойчивой и реализуются солитоны.

Ярким примером временного солитона являются автоколебания [3]. Забегая вперед, скажем, что наличие автоколебаний свидетельствует о присутствии предельного цикла Пуанкаре. Солитоном является также классическая уединенная волна Дж. Рассела [4].

Совершенно очевидно, что странный аттрактор тоже является солитоном. В соответствии с теорией, странный аттрактор появляется как асимптотический предел решений в фазовом пространстве при ведущем параметре, стремящемся к бесконечности. Для турбулентности этим параметром является число Рейнольдса. Фазовым пространством или фазовым портретом является математический объект, сформированный из дифференциального уравнения с помощью координат траекторий, касательных к ней скоростей, и является, в частности, линией на плоскости в координатах $(x, \dot{x})$. Если линия замкнутая, то говорят о положении равновесия или о предельном цикле Пуанкаре.

В качестве примера можно показать, что автоколебательный процесс, описанный в работе [5] уравнением

$$\frac{d^2 \tilde{p}}{d\tau^2} + 4v \frac{kM^2}{R^2} \frac{\ln \frac{R\omega}{\omega^2}}{d\tau} \tilde{p} = 0,$$

в фазовом пространстве представляется в виде предельного цикла Пуанкаре. Для этого по аналогии с [6] представим это уравнение в виде

$$\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0,$$

где $q = \tilde{p}$;

$$\ddot{q} = \frac{d^2 \tilde{p}}{d\tau^2} \text{ и } \omega_0^2 = 4v \frac{kM^2}{R^2} \frac{\ln \frac{R\omega}{\omega^2}}{d\tau}.$$

Обозначения представлены в [6].

Пусть $q = y$, тогда имеем систему:

$$\begin{aligned} \dot{q} &= y, \\ \dot{y} &= -\omega_0^2 q. \end{aligned}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим уравнение

$$y dq + \frac{1}{\omega_0^2} = 0,$$

которое называется уравнением интегральных кривых в фазовом пространстве $(\dot{q}, q)$.

Интегрируя это уравнение, получим

$$\frac{q^2}{2} + \frac{y^2}{2\omega_0^2} = c_1.$$

Константу c_1 представим в виде $2c_1 = c^2$.

Получаем, что вся фазовая плоскость заполнена вложенными друг в друга эллипсами (за исключением точки $q = y = 0$):

$$\frac{q^2}{c^2} + \frac{y^2}{(\omega_0 c)^2} = 1.$$

Такие траектории соответствуют периодическим движениям, поскольку фазовая точка движется по замкнутой кривой.

В общем случае, для систем с вынуждающей силой и затухающими колебаниями, например, для триодного генератора Ван дер Поля, колебания с малой амплитудой усиливаются, а с большой затухают. При этом линии в виде спиралей наматываются на замкнутую кривую в виде эллипса. И тогда эллипс является предельным циклом Пуанкаре [7].

Статистическая теория турбулентности

Согласно работе [8] можно заключить, что окончательной теории турбулентности на сегодняшний день не существует. Но существует несколько концепций. Наиболее распространенная из них концепция, построенная на сценарии, использующем понятие бифуркация: бифуркация удвоения периода. Это некий сценарий развития турбулентности, который предполагает первоначально присутствие в системе большого вихря. Этот вихрь дискретно при определенных условиях распадается на частикратно двум. В результате при достижении очень больших чисел Рей-

нольдса вихрь в соответствии со знаменитой теорией А.Н. Колмогорова становится предельным, который впоследствии превращается в тепло [9]. По всей видимости эта ситуация, когда достигается странный аттрактор, и есть момент возникновения хаоса. Подробности дробления большого вихря в литературе также представлены, и они сходятся на присутствии в процессе такого явления как каскадное разрушение - каскад Ричардсона. Как показали рассуждения и расчеты Фейгенбаума, этот каскад подчиняется некоему универсальному сценарию, опять тому же сценарию, использующему сценарий бифуркации удвоения периода [7]. Универсальность заключается в том, что, как показал тот же самый Фейгенбаум, разрушение происходит в соответствии с математической последовательностью

$$x_{n+1} = \lambda f(x_n),$$

а все значения сгущаются к некоторому значению $\lambda = \lambda_{кр}$. И как только $\lambda > \lambda_{кр}$, то внутри некоторой области фазового пространства оказывается бесконечное множество неустойчивых циклов с периодом

$$T_\infty = 2^\infty,$$

и вслед за этим сложным образованием сразу появляется хаотический (странный) аттрактор. Другими словами, создается ситуация перехода вихревого потока к своему предельному состоянию, к самой бурлящей турбулентности [10] - к хаосу, то есть мы вновь возвращаемся к ламинарному течению. Эта ситуация в переводе на физические процессы возникает при $Re \rightarrow \infty$.

О возможности получения решений при больших числах Рейнольдса методами современной вычислительной гидродинамики

Вся трагедия вычислительной гидродинамики заключается в том, что на сегодняшний день она построена на уравнениях Рейнольдса, страдающих многочисленными несоответствиями при описании истинной картины течений из-за многочисленных допущений, предположений и даже ошибок. Но это, как говорил сам Рейнольдс, всего лишь прием. Да, действительно, это именно прием, который позволяет хоть чего-нибудь посчитать. Экспериментами уравнения Рейнольдса не подкреплены, а массивованная корреляционная диагностика не является объективным доказательством верификации. Наиболее объективными экспериментами по турбулентности являются визуализационные с применением метода уноса массы [11].

Итак, как было показано выше, эвристические методы, зашедшие очень далеко в своих предположениях, при расчетных исследованиях с помощью современных электронных продуктов, накладываются на уравнения Рейнольдса и образуют весьма внушительную субстанцию. Следует поклониться тем людям, которые освоили эти программы, разбираются в многочисленных индексах этих сложнейших уравнений, приняли и применяют турбулентные сценарии. Поняли, как ни странно, что такое странный аттрактор. Но! Было бы все не так страшно, если бы все эти теории не приводили к заявлениям о том, что в настоящее время рассчитать турбулентную газовую динамику для больших чисел Рейнольдса современными методами принципиально невозможно [12]. Все расчетные решения на очень мелкой сетке будут давать случайные траектории. Все будет зависеть от степени точности задания исходных данных. Ну а странный аттрактор, тот предел, к которому стремится каждая из этих траекторий, вообще сосчитать невозможно. Что же делать? Может отказаться от этих монстроидальных методов и программ, к которым мы уже так привыкли, и они сидят у нас в крови? Думается, что это не получится по двум причинам. Первое - трудно отказаться от своего дитя, и второе - с помощью чего считать. Теперь беспристрастно проанализируем ситуацию.

1. До какой степени может расти число Рейнольдса? В работе автора неоднократно было показано, что самое большое число Рейнольдса для двигателя находится в критическом сечении:

$$Re = Re_{кр} / \bar{r}$$

здесь $Re_{кр}$ - число Рейнольдса в критическом сечении;

$\bar{r} = r/r_{кр}$ - степень расширения канала.

Рассчитаем это число для различных двигателей. Найдем зна-

чения $Re_{кр}$ для доступных конструкций и режимов.

На рис. 1 представлена гистограмма, построенная по результатам этих расчетов. Из нее видно, что самое большое число Рейнольдса не превышает $40 \cdot 10^6$.

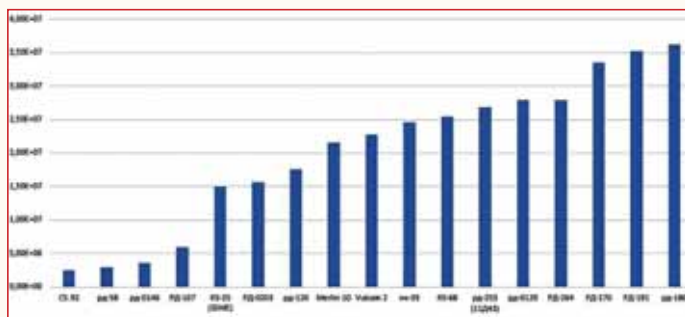


Рис. 1 Число Рейнольдса в критическом сечении (расчёт провёл Р.Е. Телюков)

2. Расчёты следует, видимо, проводить на сетке с размером меньшим, а может быть сильно меньшим колмогоровского масштаба. В соответствии с этим [12]:

$$\eta = l_0 Re^{-3/4}.$$

С учетом того, что самое большое число Рейнольдса в критике, после преобразований получаем, что

$$\eta = \frac{v}{a_{кр}} = \frac{\mu}{\rho \cdot a_{кр}},$$

где η - колмогоровский масштаб;

μ , v - динамическая и кинематическая вязкости;

ρ - плотность рабочего тела;

$a_{кр}$ - скорость звука в критическом сечении.

Расчеты показали, что отношение $\mu/a_{кр}$ является величиной, примерно постоянной (рис. 2), а величина η существенно зависит от плотности продуктов сгорания (рис. 3)

$$\eta \sim 1/\rho.$$

Это означает, что масштаб Колмогорова тем меньше, чем более плотное рабочее тело.

По размеру η можно вычислить размер ячейки расчётной сетки Δ , которая

$$\Delta < \eta \text{ либо } \Delta \ll \eta.$$

3. Так получается, что в соответствии с теорией детерминированного хаоса странный аттрактор находится в области критического сечения сопла, которое и является местом появления хаоса, а, значит, он вполне прогнозируем. Все стало логичным: турбулентность кончается в критическом сечении, т.к. в соответствии с теоремой 5 [13] в сверхзвуковом потоке турбулентность отсутствует.

4. Полученное максимальное значение числа Рейнольдса в критическом сечении является лишь примером. В общем случае, для других аппаратов, турбины, форсунок и т.д. максимальное значение чисел Рейнольдса будет реализовываться при достижении критических термодинамических параметров (для ракетного двигателя это $M = 1$).

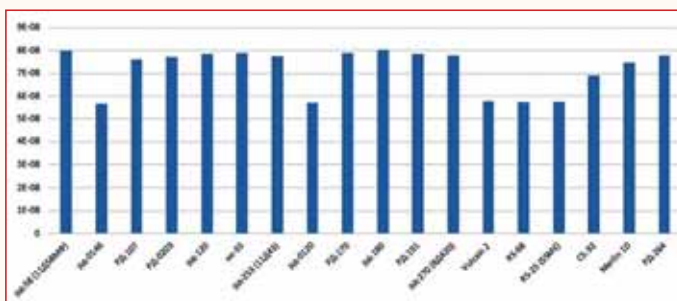


Рис. 2 Отношение динамической вязкости к скорости звука в критическом сечении (Р.Е. Телюков)

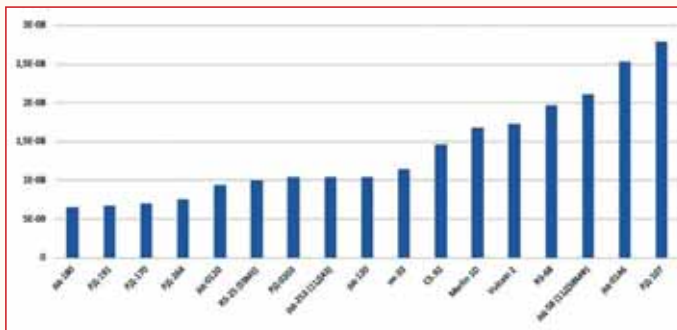


Рис. 3 Число Колмогорова (Р.Е. Телюков)

Литература

1. П. Берже, И. Помо, К. Видаль. Порядок в хаосе // М. изд. МИР, 1991 г.
2. Р. Додд, Дж. Эйлбек, Дж. Гиббон, Х. Моррис. Солитоны и нелинейные волновые уравнения // М. изд. МИР, 1988 г.
3. А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. Теория колебаний // М. Наука, 1981 г.
4. А.Т. Филиппов. Многоликий солитон // М. Наука, 1986 г.
5. Ю.М. Кочетков. Турбулентность. Постановка и определение акустических параметров задачи о ВЧ-устойчивости // Двигатель №2, 2019 г.
6. Д.И. Трубецков. Введение в синергетику. Колебания и волны. // М. УРСС, 2003 г.
7. Д.И. Трубецков. Введение в синергетику. Хаос и структуры. // М. УРСС, 2004 г.
8. Ю.И. Хлопков, В.А. Жаров, С.Л. Горелов. Когерентные структуры в турбулентном пограничном слое // М. МФТИ, 2002 г.
9. А.Н. Колмогоров. Избранные труды. Математика и механика // М. Наука, 1985 г.
10. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и звук // Двигатель №4, 2006 г.
11. Ю.М. Кочетков. Турбулентность и математическое доказательство о ее невозможности в сверхзвуковом потоке // Двигатель №3, 2018 г.
12. А.С. Киселев. Диффузионное турбулентное горение // М. Труды НПО Энергомаш №26, 2008 г.
13. Ю.М. Кочетков, Т.Н. Кравчик, О.А. Подымова. Пять теорем турбулентности и их практические приложения // Вестник машиностроения №7, 2019 г.

Связь с автором: swgeorgiy@gmail.com

ИНФОРМАЦИЯ

С 2007 г. в Гарвардском университете работают над роботизированной пчелой RoboBee - прототипом миниатюрных беспилотных летательных аппаратов. На первом этапе был создан пьезоэлектродвигатель, который обеспечивал тончайшим крыльям до 120 взмахов в секунду. Затем удалось стабилизировать полет и сделать его управляемым. Размер робота-насекомого составляет примерно половину размера обычной канцелярской скрепки, а масса менее 0,1 г.

Пьезоэлектродвигатель состоит из микроскопических полос из специального керамического материала, который сжимается и

расширяется под воздействием приложенного к нему электрического поля. Эти керамические полосы прикреплены к несущей конструкции из легкого углеродистого пластика и к крыльям, что позволило создать механо-электрический аналог мускулов, приводящих в движение крылья насекомого.

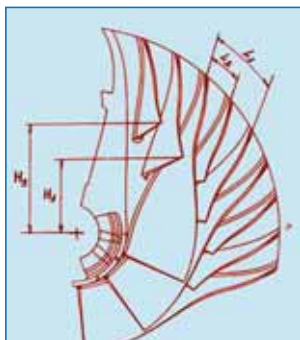
На втором этапе, для обеспечения выполнения более сложной траектории полета, были добавлены ещё два крыла.



В настоящее время, для того, чтобы сделать роботов RoboBee полностью автономными, исследователи работают над созданием малогабаритной и легкой системы аккумуляции энергии достаточной ёмкости. Это могут быть не только аккумуляторные батареи, но и малогабаритные топливные элементы, энергия от которого позволит роботу-насекомому RoboBee летать, не будучи привязанным к тончайшему электрическому кабелю.

ОБЫЧНЫЙ СЕМИНАР В НЕОБЫЧНОЕ ВРЕМЯ

Дмитрий Александрович Боев, главный редактор НИУ МЭИ



Что можно оптимизировать в рабочем колесе...

26 июня 2019 г. во ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова" произошло событие, на которое в своё время никто, кроме причастных, не обратил бы особого внимания, а сейчас очень бы хотелось считать его знаковым. Состоялся семинар отделения компрессоров по перспективам развития лопаточных машин.

Идеологом проведения и основным докладчиком семинара выступил давний автор журнала "Двигатель", научный сотрудник ЦИАМ, математик и расчетчик отделения компрессоров ЦИАМ им. П.И. Баранова, А.В.Ефимов. Он предложил представить на совещание несколько разработанных им в последние годы тем и убедил ряд наиболее деятельных молодых учёных этого института и сотрудничающих с ним показать на публике свои работы, предоставив их оценке собравшихся специалистов отрасли. Ему удалось убедить в полезности такого семинара научное руководство отделения и института. В результате совещание проходило под патронатом заместителя генерального директора по науке А.И. Ланшина.



В.И. Милешин

Зал собраний административного корпуса института был наполнен почти так же, как в те годы, когда такие собрания не были редкостью, а высокий научный уровень собравшихся был нечаст даже и для тех времён.

Семинар открыл руководитель отделения компрессоров В.И. Милешин. Он поздравил собравшихся с возобновлением научных собраний по поводу проводимых работ (что уже давно не практиковалось) и выразил надежду, что и другие учёные института последуют примеру компрессорщиков.

С первым докладом о расчетных исследованиях путей повышения эффективности высоконапорных центробежных ступеней выступил А.В. Ефимов. Он рассказал, что работая с центробежными ступенями высокой напорности, ему удалось сделать теоретическое обоснование хода процесса во многорядных ступенях такого типа. Также были показаны результаты практических и теоретических исследований многорядных лопаточных и безлопаточных



диффузоров центробежных компрессоров. Результаты этих работ защищены теперь патентом РФ. Ещё ряд заявок находится на рассмотрении.

Ряд докладов был посвящен проектированию высоконапорных центробежных компрессоров с покрывным диском. По словам А.В. Ефимова, такая конструкция позволит улучшить профиль течения в компрессоре и уменьшит в нём вторичные потери - а, следовательно, увеличить КПД ступени на 2-3 %. В докладе ведущего инженера НИИД И.В. Скворцова показаны различные методы изготовления покрывных дисков на колесе, в частности - работы со сварны-



А.В. Ефимов



ми соединениями. В докладе научного сотрудника МАИ А.А. Гомберга прозвучали слова о перспективности применения таких конструкций в двигателях малоразмерных летательных аппаратов.

Начальник отдела центробежных компрессоров ЦИАМ А.Н. Старцев объяснил, как удаётся, используя современные методы расчётных работ с высокой точностью прогнозировать протекание расчётных характеристик ступени, практически полностью совпадающее с результатами, полученными в ходе испытаний. С другой стороны, он высказал здравые сомнения в такой исключительной эффективности покрывных дисков во всём диапазоне работы ступени.

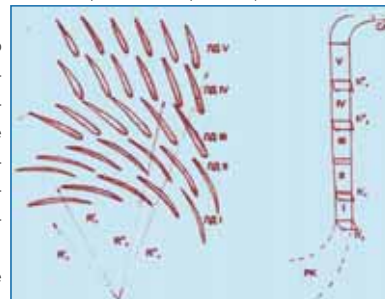
Научный сотрудник ЦИАМ В.В.Исаков на практических примерах показал, как в институте осваивают возможности, предоставляемых



системами лазерной сварки высокопрочных сплавов.

Многочисленные вопросы слушателей семинара и просьбы конкретизации сказанного в ходе нормальной научной дискуссии грозили бы сделать собрание бесконечным, если бы не профессионально чёткая модерация ведения семинара, показанная В.И. Милешиным. Впрочем, и после окончания семинара, его участники и слушатели долго не расходились из фойе зала, продолжая обсуждения.

Новое - хорошо забытое старое. Будем надеяться, что инициатива учёных-компрессорщиков будет подхвачена и другими отделениями, и научные обсуждения в научном же институте вновь станут обыденным делом. Что всегда было характерно для этой организации.



Новое видение лопаточного диффузора

Литература

1. А.В. Ефимов, Предельно достижимое повышение полного давления в одноступенчатом компрессоре, журнал "Двигатель" № 5(59) 2008, стр 24-25 и № 6 (60) 2008 г. Стр 6-7
2. А.В. Ефимов, Предельно достижимое повышение полного давления в одноступенчатом компрессоре, журнал "Двигатель" № 6(60)2008 г. Стр 6-7
3. А.А. Гомберг, А.В. Ефимов, В.В. Докашев, И.В. Скворцов, Открытые перспективы "закрытого" колеса, журнал "Двигатель" № 6(72)2010г. Стр 6-8
4. А.В. Ефимов, Предложение к вопросу повышения топливной эффективности, журнал "Двигатель" № 2 (104) 2016 г. Стр 10-11

ЗНАЕМ ТО, ЧТО СОХРАНИЛИ

*Хранить – это дело почетное тоже
(В.С. Высоцкий, Песня летчика-испытателя)*

Центр молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) "Полицентр: авиация и космос"
Иван Александрович Ушкин, руководитель 1-го отдела ЦМИТ

Я убежден, что путешествие во времени возможно. Просто механизм таких путешествий широкой общественности пока неизвестен. И сейчас, пожалуй, лишь память служит мостиком из прошлого в настоящее. А откуда мы можем получить знания о прошлом, которое превышает время нашей и ближайших предков, рассказы которых – тоже часть нашей жизни? Из сохранившихся источников своего времени.

Компания POLYCENT начала свою деятельность в 1995 г. как небольшая компьютерная студия при Политехническом музее г.Москвы. На сегодняшний день Эта компания объединяет масштабную сеть центров инновационного творчества, в которых проводятся занятия по робототехнике (для детей различного возраста), различные компьютерные курсы и др. В 2016 г. был создан как структурное подразделение POLYCENT'а Центр молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) «Полицентр: авиация и космос». При этом ЦМИТе был создан 1-й отдел. Он возник отчасти как результат работы многих сотрудников организации в библиотеке Политехнического музея. Тогда же и были сформулированы основные задачи этого отдела: 1) сохранение русскоязычного научно-технического наследия в сфере авиационного и воздухоплавательного дела путем сбора и оцифровки материала (хронологически – от самых основ отечественной авиации и воздухоплавания до сер. 50-х гг. XX в.) 2) установление деловых и дружественных отношений со всеми техническими библиотеками (универсальными и специализированными), а также с архивами 3) восстановление межбиблиотечных связей (путем обмена материалами) с помощью постоянно пополняемого цифрового фонда 1-го отдела. Приоритетными тематиками остаются на сегодняшний день следующие: технические описания самолетов и авиационных моторов; инструкции по эксплуатации самолетов и авиационных моторов; регламенты технического обслуживания самолетов и авиационных моторов; самолетное оборудование; воздухоплавательная техника и ее оборудование (в т.ч. аэронавты); планы.

Хоть и небольшой (порядка 600 высококачественных копий) цифровой фонд 1-го отдела на сегодняшний день включает в себя издания ГК НИИ ВВС, НИИ ГВФ, номерных предприятий и заводов НКАП (МАП), отдельных ОКБ, центральных издательств (Оборонгиза, Воениздата и др.) по моторам М-5, М-11, М-15, М-34, М-85, М-100, АШ-..., АМ-... и др.; по самолетам моделей АНТ-..., Ил-..., МиГ-..., Су-..., Ту-..., Як-... и по более редким (Ще-2, ДБА и др.), а также по вспомогательной авиатехнике; иллюстрированные каталоги авиационного оборудования и мн. другое.

Чего мы смогли добиться за эти три года? За свою работу по поиску, оцифровке и обработке материала мы имеем официальные благодарности от следующих организаций: НТБ НИМК ЦАГИ (г.Москва), концерн радиостроения «Вега» (г.Москва), ГосНИИП (г.Москва), Центр истории авиационных двигателей им. акад. Н.Д.Кузнецова (г.Самара), Российский государственный архив (г.Самара).

Мы готовы сотрудничать с историками, модельстами-конструкторами, научными сотрудниками профильных учреждений.

«Прогресс авиации обеспечивается коллективным трудом людей»[2]. Эти слова выдающегося авиаконструктора академика А.Н.Туполева, вынесенные на обложку книги (каталога) «Музей ОКБ А.Н.Туполева» (М.: издание музея ОКБ А.Н.Туполева, 2012 г.), можно отнести и к деятельности 1-го отдела ЦМИТ «Полицентр: авиация и космос». И нелишне будет перечислить тех, кто все это время помогал нам и поддерживал работу нашего отдела: Степан Карпинский (руководитель направления детских технических курсов Polyscent), Алексей Корнеев (генеральный директор Polyscent), Дмитрий Кудавев (руководитель научно-технических детских выездных программ).

По всем вопросам сотрудничества пишите автору статьи по адресу aerocent@yandex.ru

...Помнить созданное до нас

В поддержку мыслей, высказанных в предыдущей статье сотрудников ЦМИТ, работающих с Политехническим музеем, хотим напомнить историю нашего журнала, тесно переплетенную с этим же центром нашей истории и культуры

Дмитрий Александрович Боев,
Александр Иванович Бажанов, издатели журнала

Начав выпускать современную версию журнала «Двигатель» в 1999 году, мы ничего не знали о наших предшественниках, издававших этот журнал и его последующие версия в XX века. Поработав в самом начале века XXI в хранилищах Центральной политехнической библиотеки, с помощью сотрудников Политехнического же музея на Старой площади Москвы, мы нашли достаточно авторитетную подборку... журнала «Двигатель», который издавался с 1907 по 1917 год. Это было издание, «призванное объединить всех, интересующихся техническими новациями в самых различных областях техники и промышленности, транспорта и спорта». Что самое интересное, заявленные программные цели, способы их достижения и даже состав редакции (инженеры, учёные, предприниматели, военные, спортсмены) нашего журнала и его архивного предшественника оказались на удивление близкими.

После Революции и гражданской войны, которых тогдашний журнал «Двигатель» не преодолел, он оказался уже издательским домом и «государственной конторой объявлений и подписки». И так – до Войны. Потом, до середины 50-х годов он был журналом ЦИАМ. Какое-то время такого журнала не существовало. И вот, поработав на выставках ассоциации «Союз авиационного двигателестроения» (АССАД), мы решили издавать его. Причём считали эту идею оригинальной, не ведая, что на самом деле продолжаем просветительскую и организационную работы многих поколений предшественников.

Чем и гордимся, более двадцати лет продолжая вековую их деятельность, продолжая славную традицию связи поколений российских мотористов – инженеров, рабочих, ученых, эксплуатационников. Мы горды сознанием того, что и нам, и нашим авторам нашлось место в этой цепочке.

Связь поколений, передача плодов разума потомкам – вот на самом деле тот вечный двигатель, которым приводятся в действие и маховик прогресса и развитие цивилизации.

Бессмертия отдельного живого существа на Земле нет, но часть души каждого, вложенная в то, что он сумеет донести до следующих поколений, останется и будет присутствовать в этом мире, когда и память о нас самих уже давно сотрется.



ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ - О ТВОРЧЕСКОМ ВКЛАДЕ Ю.Н. КУТУКОВА

Ветераны АО "НПО Энергомаш":

Владимир Михайлович Евграфов, канд. техн. наук

Вячеслав Фёдорович Рахманин, канд. техн. наук

Владимир Константинович Чванов, докт. техн. наук

Ветеран ПАО "РКК "Энергия"

Вячеслав Михайлович Филин, докт. техн. наук

История становления ракетного двигателестроения в России неразрывно связана с именем академика Валентина Петровича Глушко. Он по праву считается в России основателем ракетного двигателестроения, создавшим и руководившим около 60 лет всемирно известным предприятием "НПО Энергомаш". Название предприятия и ведомственная подчиненность менялись, но научно-производственная тематика оставалась неизменной: разработка жидкостных ракетных двигателей.

С двигателями, созданными на предприятии, связаны запуск первого искусственного спутника Земли, полет в космос первого человека Юрия Алексеевича Гагарина, создание ракетно-ядерного "щита" страны, развитие дистанционного зондирования Земли, телевидения, исследования планет Солнечной системы, регулярные пилотируемые полеты в космос и многое другое.

Развитие ракетного двигателестроения, как и всей ракетно-космической отрасли, сопровождалось развитием отраслей науки, техники, металлургии, химии и пр. "НПО Энергомаш" под руководством В.П. Глушко превратилось в уникальную "кузницу" кадров ракетного двигателестроения. Отбору кадров он уделял особое внимание, а проявивших себя специалистов особенно ценил и доверял им руководство стратегическими направлениями. То, что делалось по этим направлениям, являлось и до сих пор является уникальной базой данных для будущих разработок. По этой причине и потому, что многие направления деятельности были "закрытыми", имена многих соратников В.П. Глушко остаются малоизвестными и в настоящее время.

Одним из таких работников, не получивших заслуженной им широкой известности, был Юрий Николаевич Кутуков, ученик В.П. Глушко, работавший под его непосредственным руководством. Под техническим руководством Юрия Николаевича в ОКБ "Энергомаш" было разработано два уникальных по своим техническим характеристикам ракетных двигателя.

Юрий Николаевич Кутуков начал работу в конструкторском отделе ОКБ-456 (ныне АО "НПО Энергомаш") после окончания МВТУ им. Баумана в 1953 г. в должности инженера-конструктора в группе по разработке двигателей РД107, РД108 для новой ракеты Р-7, создаваемой под руководством С.П. Королева.

Обладая хорошими теоретическими знаниями, Ю.Н. Кутуков активно включился в работу по созданию новых, не имевших аналогов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Одновременно молодой специалист принимал участие в комсомольской работе отдела и предприятия, а также участвовал в спортивных мероприятиях.

Энергичного, трудолюбивого, общительного молодого инженера заметило руководство конструкторского бюро и, когда в 1956 г. было принято решение о создании новой двигательной группы по разработке ЖРД на новых компонентах топлива, её руководителем был назначен Ю.Н. Кутуков.

В этот период времени в Государственном институте прикладной химии (ГИПХе) и ОКБ-456 завершились исследования разработанного в ГИПХе нового, более эффективного, чем керосин, горючего - несимметричного диметилгидразина (НДМГ). Результаты расчетов и экспериментальных исследований показали, что использование НДМГ в качестве горючего дает значительный прирост удельного импульса тяги ЖРД по сравнению с керосином на 8...10 с.

На основании полученных результатов В.П. Глушко предложил для нового космического двигателя использовать НДМГ вместо керосина. Разработка такого двигателя была поручена группе Ю.Н. Кутукова, а сам Юрий Николаевич был назначен ведущим конструктором по разработке.

Молодой коллектив с энтузиазмом приступил к работе. Ю.Н. Кутуков, уже обладая определенным опытом работы, охотно передавал его молодым инженерам, еще "не нюхавшим по-



Ю.Н. Кутуков

роху", за что и получил в коллективе сотрудников группы шутливое и в то же время уважительное прозвище "Учитель", которое навсегда закрепилось за Юрием Николаевичем.

В начале 1958 г. вышло Постановление Правительства, в соответствии с которым ОКБ-456 поручалась разработка двигателя для III ступени ракеты Р-7, предназначенной для запуска полезного груза на Луну. Вновь создаваемому двигателю было присвоено обозначение РД119. Этим же документом в качестве дублирующего двигателя Воронежскому КБХимавтоматики поручалась разработка ЖРД на кислороде и керосине на базе рулевой камеры двигателя РД107. Параметры этого двигателя были невысокими, но уже имелся отработанный задел основных агрегатов (камера, газогенератор, узлы турбонасосного агрегата и др.),

что позволяло сократить сроки его создания. Такая ситуация создавала сильную конкуренцию новой разработке ОКБ-456.

К двигателю для космической ступени ракеты предъявлялись специфические требования: обеспечение максимально достигнутого удельного импульса, минимальная масса конструкции, надежный запуск в вакууме, минимальный импульс последствий и др. Большинство этих проблем специалистам ОКБ-456 приходилось решать впервые.

Под руководством Ю.Н. Кутукова инженерами группы в начале 1958 г. была выпущена документация на сборку экспериментального двигателя, а во втором квартале - эскизный проект. Началось изготовление узлов и агрегатов в производстве. В течение всего 1958 г. и в первой половине 1959 г. в подразделениях конструкторского бюро, опытного завода и испытательного комплекса шла напряженная работа по изготовлению, испытаниям и конструкторской отработке узлов, агрегатов и двигателя РД119 в целом.

Ю.Н. Кутуков, как ведущий по теме, ежедневно докладывал В.П. Глушко о ходе работ, о наличии "узких" мест, задержке сро-

ков по графику производства. По результатам докладов принимались срочные меры, решались возникавшие сложные технические вопросы.

Основные трудности в создании двигателя были связаны с применением нового горючего: обеспечение устойчивости внутрикамерного процесса, охлаждение камеры, устойчивость работы газогенератора, освоение использования титановых сплавов в конструкциях камеры, газогенератора и других агрегатов. Решение этих и других проблем осложняло отработку двигателя РД119 и не позволяло уложиться в заданные сроки.

Отработка двигателя КБХимавтоматики была завершена к середине 1959 г., т.к. использование ранее отработанных узлов и агрегатов существенно сократило сроки его создания. В связи с этим ОКБ-1 отказалось от использования двигателя РД119 в качестве третьей ступени ракеты Р-7.

В середине 1959 г. ОКБ-586 М.К. Янгеля обратилось в Правительство с предложением создания легкой ракеты-носителя для запусков искусственных спутников Земли (ИСЗ) с массой до 500 кг на базе находящейся в эксплуатации одноступенчатой ракеты Р-12. Эту задачу можно было решить с использованием в качестве второй ступени двигателя РД119 при условии его некоторой модернизации. В августе 1960 г. вышло Постановление Правительства о создании двухступенчатой ракеты-носителя для запусков ИСЗ на базе доработанной ракеты Р-12 с использованием двигателей РД119 на второй ступени. Ракета получила индекс 11К63 и наименование в открытой печати "Космос-1".

К этому времени в ОКБ-456 была закончена отработка агрегатов автоматики, турбонасосного агрегата, однокомпонентного газогенератора термического разложения НДМГ, отработана конструкция титановой камеры со смесительной головкой, обеспечивающей устойчивость процесса горения с максималь-

ным значением величины удельного импульса тяги, проведено более 100 стендовых огневых испытаний двигателей. В процессе производства наибольшие трудности возникли при отработке технологии изготовления титановой камеры, т.к. титановые сплавы впервые были использованы в конструкции камеры сгорания. Для отработки пайки и сварки титановых сплавов были привлечены головные институты отрасли - НИИ-99, НИТИ-40, ВИАМ и др.

К середине 1961 г. было проведено более 140 огневых испытаний двигателей, в том числе чистовые (в последней конструкторской конфигурации) доводочные испытания, что позволило успешно провести в НИИ-229 стендовые огневые испытания двигателя РД119 в составе блока II ступени ракеты 11К63.

Первое летно-конструкторское испытание ракеты 11К63 было проведено 27 октября 1961 г., а 17 марта 1962 г. на ракете 11К63 с двигателем РД119 был запущен ИСЗ "Космос-1", что положило начало регулярным запускам ИСЗ серии "Космос".

До настоящего времени характеристики двигателя РД119 являются рекордными среди двигателей этого класса. Оригинальность конструкции и высокие энергетические характеристики двигателя РД119 позволили с успехом демонстрировать его на зарубежных выставках (в Париже, Вене, Монреале и др.).

В период с 1962 г. по 1977 г. ракетами 11К63 с двигателем РД119 было запущено 145 ИСЗ.

В 1971 г. за большой вклад в создание новой техники Юрий Николаевич Кутуков был награжден орденом Ленина.

Академик В.П. Глушко был единственным среди отечественных главных конструкторов ракетной техники, кто занимался поиском и внедрением новых, более эффективных компонентов ракетного топлива. По его инициативе в 1949 г. были начаты работы по изучению возможности применения жидкого фтора в качестве окислителя в ЖРД. Выбор этого химического элемента объясняется большим приростом удельного импульса тяги. Но в то же время фтор обладает наивысшей токсичностью, что является главным препятствием для его использования в ракетной технике и других научно-технических отраслях промышленности.

Но В.П. Глушко считал, что при принятии необходимых мер техники безопасности возможно использовать столь эффективный в энергетическом отношении химический элемент.

Использование такого активного, но очень токсичного окислителя требовало большого комплекса научно-исследовательских и экспериментальных работ по подбору материалов и покрытий, стойких во фторе, отработки вопросов безопасной эксплуатации фтора, нейтрализации остатков фтора и продуктов его сгорания, обеспечения чистоты внутренних полостей для исключения возгорания в них органических загрязнений, вопросов транспортировки, хранения и утилизации остатков фтора и целого ряда других проблем.

Начиная работы по новой научно-технической теме, Глушко всегда тщательно подбирал специалиста, который должен был превратить его замысел в работающий двигатель. На этот раз выбор пал на Ю.Н. Кутукова. И Глушко не ошибся в своем выборе.

Привлекательная внешность, коммуникабельность, способность заинтересовать собеседника участием в развитии новой научной идеи во многом помогали привлекать к совместной работе специалистов из смежных отраслей науки и техники. Фтор как химический элемент не имел широкого использования в промышленности и народном хозяйстве, что являлось причиной весьма ограниченного числа специалистов, работающих с этим ядовитым веществом. И большой заслугой Ю.Н. Кутукова являлось его умение заинтересовать этих специалистов принять участие хотя бы на уровне выдачи технических рекомендаций по работе со фтором.

Экспериментальные работы сначала велись в лаборатории ГИПХ в районе г. Приморска Ленинградской области, а с 1953 г. в Филиале №1 ОКБ-456, созданного на базе этой лаборатории. В задачу Ю.Н. Кутукова входил анализ результатов этих работ, постановка вопросов перед ГИПХ, которые возникают при проработке вариантов возможных конструкций агре-



ЖРД РД119

готов, ежемесячные доклады В.П. Глушко о результатах работ и проблемных вопросах, требующих его решения.

На основании результатов расчетных и экспериментальных работ на отдельных камерах тягой 1500 кг для перспективного ЖРД было выбрано топливо "жидкий фтор + жидкий аммиак". Эта топливная пара обеспечивала весьма высокий удельный импульс тяги. Это решение, принятое В.П. Глушко, определило основное направление разработки.

В период 1953-1959 гг. были разработаны и внедрены на стендовой базе Филиала №1 рекомендации по конструированию агрегатов стендовых систем фтора, вопросы пассивации внутренних полостей систем фтора, дегазации продуктов его сгорания, транспортировки и хранения его в относительно больших количествах.

Это позволило в 1958 г. начать огневые испытания модельных камер тягой 1500 кгс и двухкомпонентных газогенераторов. Испытания проводились на баллонной подаче компонентов топлива. При испытаниях решались следующие задачи: отработка элементов смесительной головки (в основном по полости фтора) - выбор материалов, технологии сборки и пайки, химической обработки, выбор оптимальной системы смесеобразования, эффективность внутреннего и внешнего охлаждения аммиаком. В связи с тем, что к этим работам были подключены конструкторские подразделения, что потребовало организационного руководства, Ю.Н. Кутуков назначается ведущим конструктором по разработке фторного двигателя.

Накопленный опыт работ со фтором, результаты огневых испытаний модельных камер позволили приступить к проектной разработке полноразмерного двигателя. В соответствии с Постановлением Правительства от 23 июня 1960 г. ОКБ-456 приступило к разработке конструкторской документации на стендовый вариант фтор-аммиачного двигателя тягой 10 тс по схеме с дожиганием восстановительного генераторного газа (индекс двигателя 8Д21).

В течение 1960 г. был выпущен комплект конструкторской документации на двигатель, выбрана и обоснована схема с дожиганием генераторного газа, разработаны и отданы в производство чертежи на основные узлы и агрегаты. В период с ноября 1960 г. по январь 1963 г. в Филиале №1 были проведены 58 огневых испытаний камеры совместно с газогенератором по схеме с дожиганием генераторного газа. В процессе этих испытаний были определены требования к запуску при совместной работе камеры и газогенератора, определена эффективность охлаждения камеры, выбраны основные варианты смесительной головки. Параллельно началась отработка турбонасосного агрегата и агрегатов автоматики, сначала на воде и кислороде и окончательно - на фторе и аммиаке. Полученные результаты позволили в августе 1963 г. перейти к испытаниям полноразмерного двигателя. С августа 1963 г. по май 1965 г. было проведено 133 испытания на 94 двигателях.

Этот этап научно-исследовательских работ позволил накопить богатый опыт по использованию фтора как ракетного компонента топлива и решить комплекс задач по созданию двигателя. Так, были подобраны и апробированы в условиях работы двигателя материалы, стойкие во

фторе и аммиаке, разработаны узлы и агрегаты, работающие во фторе при давлении до 300 кгс/см², отработаны схемы запуска и останова двигателя, получены значения реального удельного импульса двигателя - 400...409 с, отработаны вопросы безопасной эксплуатации стендовых систем и двигателя, а также целый ряд других проблем.

Стратегической целью В.П. Глушко, как лидера отечественного ракетного двигателестроения, являлось создание самой высокоэффективной криогенной пары компонентов топлива и пары компонентов высококипящих соединений. По термодинамическим оценкам на право считаться самой эффективной парой криогенных компонентов претендовали фтор (окислитель) и водород (горючее).

Практическое освоение топливной пары "фтор+аммиак" являлось "предтечей" к использованию топлива "фтор+водород". В.П. Глушко, как председатель Совета по топливам для ЖРД при Академии наук, придавал работам по созданию двигателя на топливной паре "фтор+аммиак" большое значение и внимательно следил за ходом работ.

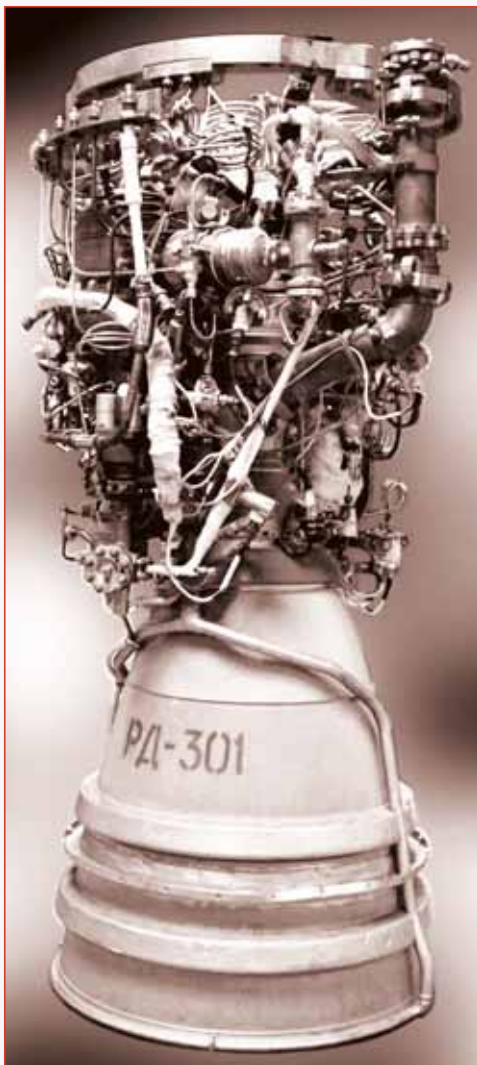
На многих совещаниях с участием руководителей других предприятий и представителей академических и отраслевых институтов Ю.Н. Кутуков по поручению В.П. Глушко делал научно-технические доклады по вопросам применения фтора в ЖРД.

На базе результатов, полученных в ходе этого этапа работ, в октябре 1965 г. был выпущен эскизный проект натурного двигателя 8Д21. Приказами Министерства, выпущенными в период 1965-1968 г., была поручена ОКБ-456 разработка двигателя для верхней ступени космической ракеты-носителя, а предприятиям-разработчикам ракет - проработка его реального использования.

В 1968 г. приказом Министерства Конструкторскому бюро прикладной механики было поручено разработать проект запуска на стационарную орбиту спутника непосредственного телевизионного вещания (НТВ).

Для этой цели предполагалось использовать ракету-носитель "Протон" с фтор-аммиачным двигателем на разгонном блоке. Этот двигатель получил индекс РД301 и прошел дополнительную доработку в части введения качания в двух плоскостях и отработку многократного запуска в условиях космоса. За период с мая 1969 г. по декабрь 1974 г. было проведено 961 испытание 216 двигателей с наработкой в сумме около 150500 секунд. Под руководством и при непосредственном участии Ю.Н. Кутукова в Приморском филиале №1 и ОКБ-456 велась активная работа по испытаниям, анализу результатов, принятию решений по возникающим проблемам. К концу 1974 г. конструкторские доводочные испытания двигателя РД301 были завершены, что позволило перейти к официальным завершающим доводочным испытаниям (ЗДИ), которые были успешно проведены и завершены в 1975 г.

На основании решения межведомственной комиссии от 22 апреля 1976 г. двигатель был допущен к огневым стендовым испытаниям в составе разгонного блока. Однако в связи с международным соглашением по ограничению мощности трансляторов спутников системы НТВ и возможностью использования в этом случае уже имеющихся средств выведения, постановлением Правительства от 3 фев-



Двигатель РД-301, работающий на жидком фторе и аммиаке

раля 1977 г. работы по разгонному блоку были прекращены. В это же время было принято Международное соглашение о защите ближнего космоса от загрязнений токсичными веществами. Для Ю.Н. Кутукова и работников его отдела, да и всего "НПО Энергомаш", это был сильный моральный удар.

Во фторную тематику было вложено в течение почти 20 лет многого средств, сил, труда и здоровья большого количества сот-рудников ГИПХа, "НПО Энергомаш" и смежных организаций. Однако их многолетний труд оказался не востребован.

В это время (начиная с 1974 г.) в "НПО Энергомаш" активно велись работы по созданию нового мощного двигателя РД171 для РН "Зенит" и последующего его использования в ракетной системе "Энергия-Буря". Все силы КБ, завода и испытательных служб были направлены на решение этой задачи.

В 1974 г. В.П. Глушко был назначен генеральным конструктором и директором "НПО Энергия". Главным конструктором "НПО Энергомаш" стал В.П. Радовский.

В.П. Глушко выделял Ю.Н. Кутукова среди начальников двигательных отделов и часто оставлял молодого, энергичного руководителя отдела исполняющим обязанности заместителя главного конструктора в период длительного отсутствия В.П. Радовского.

Отсутствие перспектив новых разработок в двигательном отделе и личного карьерного роста привело Ю.Н. Кутукова к решению перейти на преподавательскую работу в МВТУ им. Баумана на кафедру ЖРД, куда его активно приглашал заведующий кафедрой В.М. Кудрявцев. Но работа в ВУЗе оказалась "не по душе" Юрию Николаевичу и он обратился к В.П. Глушко с просьбой принять его на работу в "НПО Энергия".

В.П. Глушко знал Ю.Н. Кутукова как хорошего организатора, опытного, технически грамотного руководителя и принял его на работу в "НПО Энергия" на должность заместителя генерального конструктора по качеству и надежности по теме "Буря". Как грамотный и опытный специалист, он вовремя подсказывал и рекомендовал, как справиться с той или иной нештатной ситуацией. Был незаменимым помощником генерального конструктора В.П. Глушко. С небольшой группой сот-

рудников он следил за полнотой разработки проектной и конструкторской документации, за отработкой конструкции на экспериментальных изделиях.

Каждое техническое решение находилось в поле его зрения, и в случае выявления замечания он прежде чем выносить вопрос "наверх" объяснял исполнителю, по недосмотру которого могла быть совершена ошибка, что нужно исправить, делая это тактично, не обижая чувства достоинства исполнителя.

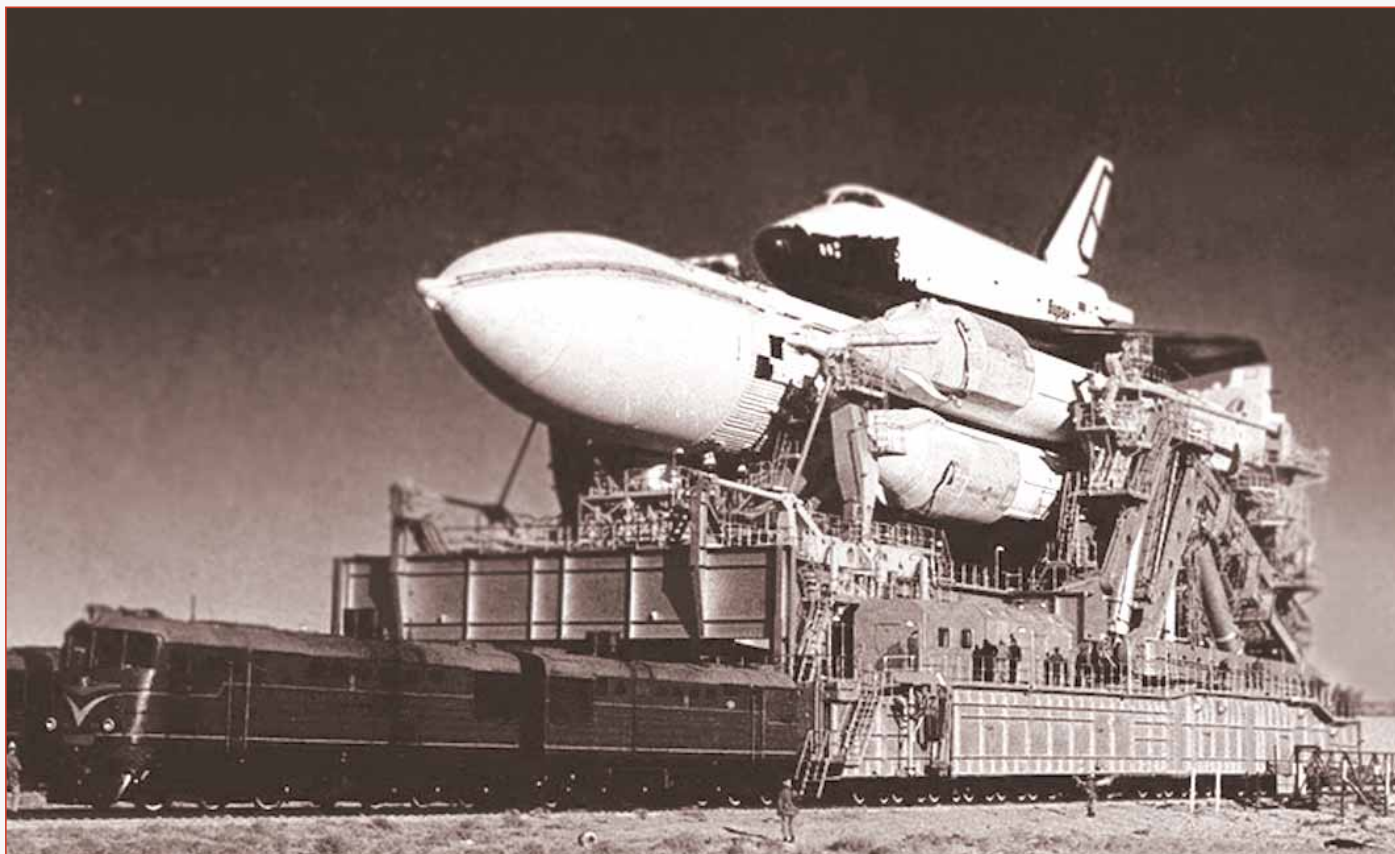
Высокий, красивый, всегда с доброжелательной улыбкой на лице, он внушал уважение одним своим видом. Грамотный инженер, прошедший "школу" В.П. Глушко, он в технических вопросах часто был на голову выше других заместителей генерального конструктора. Он не лез по мелочам в работу, не мешал работать, но когда видел, что можно сделать лучше или исправить ошибку, то непременно давал советы. Как правило, очень конкретные и полезные.

В.П. Глушко очень ценил своего заместителя по качеству. Когда приходили к нему с документом, часто можно было слышать: *"Вас не затруднит показать этот документ Юрию Николаевичу? Он часто дает дельные советы"*. И действительно так и происходило. Кажется, что Глушко уже знал, что документ необходимо доработать и часто пользовался таким приемом. Юрий Николаевич советовал исполнителю как перестроить структуру документа и после его замечаний, внимательно прочитав, Валентин Петрович подписывал документ, при этом говоря: *"Вот теперь лучше"*.

Юрий Николаевич как-то неназойливо заставлял конструкторов постоянно думать о безопасности и о качестве разрабатываемых изделий.

В 1990 г. после смерти В.П. Глушко и закрытия темы "Буря" в "НПО Энергия" началась реорганизация, в ходе которой должность заместителя генерального конструктора по качеству и надежности по теме "Буря" была упразднена. Ю.Н. Кутуков был вынужден уйти из "НПО Энергия".

В 1991 г. Ю.Н. Кутуков вернулся в "НПО Энергомаш" на должность заместителя директора дочернего предприятия по обеспечению полигонных служб, где и работал до выхода на пенсию. П



Комплекс "Энергия-Буря"

ДВА, ЧЕТЫРЕ, ПЯТЬ, ШЕСТЬ...

Считаем такты вместе

АВТОМОБИЛЬНЫЙ
ДВИГАТЕЛЬ ВЫСОКОЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ

Юрий Васильевич Макаров, НИУ МАИ

В сентябре 2015 г. немецкий концерн "Фольксваген" оказался в центре внимания международных исследований, которые установили, что выхлопные газы дизельных двигателей западноевропейских автомобилей почти в 40 раз превышают установленную в США норму содержания окислов азота и окислов углерода. В итоге, концерну пришлось отозвать 11 млн. автомобилей, работающих на дизтопливе. Последовали новые экологические требования, значительно усложняющие систему очистки выхлопных газов дизелей, повышающие их стоимость. При этом производство их может оказаться нерентабельным.

Надо сказать, что и современные бензиновые автомобильные двигатели, у которых имеется классический глушитель для снижения уровня звука выхлопных газов, укомплектованы сложной и дорогой системой повышения экологической чистоты выхлопа, содержащей каталитический нейтрализатор и лямбда-зонд. Каталитический нейтрализатор - это керамический цилиндр (диаметром около 100 мм и длиной 120 - 130 мм), по продольной оси которого выполнены сквозные каналы диаметром 1,5 - 2 мм. Что делает керамический цилиндр проницаемым для выхлопных газов.



Каталитический нейтрализатор

На внутреннюю поверхность продольных каналов каталитического нейтрализатора напылены редкоземельные металлы, слои платины и радия. Впрочем, сейчас бывают и безметаллические каталитические нейтрализаторы. Окислы азота, углеводороды и окислы углерода, проходя по каналам катализатора нейтрализуются, что снижает токсичность выхлопа до нормальных значений (на 90%).

Но здесь возникает одна проблема. Каталитический нейтрализатор нормально работает только на бедных (при избытке воздуха) или нормальных рабочих смесях (одна весовая часть бензина на 14,7 весовых частей воздуха). При богатых рабочих смесях (избыток бензина) температура керамического корпуса повышается, напыление каталитического слоя разрушается, и нейтрализатор выходит из строя.

Карбюратор бензинового мотора с такой регулировкой качества рабочей смеси на всех режимах работы не справляется. Необходим непосредственный впрыск бензина в рабочий цилиндр с помощью инжектора - электромагнитной форсунки, работу которой через микропроцессор контролирует лямбда-зонд (кислородный датчик) установленный в глушителе, чтобы автоматически обеспечивать заданное качество рабочей смеси. Кроме того он сообщает компьютеру о работе нейтрализатора.

Каталитический нейтрализатор, даже при эксплуатации автомобиля на качественном бензине, служит 1,5 - 2 года, затем его следует менять (что обойдется вам в \$ 150...200. Гарантированный пробег катализатора 80 000 км, но чистота и качество бензина, а особенно случайно неработающая свеча, могут значительно сократить указанный километраж.

Катализатор при низких температурах начинает работать через 30 - 40 мин., пока прогреется до 450°C.

Итак, мы имеем ряд устройств, предназначенных для получения высококачественных выхлопных газов, но не пытаемся оптимизировать сам рабочий процесс в цилиндрах автомобильного двигателя. Существующая система снижения токсичности выхлопных газов имеет микропроцессор на системе впуска в цилиндры, электромагнитные форсунки, устройство рециркуляции выхлопных газов, подогрев катализатора с теплоизоляцией, резонатор и наконец, глушитель - в виде солидной выхлопной трубы из нержавеющей стали. Вся эта система на автомобиле среднего класса весит не менее полсотни килограмм, при цене \$500...1200.

Так случилось потому, что в 1965 г. американцы приняли программу по ограничению токсичности выхлопных газов автотранспорта, признав

Экологический стандарт	Оксид углерода (II) (CO)	Углеводород	Легкие органические вещества	Оксид азота (NO _x)	HC+NO _x	Вспомогательные вещества (PM)
Для дизельного двигателя						
Евро-1	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Евро-2	1,0	-	-	-	0,7	0,08
Евро-3	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Евро-4	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Евро-5	0,500	-	-	0,180	0,230	0,005
Евро-6	0,500	-	-	0,080	0,170	0,005
Для бензинового двигателя						
Евро-1	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	-
Евро-2	2,2	-	-	-	0,5	-
Евро-3	2,3	0,20	-	0,15	-	-
Евро-4	1,8	0,10	-	0,08	-	-
Евро-5	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005**
Евро-6	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005**

лучшими для решения этой программы каталитические нейтрализаторы.

В Европе в ту пору шли дебаты по этой проблеме, высказывалась критика в адрес не оптимальных, прямолинейных и очень дорогих решений американцев. Высказывались более рациональные выходы из положения - например, двигатели, работающие на бедных смесях, применение природного газа, впрыск воды в рабочий цилиндр...

Уйдя далеко вперед, американцы, по сути, навязали свой путь и другим странам. Это - тупиковый путь научно-технического прогресса. А для США это не только открытые инновации, нанотехнологии, но и замечательный старт-ап по-американски. Дорожная карта которого охватывает всемирные периферии. И нас к тому подтянули.

Но для США - это решенная проблема. Законодатели ужесточают нормы токсичности. Поэтапно были введены нормы Евро-1, Евро-2, Евро-3, Евро-4 и даже Калифорнийский стандарт.

На рынке возникает стабильный спрос на новую продукцию. Правительство выдает субсидии в 25 млрд. долларов, расширяется производство, создаются рабочие места. Рабочие получают зарплату и платят налоги. Деньги возвращаются, а промышленники получают прибыль. Короче - нормальные рыночные отношения в государстве со стабильной экономикой.

Поэтому с первого января 2016 г. разрешена эксплуатации только тех автомобилей, токсичность выхлопных газов которых соответствует нормам Евро-5. На всех остальных автомобилях будет необходимо поменять двигателя или систему нейтрализации выхлопных газов.

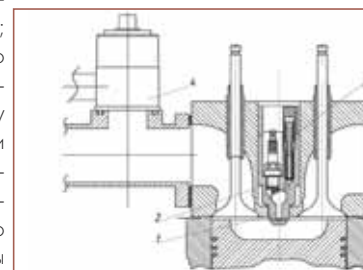
Конечно, иногда для повышения мощности автомобильного мотора применяют турбонаддув, частично использующий энергию выхлопа. Автомобильные дилеры такой мотор с гордостью называют "турбированный" двигатель.

Но турбонагнетатель создаёт незначительный положительный эффект, да и то, в основном, он относится к рекламе и получению прибыли.

Однако, неэффективность и сомнительную полезность заокеанских технологий охраны окружающей среды легко доказать.

Автору пришлось участвовать в исследовании экологической чистоты выхлопных газов на моторном стенде "Авиэль" в 45-м НИИ МО. И вот что оказалось, когда двигатель переводили на бедную рабочую смесь ($\lambda = 1,2 - 1,35$), окислы углерода, углеводороды и окислы азота (CO_x , CH , NO_x) снижаются практически до нуля и на ленте осциллографа их показатели имеют прямую линию, потому что избыток воздуха в рабочей смеси нейтрализует окислы лучше, чем каталитический нейтрализатор. И это было хорошо известно до американского "броска на защиту окружающей среды от токсичных выхлопных газов" постоянно растущего парка автомобилей.

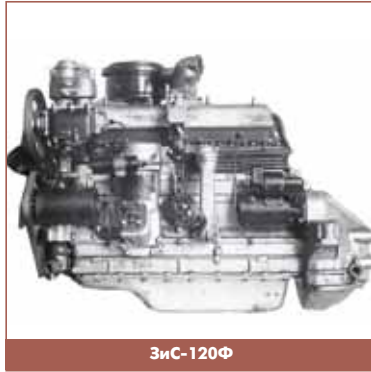
Ещё в начале 50-х гг. профессор



Газовый двигатель с форкамерно-факельным зажиганием
1 - форкамера; 2 - свеча зажигания; 3 - газовый клапан; 4 - газовый смеситель



ГАЗ-51Ф



ЗИС-120Ф

Д.А. Гусак в ИФКАН исследовал возможность применения в автомобильных моторах сильно обеднённых рабочих смесей (с коэффициентом избытка воздуха до 1,15 - 1,2).

Это обеспечило исключительную полноту сгорания топлива, практически отсутствие токсичных компонентов и значительную экономию топлива. На основе этих работ промышленность выпускала серийный двигатель ГАЗ-51ф с форкамерно-факельным процессом горения, который экономил 15% топлива и давал чистый выхлоп. Автобусы с таким мотором долгое время работали в Сочи.

В 1955 г. на базе другого серийного мотора, ЗИС-120, был создан двигатель ЗИС-120ф, работающий по форкамерному циклу на бедных смесях. Он давал экологически чистый выхлоп и экономил до 34 % топлива. Причём чистый выхлоп этих двигателей отвечал бы нормам Euro 3 (приняты в 1996 г.) и даже требованиям С (Калифорнийский стандарт).

Надо сказать, что уже разработаны экономичные автомобильные двигатели высокой экологической чистоты без применения каталитических нейтрализаторов. Рассмотрим три таких двигателя, которые доказывают существенное отставание автопрома от ресурсосберегающих, экономических и экологических требований сегодняшнего дня.

В этих двигателях не улучшают с большими финансовыми затратами качество выхлопных газов, а утилизируют значительную часть их энергии, которая составляет до 20 % от энергии сгоревшего топлива в цилиндре.



Первый пятитактный двигатель Drive-2

Здесь следует напомнить, что выхлопные газы автомобильных двигателей за выхлопным клапаном имеют очень высокие параметры. Их температура более 1300° С, а давление на выхлопе из них 9 - 11 атмосфер.

Высокоэкономичный автомобильный двигатель был изобретён Г. Шмитцем в конце XX века. И только в 2009 г. британская компания Ilmor Engineering представила на выставке Engine EXPO 2009... пятитактный двигатель новой конструкции. Будучи разработчиком и поставщиком двигателей для "формулы-1", Ilmor построила то, что многие считали абсурдом: пятитактный бензиновый мотор, компактный и намного эффективнее четырёхтактного. Причём, принцип его работы довольно прост.

Согласен с читателем, что двигатель с нечетным числом тактов - это немного странно. Сегодня хорошо известны не только двух или четырёх, но даже и шеститактные двигатели, у которых после такта "выхлоп" в цилиндры впрыскивается вода для создания пара. Что обеспечивает два дополнительных такта в каждом цилиндре двигателя.

Известно также применение рециркуляции выхлопных газов в цилиндры автомобильного двигателя для снижения максимальной температуры горения с целью снижения окислов азота и токсичности выхлопа.

При четырёхтактном процессе горячий расширяющийся газ выходит



из цилиндра в выхлопную трубу. Но ведь тем самым вся его энергия улетает в ту же трубу, что является чистой потерей энергии. Вместо этого, в пятитактном процессе все еще горячий газ ($t = 1300^{\circ}\text{C}$ и $P = 10$ атм.) сбрасывается в дополнительный цилиндр, толкая его вниз и создавая пятый рабочий такт, дающий коленвалу лишние 180 градусов вращения.

Опытный образец пятитактного мотора с турбонаддувом фирмы Ilmor с рабочим объёмом 700 см³ имеет мощность 130 л.с., что на 7 л.с. больше, чем у 1-литрового двигателя EcoBoost фирмы "Форд". При этом расход бензина на 1 л.с. у пятитактного мотора всего 165 г вместо 250 г у двигателя "Форд". Но самое главное, снижается токсичность выхлопных газов благодаря дожиганию топлива в цилиндре большого диаметра.

И вот ещё один пример автомобильного двигателя высокой экологической чистоты и топливной эффективности.

В 1962 г. в СССР под руководством В.М. Кушуля был спроектирован и были изготовлены несколько опытных образцов многотопливного четырёхцилиндрового и шестичилиндрового автомобильных двигателей с двумя параллельно действующими цилиндрами.

Рабочий процесс в двигателе Кушуля осуществляется в двух параллельных цилиндрах высокого и низкого сжатия, постоянно сообщающихся между собой с помощью канала в верхней части цилиндров, необходимого отставание в движении поршней высокого сжатия по отношению к поршням низкого сжатия обеспечивают коленвал и V-образные шатуны.

Поршень цилиндра высокого сжатия в верхней мёртвой точке подходит к головке цилиндра с минимальным зазором. Поэтому, в цилиндрах низкого давления конструктивная степень сжатия равна 7, а суммарная степень сжатия в двух сообщающихся цилиндрах - 11,7.

Общий канал, соединяющий цилиндры, имеет тангенциальное направление по отношению к окружности камеры сгорания первого цилиндра, что обеспечивает вихревое движение газов в процессе горения в цилиндрах. Причём топливо подаётся только в цилиндр низкого сжатия через карбюратор или инжектор. Благодаря совместной работе пары цилиндров мощность двигателя увеличивается в два раза, а работа его на бедных рабочих смесях снижает токсичность выхлопных газов.

Двигатель Кушуля имеет простую конструкцию и высокую надёжность в работе. На испытательном стенде при исследовании параметров выхлопных газов двигатель непрерывно отработал 150 часов. Все испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 491-55.

Наименьший достигнутый удельный расход топлива при испытаниях составлял всего 183 г/л.с. в час, причём для карбюраторного двигателя.

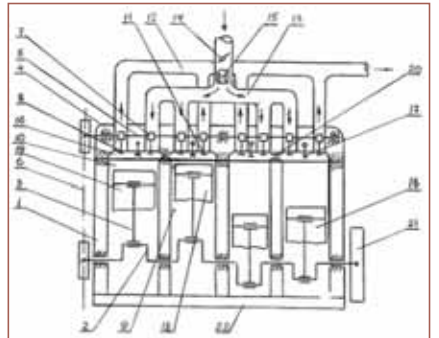
Для опытной эксплуатации двигатель был установлен на автомобиль "Волга". За короткое время машина прошла более 30 000 км без замечаний и дефектов.

Двигатель Кушуля экспонировался на ВДНХ СССР. Для посетителей он был интересен тем, что выхлоп двигателя был открытым, но выхлопные газы были незаметны ни по цвету, ни по запаху. Благодаря полному сгоранию топлива и минимальной токсичности выхлопных газов, кратковременный запуск двигателя в демонстрационном помещении был разрешён.

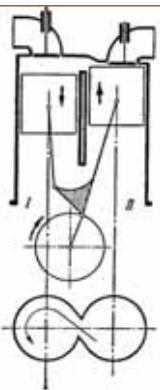
Новый двигатель имел малый вес и небольшие габариты.



1-литровый двигатель Ford EcoBoost



ДВС с сообщающимися цилиндрами
1 - корпус двигателя, 2 - коленчатый вал двигателя, 3 - шатун поршня, 4 - подшипники распределительного вала, 5 - распределительный вал, 6 - внешняя ременная передача, 7 - кулачок клапана распред. вала, 8 - выхлопной клапан первого цилиндра, 9 - цилиндр, 10 - камера над поршнем, 11 - выхлопной клапан второго цилиндра, 12 - выходной коллектор, 13 - входной коллектор, 14 - входной дроссель, 15 - входной жиклёр, 16 - головка блока цилиндров, 17 - свеча зажигания, 18 - второй поршень группы, 19 - первый поршень группы, 20 - канал меж цилиндрами. 21 - маховик, 22 - поддон картера.



Принципиальная схема двигателя В.М. Кушуля

Он был безразличен к октановому числу топлива, а при замене топливной аппаратуры мог работать на бензине или дизтопливе.

Эти результаты были подтверждены на испытаниях двигателя Кушуля в Англии в г. Cranfield фирмой "The Cranfield Kushul Engine Combust".

Но, несмотря на явные преимущества новых двигателей монополизму мирового автопрома не нужны инновации и венчурные проекты, снижающие прибыль, число рабочих мест и рыночную стоимость продукции.

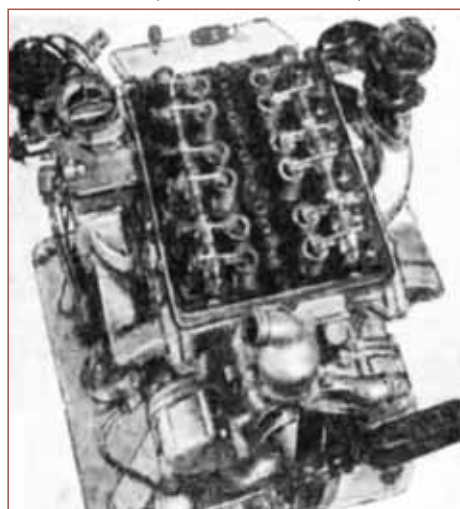
Кроме двигателя Кушуля, в СССР в Московском авиационном институте в 1985 г. был разработан двигатель внутреннего сгорания, который предшествовал концептуальному пятицилиндровому двигателю Г. Шнитца.

Двигатель был разработан на базе серийного мотора ВАЗ-2108. На устройство нового двигателя было получено авторское свидетельство на изобретение № 1494625, 1986 г.

Блок цилиндров нового мотора отличался от серийного только тем, что два его внутренних цилиндра имели уменьшенный диаметр, поэтому и меньший рабочий объем (по 190 см³ каждый). Это достигалось запрессовкой цилиндрических гильз в два средних цилиндра серийного мотора и установкой в эти цилиндры поршней нужного диаметра.

А два боковых цилиндра двигателя сохранили серийные параметры, поэтому они имели больший диаметр и больший рабочий объем (по 325 см³) по сравнению со средними цилиндрами мотора.

Головка блока цилиндров нового мотора имела по три клапана на каждый цилиндр, причём два его средних цилиндра - малого диаметра, работают по нормальному четырёхтактному циклу. Всасывание обогащённой рабочей смеси в эти цилиндры происходит от карбюратора



ДВС профессора Кушуля

через всасывающий клапан.

А в боковые цилиндры большого диаметра в этом моторе через всасывающий клапан поступает чистый воздух, который в конце сжатия рабочей смеси в дальнем малом цилиндре нагнетается в него через клапан и соединяющий их патрубок. После чего богатая рабочая смесь в малом цилиндре избытком нагнетаемого воздуха доводится до нормальной и даже обедненной ($\lambda = 1,1 - 1,2$). И в малом (рабочем) цилиндре происходит воспламенение рабочей смеси и рабочий ход. Здесь цилиндр большого диаметра является объёмным нагнетателем с коэффициентом избытка воздуха 2,2 - 2,6. Это повышает максимальное рабочее давление в цилиндре и энергию рабочего процесса, в конце которого выхлоп из малого рабочего цилиндра производится через выхлопной клапан в соседний цилиндр большого диаметра. При этом выхлопные газы имеют высокие параметры: температуру 1350°C и давление выше 12 атм.

В процессе до расширения выхлопных газов в цилиндре большого диаметра они отдают свою энергию на коленвал и увеличивают мощность двигателя. Также как это происходит в английском моторе Ilmor.

В цилиндре большого диаметра происходит дожигание выхлопных газов, что снижает их токсичность за счёт доокисления окислов углерода и азота. Это достигается

благодаря избытку воздуха в обеднённой рабочей смеси ($\lambda = 1,2$). Поэтому после открытия выхлопного клапана из вспомогательного цилиндра выхлопные газы, снизившие температуру, и при давлении ниже 1,85 атм удаляются в выхлопную трубу без глушителя.

Из аэродинамики известно, что при давлении газов в замкнутом цилиндре ниже 1,89 атм выхлоп газов из него происходит бесшумно. Аналогично тихому выхлопу пара у паровоза.

Данный двигатель имел низкий расход топлива и экологически чистый выхлоп, превышающий требования ЕВРО-5. Его выхлопная система не требует каталитического нейтрализатора, лямбда-зонда и даже... глушителя. Лёгкий выхлопной коллектор на два цилиндра выполнен из алюминиевого сплава и соединён с полиэтиленовой (!) выхлопной трубой. Отсутствие тяжёлого коллектора, резонатора, глушителя и стальной выхлопной трубы снижает вес выхлопной системы на 31 кг.

Двигатель имеет всего две свечи и два инжектора только в активных цилиндрах. Или один карбюратор на два цилиндра, т.к. двигатель не имеет каталитического нейтрализатора, а следовательно, и непосредственного впрыска топлива в цилиндры, что позволяет использовать традиционный карбюратор и упрощает систему питания двигателя.

Разработанный в МАИ двигатель был удостоен золотой медали на международном салоне изобретений "Брюссель Эврика" в 1996 г. и серебряной медали на 25 Международном салоне изобретений в Женеве в 1997 г.

В 2006 г. в Московском авиационном институте был разработан усовершенствованный вариант четырёхцилиндрового автомобильного двигателя на базе серийного, работающего по тому же принципу.

Четырёхцилиндровый двигатель с V-образным расположением пары цилиндров активного - малого диаметра и вспомогательного большого диаметра имел два V-образных шатуна и укороченный коленвал с двумя шатунными шейками и тремя коренными шейками, что почти в два раза снижало размеры и вес двигателя. Кроме того, это минимизировало общую поверхность трения скольжения, следовательно - затрату мощности на его преодоление и расход масла.

В 2006 г. был получен патент РФ № 2327048 на изобретение этого лёгкого, экономичного и мощного автомобильного мотора с высоким ресурсосберегающим эффектом и экологическим потенциалом (превышающим ЕВРО-6).

Эффективная система смазки двигателя с его малой термической нагрузкой (всего лишь от двух активных цилиндров) позволяет упростить систему охлаждения двигателя и использовать систему смазки для охлаждения мотора.

Новому двигателю не нужны байпасная система с термостатом, расширительный бачок, насос охлаждающей жидкости, а фронт радиатора системы охлаждения мотора (маслорадиатора) по площади сокращается в два раза.

Конечно, производство новых двигателей будет экономически эффективно, оно обеспечит повышение экологической чистоты автотранспорта, экономию топлива и сбережение материальных ресурсов.

Но этому препятствуют особенности капиталистической экономики, монополизм международного автопрома, который контролирует мировой рынок (вспомним конфликт с "Фольксвагеном" и европейскими дизельными автомобилями). Он не будет рисковать затратами на освоение нового типа двигателей, особенно связанных с потерей рабочих мест и не расширяющих рынок их продукции.

Капиталистической экономике новый тип двигателей не нужен. Выгоднее производство наночистот, нейтрализаторов, поэтапное внедрение ЕВРО-7, 8 и т.д., гибридных автомобилей, электромобилей и автомобилей без водителя. Когда с расширением рынка и созданием новых рабочих мест всё в порядке. А катастрофическое уничтожение нефтепродуктов и расход материальных ресурсов - это прибыль и проблемы экологов.

Однако проблему создания простейшего варианта нового типа двигателей может осуществить небольшое серийное производство типа технопарка, которое будет под заказ выпускать новые головки блока цилиндров с газораспределительным механизмом на любой серийный двигатель фирменного автомобиля российского производства.



Патент В.М. Кушуля

Научно-технический журнал

Двигатель



<http://www.dvigately.ru>

dvigatell@yandex.ru

boeff@yandex.ru

+7(916) 600 8237

Журнал о двигателях

Журнал о тех, кто создаёт двигатели

Журнал для тех, кто обслуживает двигатели

Журнал всем, на кого работают двигатели

111116, Российская федерация, Москва, Авиамоторная, д.2

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 1400 в общероссийском Перечне ВАК 2015 г.

Журнал "Двигатель"
Издаётся с 1907 года

ДВИГАТЕЛЬ

АВИАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

В год выходит 6 номеров

Подписка в каталогах

Подписного агентства

"Роспечать" № 69385

<http://www.rospr.ru/>



Научно-технический журнал

<http://www.dvigately.ru>

ДЕЙСТВУЮЩАЯ МОДЕЛЬ "ВАНДЕРЕР" 1938 Г. ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ

Максим Олегович Карташев, старший научный сотрудник
Политехнического музея



Открытые фонды Политехнического музея хранят много тайн, связанных с уникальными музейными предметами. Одну из них недавно удалось раскрыть сотрудникам Политехнического музея с помощью коллег из Германии.

Но начнем по порядку. Посетители Политехнического музея со стажем, которые знакомились с экспозицией еще до начала реконструкции исторического здания, вероятно помнят, что в его левом крыле, в фойе Большой аудитории, долгое время была выставлена действующая модель двигателя автомобиля Wanderer W 23, изготовленная в 1938 году. Самой интересной особенностью конструкции этой модели, сделанной в натуральную величину, является ее прозрачный пластмассовый корпус, выполненный из плексигласа. Внутренние же подвижные элементы изготовлены из металла, отполированного до зеркального блеска. Станина, на которой установлена модель, скрывает внутри себя электромотор, с помощью которого может имитироваться работа двигателя внутреннего сгорания. Вращательное движение от электромотора передается на маховик, коробку передач и далее на поршни в цилиндрах. Таким образом, двигаясь по кинематической схеме, можно реально наблюдать за работой всех элементов двигателя.

К сожалению, в настоящий момент модель находится в нерабочем состоянии и требует серьезной реставрации, связанной в первую очередь с деструкцией пластмассовых элементов двигателя, вызванной действием времени. Долгое время подробности происхождения этой модели сотрудникам Политехнического музея были неизвестны. В музейной базе имелась информация о том, что данная модель была закуплена музеем в НАМИ (Научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт) по счету №183 от 16.04.1957 года за 400 советских дореформенных рублей [1, с. 437]. На этом сведения о музейном предмете заканчивались. Сотрудники Политехнического музея пытались прояснить судьбу модели, обратившись за справкой в НАМИ. Но никаких документов, касающихся истории предмета, обнаружить не удалось. Не помогло и обращение в Самарский архив, куда ранее были переданы на

хранение архивы НАМИ. Казалось, что расследование зашло в тупик. Но помощь неожиданно пришла из Германии. В марте 2018 года Политехнический музей получил письмо из Немецкого музея гигиены (Deutsches Hygiene-Museum), расположенного в городе Дрездене. Дело в том, что много лет назад при данном музее существовала макетная мастерская, специализировавшаяся на изготовлении прозрачных моделей человека и животных, которые служили наглядными пособиями при изучении внутренних органов. Мастерская выполняла подобные модели как для самого Немецкого музея гигиены, так и по заказам сторонних организаций. К слову, одна из этих моделей, названная "стеклянный человек", до настоящего времени находится в Музее гигиены Санкт-Петербурга.

Что касается упомянутого двигателя, то, как выяснилось, он был изготовлен в мастерской Немецкого музея гигиены по заказу концерна Auto Union, в состав которого входила фирма Wanderer, специально для демонстрации его на Берлинском автомобильном салоне 1938 года. В книге Петера Кирхберга, рассказывающей об истории концерна Auto Union, имеются фотографии этой модели [2, с. 220, 221]. Интересно, что на ряде других имеющихся фотографий, модель двигателя показана без коробки переключения передач. Как оказалось, действительно, первоначально модель была изготовлена в укороченном варианте. Именно в таком виде она демонстрировалась на Берлинском автосалоне 1938 года. В архиве Немецкого музея гигиены в Дрездене (Deutsches Hygiene-Museum) имеется документальный снимок, на котором вожди Третьего Рейха изучают работу этой модели на выставочном стенде. Данная фотография была опубликована в годовом отчете Немецкого музея гигиены [3, с. 18]. В дальнейшем, в 1939 году, по просьбе концерна Auto Union модель была доработана, получив коробку переключения передач. В таком виде двигатель показали широкой публике как минимум еще дважды. В 1939 году в дни работы очередного Берлинского автосалона он был выставлен на территории здания так называемого "Капитолия" - представительства компании Auto Union, расположенного в Берлине на Будапештской улице (Budapester Strasse), а в 1941 году - на международной выставке, организованной Гер-



Прозрачная модель двигателя "Wanderer W-23" в
Открытых коллекциях Политехнического музея

манской Торговой палатой в Доме конгрессов в швейцарском Цюрихе (Zurich Congress House). Кстати, по сведениям, полученным также от коллег из Немецкого музея гигиены в Дрездене, эта модель была не единственной в своем роде. Примерно в то же самое время в мастерской этого музея изготовили аналогичные модели двигателей мотоцикла DKW и автомобиля Opel, а возможно и другие.

Возникает вопрос: каким образом наша модель попала в НАМИ? Известно, что в 1945 году Советский Союз вывез из Германии в качестве трофеев 18 уцелевших гоночных автомобилей фирмы Auto Union различных модификаций. Имеется также информация, что эти машины были спрятаны немцами в шахте, откуда их первоначально перевезли обратно в заводской цех в городе Цвикау, Западная Саксония. В дальнейшем все автомобили переправили в СССР для изучения и распределили между соответствующими специализированными организациями. Кстати, последний уцелевший гоночный Auto Union был обнаружен на московском заводе ЗИЛ в 1976 году, откуда он в дальнейшем перекочевал в Латвию, где был отреставрирован и показан на ходу в сентябре 1977 года на Бикерниекской трассе. Дальнейшая судьба этой машины требует отдельного подробного рассказа.

Но вернемся к судьбе прозрачной модели двигателя. Поскольку она также являлась собственностью концерна Auto Union, будет логично предположить, что она была вывезена в СССР одновременно или почти одновременно с упомянутыми гоночными автомобилями. Как уже известно, до 1957 года модель находилась в НАМИ. К сожалению, до сих пор не удалось обнаружить ни одного документа, рассказывающего об истории ее поступления туда. Не экспонировалась она и в существовавшем в то время музее НАМИ.

В настоящий момент данный уникальный предмет хранится в Открытых фондах Политехнического музея в Технополисе "Москва" в Текстильщиках. Представители Немецкого музея гигиены из города Дрездена готовы оказать помощь в его реставрации. Будем надеяться, что однажды мы сможем вновь увидеть этот интересный экспонат в действии.

В заключение, для любителей точных технических сведений, приводим ТТХ двигателя, разработанного Фердинандом Порше, автомобиля Wanderer W 23, выпускавшегося концерном Auto

Union в 1937-1938 гг. Этот же двигатель устанавливался и на автомобиле Wanderer W 26 и W 52, а двигатель автомобиля Wanderer W 24 был аналогичен по конструкции, но имел не 6, а 4 рабочих цилиндра [4, с. 110, 117].

Основные технические характеристики двигателя автомобиля Wanderer W 23

1. Число цилиндров - 6;
2. Диаметр цилиндра (мм) - 75;
3. Ход поршня (мм) - 100;
4. Рабочий объем (л) - 2,632;
5. Степень сжатия - 6,4;
6. Максимальная мощность (л.с.) - 62;
7. Расположение цилиндров - однорядное в одном блоке;
8. Расположение клапанов - нижнее;
9. Порядок работы цилиндров - 1-5-3-6-2-4.

[4, с. 112].

П



Машина Wanderer W 23, на которой был установлен двигатель "Wanderer W-23"

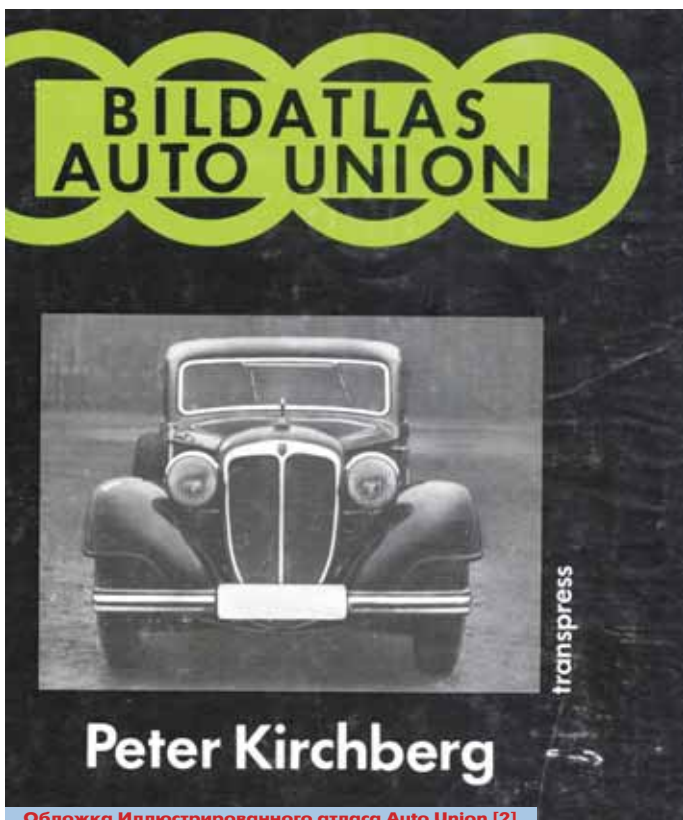
Литература, источники и примечания:

1. Архив учетной документации ПМ, Опись 2, Дело 47.
2. Peter Kirchberg. Bildatlas Auto Union. Transpress: VEB Verlag für Verlagswesen Berlin, 1987.
3. Report of the Deutsches Hygiene Museum of the Year 1937-1938.
4. Хальфан Ю.А. Описание конструкций автомобилей иностранных марок. - М.: "Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы", 1948.

Автор благодарен сотрудникам Deutsches Hygiene-Museum (Дрезден, Германия) за помощь, оказанную при написании данной статьи.



Коробка передач в прозрачном корпусе из Атласа [2]



Обложка Иллюстрированного атласа Auto Union [2]



Прозрачная модель двигателя "Wanderer W-23" в Атласе [2]

СКОРОСТНЫЕ ПОЕЗДА НА МОНЕТАХ

Андрей Викторович Барановский



Японские поезда "Синкансен" ("Новая линия") - общее название восьми высокоскоростных железных дорог, соединяющих важнейшие города страны.

В Японии в 2015-2016 годах вышла серия из 9 серебряных монет номиналом по 100 йен, посвященная поездам высокоскоростных железнодорожных линий "Синкансен" ("Новая магистральная линия").

Аверс всех монет одинаков - анфас головного вагона поезда "Синкансэн" серии ноль, который стал первым работать на этой линии. Реверс монет различен - на каждом изображен один из девяти типов составов этой высокоскоростной сети железных дорог. Название типа написано на японском и английском языках.



Япония 9 монет по 100 йен 2015-2016 гг.



Япония 100 йен медь-никель серия скоростные поезда аверс



Япония 50 лет Скоростным ЖД 1000 йен серебро цветущая сакура аверс

Поездам "Синкансэн" посвящено еще несколько монет как Японии, так и других стран. В Японии - это серебряные монеты с полихромным покрытием номиналом по 1000 йен. На одной изображении головного вагона поезда серии ноль, на второй - "Синкансен Е5". Серия, получившая название Хаябуса и введенная в эксплуатацию в 2011 году. Изначально, с 2011 по 2013 год, эксплуатационная скорость составляла 300 км/ч, а с 2013 года она увеличена до 320 км/ч.

Либерия в серии серебряных монет "История железных дорог" номиналом 5 долларов с полихромным покрытием одну посвятила "Синкансен JR500". Поезда этой серии - быстрее, наиболее мощные и наиболее дорогие на всех линиях "Синкансен". Их проектная скорость составляет 320 км/ч, однако максимальная служебная ограничена 300 км/ч. Используется компьютерное управление ходовой частью для обеспечения более плавной и безопасной езды. Затраты на постройку одного состава оцениваются в 5 миллиардов йен (более \$45 млн.), из-за чего было построено всего девять составов.

От имени тихоокеанского острова Вануату в 2009 г. в честь полувекового юбилея начала строи-

тельства первой линии "Синкансен" на одном из монетных дворов мира была отчеканена серебряная монета номиналом 50 вату с изображением состава нулевой серии на фоне символа Японии - горы Фудзи.

Острова Кука в 2004 г. одну из пяти серебряных монет серии "Знаменитые поезда мира" с полихромным покрытием посвятили упомянутому выше "Синкансен Е5".

"Синкансен", что в переводе означает "Новая линия" - общее название восьми высокоскоростных железных дорог, соединяющих важнейшие города Японии. "Новой линией" она была названа потому, что японские строители впервые при её прокладке использовали европейскую колею в 1435 мм. До этого вся японская железнодорожная сеть можно сказать была узкоколейной с шириной колеи 1067 мм.

Первый участок "Синкансен" Токио-Осака длиной 515 км был открыт в 1964 г., перед XVIII летней Олимпиадой в Токио. На ней поезда развивали скорость 220-230 км/ч.

Сегодня в Японии используются три категории высокоскоростных поездов: "нозоми", "хикари" и "кодама", изображения которых помещено на монетах серии из 9 японских монет.

Китай в 2018 году отчеканил биметаллические 10 юаней со скоростным поездом "Фусин" ("Возрождение"). Он начал эксплуатироваться в 2017 г. между Пекином и Шанхаем и имеет 16 вагонов общей длиной 400 м. Максимальная скорость - 350 ки-



Япония 5 монет из набора в 9 монет Синкансэй

лометров в час. Дорога расстоянием около 1300 км из Пекина в Шанхай занимает четыре с половиной часа.

В настоящее время Китай имеет самую большую в мире сеть высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСЖМ). Заметим, что первые регулярные маршруты высокоскоростных поездов CRH380A на линиях Шанхай-Нанкин и Шанхай-Ханчжоу открылась только в октябре 2010 г. А на конец 2017 года общая длина высокоскоростных железных дорог в КНР достигла 25 тыс. км и составила 66,3% всех скоро-



Либерия Синкансен История ЖД 2011 г 5 долл серебро т



Либерия современный траноевропейский экспресс



Япония 50 лет Синкансен 5 монет





Китай 10 юань 2018
Высокоскоростная
железная дорога

стных ж/д в мире. В наступившем 2019 году будет построено 3200 км ВСЖМ и к 2025 году их суммарная протяженность должна составить 38 тыс. км.

Китайские высокоскоростные поезда строятся из специального алюминиевого сплава. Форма корпуса головного вагона похожая на рыбку голову, что позволяет развивать скорость в 350 км/час, как в случае с "Фусином".

Европа также развивает сеть высокоскоростных железных дорог. Если к началу XXI в. общая длина ВСЖМ в зарубежной Европе составила почти 3000 км, то к 2020 г. она будет включить в себя 30 тыс. км таких линий.

Изображения скоростных поездов помещены на монетах Гибралтара, Франции, Австрии и Швейцарии.

Первым это сделал Гибралтар в связи с открытием движения составов Евростар (Eurostar) между Парижем и Лондоном по туннелю под Ла-Маншем. Это серия серебряных монет 1994 г. и номинированных ещё в ЕКЭ. На одной из них портрет Наполеона, который ещё в начале XIX века планировал построить туннель под этим проливом.

Поезд "Евростар" способен достигать скорости до 300 км/ч. Он преодолевает расстояние в 490 км между Лондоном и Парижем за 2 часа 15 мин - 2 часа 30 мин.

Монетный двор Парижа в 2010 и 2011 году выпустил две серии монет, посвященных парижскому вокзалу "Лилль-Европа" и вокзалу в городе Мец. В первой серии три серебряных монеты номиналом 10, 20 и 50 евро и две золотых в 50 и 200 евро. Во второй - три серебряных монеты номиналом 10, 20 и 50 евро одна золотая в 50 евро.

На аверсе монет "Лилль-Европа" изображён внешний



Вокзал Мец Франция 20011 год

вид здания этого вокзала и представлена схема железнодорожных линий, отходящих от него. На реверсе - два скоростных электропоезда TGV. Вверху вдоль буртика имеется расшифровка аббревиатуры TGV - "TRAINS GRANDE VITESSE" (переводится как "высокоскоростные поезда").

Монеты второй серии выпуска 2011 г. посвящены железнодорожному вокзалу французского города Мец и скоростным поездам Франции и Германии. Монеты отчеканены в виде колеса поезда и на их реверсе находится изображение двух поездов - один французской системы TGV, второй - немецкой ICE.

TGV - французская сеть скоростных электропоездов, разработанная GEC-Alsthom и национальным французским



Франция TGV серебро
2010 год 10 евро

железнодорожным оператором SNCF. Первая линия была открыта в 1981 году между Парижем и Лионом. Сегодня сеть TGV соединяет города на юге, западе и северо-востоке Франции. Некоторые соседние страны, в том числе Бельгия, Италия и Швейцария, построили свои линии TGV и подключили их к французской сети. В Германии и Нидерландах действует аналогичная и совместимая с TGV железнодорожная сеть Thalys, а в Великобритании - упомянутая Eurostar.

Поезда TGV способны двигаться со скоростями до 320 км/ч. Это стало возможным благодаря строительству специальных железнодорожных линий без резких поворотов. Поезда оснащены мощными тяговыми двигателями, сочлененными

вагонами, облегченными тележками, а также устройствами автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), благодаря которой машинисту не нужно высматривать сигналы светофоров на больших скоростях.

Первые идея создания TGV возникла в ответ на строительство Японией сети "Синкансэн". И в 1976 году Французское правительство выделило деньги на реализацию проекта TGV и вскоре началось строительство первой скоростной линии LGV Sud-Est (фр. ligne grande vitesse - скоростная линия Юг-Восток).

После того как два опытных состава подверглись тщательным испытаниям и модификациям, поезд TGV был запущен в производство, и первый серийный экземпляр был передан железной дороге 25 апреля 1980 года. Пассажирское сообщение TGV между Парижем и Лионом было открыто 27 сентября 1981 года.

Поезд TGV можно еще увидеть на серебряной монете Либерии упомянутой выше серии серебряных монет "История железных дорог" номиналом 5 долларов. На монете надпись "Трансевропейский экспресс".

Монетный двор в Вене на протяжении нескольких лет чеканил серию серебряных монет номиналом 20 евро "Железные дороги Австрии". На аверсе одной из них выпуска 2009 г. изображен скоростной поезд "Рейлджет" (Railjet) австрийской компании ÖBB. Первые два состава начали ежедневно курсировать с 14 декабря 2008 г. по маршрутам Вена - Будапешт и Будапешт - Вена - Мюнхен. Поезд способен развивать скорость до 230 км/ч.



Австрия скоростной поезд
+ первый электровоз

Монетный двор Швейцарии в 2016 году отчеканил серебряную монету номиналом 20 швейцарских франков и золотую в 50 франков по случаю открытия Готардского железнодорожного тоннеля. На реверсе монет показан северный вход в тоннель в районе Эрстфельда и скоростной электропоезд ETR610 швейцарских железных дорог.

Готардский тоннель - самый длинный железнодорожный тоннель в мире. Он имеет длину 57,1 км и строился 17 лет. Особенность тоннеля в том, что он не имеет изгибов и, проходя сквозь него, поезда не замедляя ход движутся со скоростью 250 км/ч.



Швейцария 2016 г. 20 франков Тоннель
под Сен-Готтардом (Gotthardo)

И в заключение о серебряной монете Азербайджана 2015 г. номиналом 5 манат. Она посвящена началу строительства 21.11.2007г. железной дороги Баку-Тбилиси-Карс, которая была открыта в 2017 г. Общая протяженность дороги составляет 826 километров. Она прошла через территории Азербайджана, Грузии и Турции.

На реверсе монеты изображен пассажирский двухэтажный поезд Stadler, собранный в Белоруссии на совместном предприятии со швейцарской фирмой Stadler. Конструкционная скорость поезда - 160 км/час.



Азербайджан 5 Манат 2015 -
Железная дорога
Баку-Тбилиси-Карс -Пруф



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 - 2-2019)



По заказу АМХ на фирме FАНМ разработали новую сварную башню типа ТС 910. Купол башни состоял из нескольких многоугольных панелей неправильных форм и образовывал развитую кормовую нишу.

В центре лба башни имелась амбразура с маской, в крыше предусматривалась пара люков со смотровыми приборами. В ходе проектирования и изучения различных предложений конструкция башни и ее внутреннего оснащения несколько раз изменялась.

Окончательная конфигурация танка АМХ ЕLC



В переднем отсеке корпуса находился двигатель производства Hotchkiss мощностью 170 л.с. Там же имелась механическая трансмиссия с выводом мощности на передние ведущие колеса. От СС2 танк АМХ ЕLC унаследовал ходовую часть. На бортах осталось по четыре опорных катка с торсионной подвеской. Ведущее колесо находилось спереди, ленивец - сзади.

Верхняя ветвь гусеницы лежала на паре роликов. Основным оружием танка стала 90-мм нарезная пушка D 915. Орудие монтировалось на установке с механическим вертикальным наводкой. За горизонтальное наведение отвечали приводы башни. Изначально пушка не имела дульного тормоза; это устройство добавили по результатам опытных стрельб. Был применен однокамерный тормоз активно-реактивного типа. Боекомплект орудия включал 36 унитарных снарядов. С пушкой спарили пулемет AA-52 калибра 7,62 мм. Зенитный пулемет отсутствовал. Позже на бортах башни ТС 910 установили две группы дымовых гранатометов.

Экипаж легкого десантного танка АМХ ЕLC состоял всего из двух человек - водителя и командира, также выполнявших функции наводчика и заряжающего. Водитель находился у правого борта, командир - у левого. Оба члена экипажа помещались в боевом отделении и попадали в него через люки в крыше башни. Такое размещение экипажа упрощало компоновку, но приводило к новым затруднениям. Органы управления закреплялись внутри корпуса, а сам водитель фактически находился внутри башни. Вождение было возможно только при развороте башни вперед: при повороте башни на значительный угол водитель не мог нормально следить за дорогой или взаимодействовать с органами управления. Таким образом, наведение орудия и стрельба на практике были возможны только при остановке.

В конце 1954 года появился улучшенный вариант проекта ЕLC, предусматривавший перенос силового агрегата в корму и организацию полноценного отделения управления в корпусе. Такой танк был лишен проблем с вождением и стрельбой, но при этом терял желаемую унификацию с Hotchkiss СС2. Вскоре от этого проекта отказались, и развитие получил первый вариант. Не лишенный недостатков, но более простой и дешевый. Готовый танк имел длину по корпусу всего 3,75 м (менее 5 м с пушкой вперед), ширину 2,25 м и высоту 1,43 м. Масса - 6,7 т. Расчетная максимальная скорость достигала 80 км/ч, запас хода - 500 км. Танк должен был преодолевать различные препятствия; его можно было перевозить перспективными военно-транспортными самолетами.

По исходному проекту, использовавшему шасси СС2 и башню ТС 910, в начале 1955 года построили опытный легкий танк. В течение двух лет машина работала на полигонах, демонстрируя свои сильные и слабые черты. Было установлено, что имеющееся шасси не вполне справляется с нагрузками и должно быть усилено. Также посчитали необходимой переделку лобового бронирования, средств наблюдения и некоторых элементов боевого отделения. Вновь возникли претензии к неудобству работы водителя, в том числе к невозможности разворота башни на большие углы на ходу.

По результатам испытаний проект АМХ ЕLC переделали. Разработка улучшенного проекта под названием ЕLC Bis стартовала в 1957 году. Из-за значительного объема доработок проектирование заняло немало времени. Обновленный танк мало походил на предшественника, хотя и сохранял отдельные его черты. В частности, существующая башня применялась без значительных изменений конструкции.

Прежде всего, изменилось бронирование. С лобовой части корпуса удалили

решетки радиатора, вместо которых появилось сплошное бронирование. Верхняя лобовая деталь была выполнена выгнутой в центре и собиралась из трех литых плит. Решетки для забора воздуха перенесли на надгусеничные полки. Рядом с ними появились ящики для того или иного оснащения. Длина корпуса не изменилась, но на нем теперь крепилось пять пар опорных катков уменьшенного диаметра. На передней и задней парах торсионы дополнялись амортизаторами внешнего расположения.

Вооружение в башне осталось прежним, но его установку улучшили и дополнили новой маской. Модернизировали смотровые приборы на люках экипажа. При этом переработки органов управления не предусматривались.

Танк АМХ ЕLC Bis, как и его предшественник, мог двигаться только при развороте башни пушкой вперед.

В конце пятидесятых годов опытный АМХ ЕLC Bis вышел на полигон.

Опытный АМХ ЕLC Bis



Улучшенная ходовая часть показала свои преимущества. Также была подтверждена правильность доработок боевого отделения. При этом основные тактико-технические и эксплуатационные характеристики остались на прежнем уровне. После проведения испытаний военные должны были принять окончательное решение о судьбе проекта компании АМХ и конкурирующих разработок от EVEN - второго участника программы ЕLC. Эта компания предложила весьма оригинальный подход к созданию бронетехники для десанта. Военным представили универсальное гусеничное бронированное шасси, на котором можно было монтировать боевые модули с разным вооружением.

Учитывая ограничения по массе, конструкторы EVEN отказались от мощного бронирования. Корпус и башни должны были защищать только от пуль и осколков. Главной защитой такой бронемашин должны были стать скорость, проходимость и маневренность. Заказчику последовательно предложили несколько вариантов комплекса вооружения, включавших как автоматические пушки, так и безоткатные орудия. Такая "модульность" могла дать проекту конкурентные преимущества.

"Модульные" боевые отделения имели схожую архитектуру - их строили по схеме качающейся башни. Конструкция верхней подвижной части башни зависела от типа вооружения. По этой причине разные образцы ЕLC от EVEN должны были внешне отличаться друг от друга. В общей сложности компания EVEN предложила армии и испытала на полигоне четыре варианта своей легкой бронемашин.

Унифицированное шасси для EVEN ЕLC имело сварной корпус из стальных листов толщиной не более 25...30 мм, способный выдержать пули и осколки. Лобовая проекция прикрывалась парой наклонных листов. На верхней детали справа - в нарушение французских традиций компоновки - предусматривалась невысокая рубка для механика-водителя. На горизонтальной крыше имелся погон для башни, на вертикальных бортах находились элементы подвески.

Корпус имел классическую компоновку: передний отсек вмещал пост управления и часть укладок боекомплекта, в центре поместили боевое отделение, в корме - силовой агрегат.

В кормовом отсеке поместили двигатель марки SOFAM мощностью 150 л.с. и механическую трансмиссию. Ходовая часть включала по пять опорных катков на каждом борту. Использовалась подвеска с балансирными и вертикальными пружинами. Ведущие колеса поместили в корме. Верхняя ветвь гусеницы лежала на четырех роликах.

Во всех случаях экипаж машины ЕLC состоял из двух человек. Механик-водитель находился внутри корпуса, под собственной рубкой. Перед рубкой помещалась откидная створка люка со смотровыми приборами. Командир, также выполнявший функции наводчика и/или заряжающего, находился в боевом отделении, разделенном между корпусом и башней. Все

варианты башни оснащались собственным люком и перископами для командира.

Длина EVEN ELC по корпусу во всех случаях составляла 5,3 м, ширина - 2,15 м. Высота - 1,8 м, а боевая масса 7,4 т. Шасси должно было развивать скорость до 65...68 км/ч и иметь запас хода 350 км.

Главной особенностью проекта ELC от EVEN было использование четырех башен с разным оружием, способных решать отличающиеся боевые задачи.

В конце февраля 1954 года компания-разработчик получила заказ на сборку опытной бронемашины с наиболее мощным вооружением для борьбы с танками и укреплениями противника. Строительство такого прототипа завершилось только летом 1955-го, и следующие несколько месяцев проводились испытания.

На погоне корпуса устанавливалось поворотное основание башни цилиндрической формы; на нем находилась качающаяся часть с центральным люком и боковыми креплениями для вооружения. Этот вариант башни нес четыре безоткатных орудия калибра 120 мм - по два на каждом борту. Также имелись два пулемета AA-52 нормального калибра. Наведение вооружения осуществлялось поворотом башни и наклоном ее качающегося агрегата.



EVEN ELC с безоткатными орудиями

Оружием управлял командир-наводчик.

Изначально функции заряжающего выполнял водитель. Предлагалось разворачивать башню пушками назад, благодаря чему их казенники оказывались над люком водителя, и тот мог осуществить перезарядку. Затем появилась модификация орудия с отъемной камерой. Казенники двух пушек скреплялись в подвижный блок с вертикальной осью вращения. Командир со своего места мог развернуть такой блок и поместить в него новые снаряды. Для увеличения скорострельности командир-заряжающий мог работать за



Вариант заряжания безоткатного орудия EVEN ELC

пределами машины, но это исключало стрельбу в движении.

Разрабатывался вариант башни с автоматикой заряжания. В этом случае одна безоткатка с каждого борта заменялась магазином на 5 снарядов. От этого проекта отказались, так как выяснилось, что такая конструкция уступает исходной в огневой мощи, но превосходит ее по габаритам и массе.

Испытания легкой бронемшины ELC с набором безоткатных орудий продолжались до весны 1956 года. Затем военные пришли к выводу о бесперспективности такой техники и потребовали сосредоточить усилия на создании легких танков с традиционной артиллерией.

В апреле 1956-го появился заказ на строительство двух вариантов легкого танка с разными боевыми отделениями, различающимися и вооружением.

Для легкого танка был создан боевой модуль с 90-мм гладкоствольной пушкой от бельгийской фирмы Месар. Такая башня сохранила нижнюю часть предшественника, но получила новый качающийся агрегат увеличенных размеров. Последний имел прямоугольную в плане форму и отличался необычной компоновкой. 90-мм орудие установили непосредственно у правого борта башни. Пулемет AA-52 расположили слева, а в центре находился командир-наводчик. Кормовую нишу отдали под укладку для унитарных выстрелов.

В период с 1956 по 1959 годы компания EVEN построила и передала на испытания пять машин с 90-мм пушками. Опытные образцы строились последовательно, и в конструкции каждой новой машины учитывался опыт испытаний предыдущих, что приводило к некоторым отличиям.

По известным данным, основные проблемы были связаны с балансировкой качающейся части и распределением нагрузок. Несимметричная установка орудия неудачно передавала импульс отдачи, что негативно сказывалось на



EVEN ELC с 90-мм пушкой

механизмах башни.

В том же 1956 году разработали третий вариант башни с парой 30-мм автоматических пушек. Качающаяся часть башни повторяла конструкцию предыдущего боевого модуля, но теперь по бортам устанавливались малокалиберные орудия Hispano-Suiza HS-825. Под изогнутым лобовым листом находилось сразу два пулемета. Рабочее место командира-наводчика осталось в центре башни, между вооружениями. Корма вмещала боекомплект



EVEN ELC с 30-мм пушками

и средства его подачи к вооружению.

Было построено несколько опытных машин с 30-мм пушками. Испытания, проводившиеся в конце пятидесятых годов, показали, что такая техника имеет достаточную огневую мощь и может бороться с бронемашинами или некоторыми сооружениями. Однако боекомплект оказался недостаточным для длительной стрельбы очередями.

Шасси от Brunon-Valette могло стать носителем противотанкового ракетного комплекса. В этом случае на погон устанавливалась более крупная поворотная башня Nord-Aviation Na2 без качающегося агрегата. На ее лобовой части имелось остекление большой площади для использования аппаратуры управления ракетами. На бортах расположили пусковые установки для управляемых ракет.

Предлагалось несколько вариантов установок. В первом варианте предусматривалась установка четырех ракет SS-11, во втором - двух SS-12, в третьем - двух SS-11 и одной SS-12. Во всех случаях боеприпасы располагались на направляющих открыто и не имели никакой защиты. Стрельбовые испытания не проводились. По ряду причин, от дальнейших



EVEN ELC SS-11 ou SS-12

испытаний и доводки комплекса в имеющемся виде отказались.

Как уже отмечалось, все модификации машин EVEN ELC имели те или иные недостатки. Самоходная установка со 120-мм безоткатными орудиями была неудобна в эксплуатации и не могла получить приемлемые средства перезарядки. Легкий танк с 90-мм пушкой не показывал нужную точность и кучность. Спарка 30-мм пушек чрезмерно быстро расходовала боекомплект, а ракетный комплекс уступал альтернативным разработкам. Заказчик критиковал не только башни и вооружения, но и базовое шасси.

Броня защищала только от пуль, а конструкция в целом не всегда справлялась с нагрузками при стрельбе, особенно при применении орудия большого калибра. Во всех случаях наблюдались проблемы с силовой установкой и ходовой частью.

Ещё одной страной, внесшей свой вклад в послевоенное танкостроения, стала Швеция. Танкостроение в этой стране имело интересную историю и достойно отдельного рассмотрения. Швеция приступила к созданию танков в конце 1920-х годов в сотрудничестве с Германией, которые, как правило, создавались на основе зарубежных образцов с использованием импортных комплектующих. Но уже в 30-е годы шведским конструкторам удалось создать собственные конструкции, причем специалисты отметили лёгкий танк L-60 как лучший в начале 30-х годов. Поскольку в своё время нам не удалось уделить внимание шведскому танкостроению, сделаем это сейчас.

В 1961 году всю программу ELC объявили бесперспективной и закрыли. В 1934 году фирмой Landsverk AB был разработан и изготовлен прототип первого отечественного танка Landsverk L-60, который создавался на базе

L-10 с сохранением вооружения и бронирования. Установили другой двигатель: вместо двигателя германской фирмы "Майбах" мощностью 150 л.с. поставили свой - Scania Vabis 1664 (6-цилиндровый карбюраторный мощностью 142 л.с.).

В ходовой части вместо тележек применили независимую подвеску.

На вооружение шведской армии танк не приняли, но смогли продать два (!)



L-10

L-60S



танка в Ирландию, и по одному (!!) в Австрию и Венгрию, причём в последней было даже организовано лицензионное производство.

Результатом доработки L-60 стал танк Strv m/38, который уже был принят на вооружение шведской армии.

Бронирование танка - 6...15 мм, вооружение - одна 37-мм пушка Bofors m/38 и один спаренный 8-мм пулемёт m/36. Двигатель остался прежний - Scania-Vabis 1664. К 1939 году выпустили 16 машин.

Изменив на Strv m/38 вооружение и его расположение в башне (37-мм пушку Bofors m/38 переместили влево, а справа от неё установили два 8-мм пулемёта m/36), а также усилили бронирование (максимальную



Strv m/38



Strv m/39

толщину лба довели до 50 мм), получили новый танк - Strv m/39.

К 1941 году их выпустили 20 штук.

Очередная модернизация предусматривала не только установку автоматической трансмиссии, но и увеличение размера, бронирования и, соответственно, массы. В 1941 году было выпущено 100 танков Strv m/40L. И уже этот танк с новым двигателем Scania-Vabis L 603 мощностью 162 л.с. впоследствии производился на заводе Karlstad Mekaniska Verkstad Карлстаде под названием Strv m/40K. К 1943 году здесь было выпущено 84 танка. Помимо производства танков собственной разработки в годы войны в Швеции выпускался лицензионный чешский танк LT vz.38. Под названием Strv m/41 с 1941 по 1943 год было выпущено 220 единиц в двух вариантах. На первом - Strv m/41 SI - были установлены шведские двигатель мощностью 142 л.с. и 37-мм пушка Bofors Strv-K m/38. Выпущено 116 единиц. На втором - Strv m/41 SII - установили двигатель мощностью 160 л.с., удлиннили корпус и сделали борта башни наклонными. Таких танков выпустили 104 единицы. В 1943 г., пока выпускали второй вариант, 36 танков Strv m/41 SI было переоборудовано в штурмовое орудие Sav m/43, вооружённое 105-мм гаубицей, установленной в полностью закрытой легкобронированной рубке.

Strv m/41 SII



Sav m/43 SII



Швеция страна нейтральная, но в мире бушевала война, и руководство страны опасалось нападения и Германии, и Советского Союза. 10-тонные танки, стоящие на вооружении шведской армии и вооружённые 37-мм пушками, несмотря на все попытки модернизации, уже не соответствовали требованиям идущей войны. Танковый комитет армии принял решение о создании и принятии на вооружение 20-тонного танка с 60-мм лобовым бронированием и 75-мм пушкой. К концу 1942 года компания "Ландсверк" разработала увеличенный вариант своего танка Strv m/40. При этом в соответствии с требованиями транспортного законодательства ширину танка пришлось ограничить до 2,35 метра, а в качестве орудия была выбрана короткоствольная 75-мм пушка, ствол которой практически не выходил за пределы корпуса.

Танк был принят на вооружение под обозначением Strv m/42. Первоначально планировалось выпустить 100 танков, но за годы войны заказ увеличили до

Strv m/42



280 машин, которые были изготовлены компанией "Ландсверк" с привлечением компании "Вольво".

Масса танка m/42 была чуть больше 22 тонн, экипаж - четыре человека. Вооружение танка: 75-мм пушка m/41 и два 8-мм пулемёта в трёхместной башне, третий пулемёт располагался в курсовой установке.

Сварные броневой корпус и башня обтекаемой формы собирались с применением литых деталей, броня лба танка достигала 80 мм. Моторно-трансмиссионная группа танков же выпускалась в нескольких различных вариантах, получавших соответствующее двухбуквенное обозначение. Танки ранних выпусков оснащались спаренной двигательной установкой производства фирмы "Скания-Вабис" общей мощностью 325 л.с. (индекс T) и механической трансмиссией с электромеханическим управлением фирмы Z.F. Friedrichshafen (индекс M). Впоследствии танки начали выпускаться с автоматической трансмиссией у каждого из двигателей (индекс H), а позднее - с одним двигателем фирмы "Вольво" (индекс E), мощностью около 400 л.с. и новой единой автоматической трансмиссией.

Несмотря на эти различия, максимальная скорость всех m/42 была одинаковой - 42 км/ч. В итоге компания "Ландсверк" выпустила 100 танков

m/42TM, 70 - с индексом TH и 10 - EH, тогда как "Вольво" поставила армии 55 танков m/42TH и 47 m/42EH.

Но уже к 1944 году шведский танк m/42 со своей короткоствольной 75-мм пушкой был не в состоянии бороться ни с танками Германии, ни с танками Советского Союза. Кроме того, надёжность танка оставалась низкой, прежде всего из-за перегруженных механизма поворота и электромеханической трансмиссии; да и недоработанные двигатели "Вольво" доставляли много хлопот. Тем не менее, так до конца войны ничего и не изменилось.

Ничего не изменилось и в первые послевоенные годы, но, тем не менее, нейтральная Швеция активизировалась в приобретении образцов бронетанковой техники разных стран. Начиная с 1947 года эта техника начинает поступать в страну из Великобритании и США, а благодаря связям с Францией шведы смогли приобрести некоторое количество немецких танков и САУ. Изучение зарубежных конструкций позволило шведам в значительной степени заполнить информационный вакуум. И тем не менее, даже в 1949 г. при обсуждении концепции перспективного танка на его вооружение всё ещё предлагалась 75-мм пушка, от которой требовалось пробитие брони толщиной 75 мм на дистанции 1000 метров. Правда, было выдвинуто предложение об установке 105-мм пушки с начальной скоростью снаряда 650 м/с. Масса танка оценивалась в 20...25 тонн. Новый танк предлагалось создавать на базе Strv m/42.

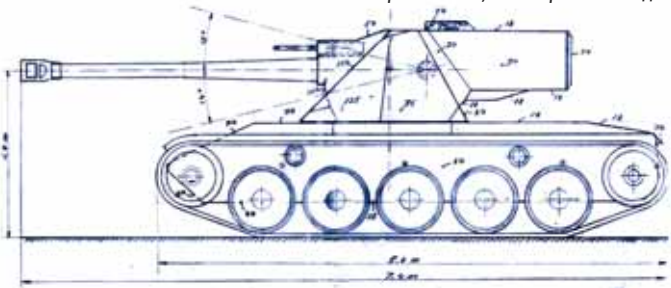
Но когда в марте 1950 года шведы, наконец-то - спустя почти пятилетие после участия ИС-3 на параде в Берлине, получили от разведки по этому танку первую информацию, в которой давалась оценка толщина его лобовой брони (порядка 125...150 мм), стало понятно, что 105-мм пушка с броней ИС-3 не справится. Выбор пал на 120-мм пушку с длиной ствола в 40 калибров, обеспечивающей начальную скорость снаряда, равную 930 м/с. Этого должно было быть достаточно для того, что бы на дистанции в один километр пробивать броню толщиной 190 мм, поставленную под углом 90 градусов, и 150 мм при наклоне в 60 градусов. Для обеспечения высокой скорострельности предусматривался автомат заряжания. В ноябре 1950 появилось техническое задание на новый танк, который все же планировался на агрегатах Strv m/42. Его боевая масса должна быть порядка 25 тонн.

Пока конструкторы только начинали искать подходы к решению этой проблемы, им поступила информация о французском среднем танке AMX 50. Целиком взять его конструкцию было нельзя, т.к. его масса на 20 тонн превышала заданную по ТЗ массу проектируемого танка, а по размерам он превосходил даже совсем немаленький Centurion. А вот позаимствовать идеи о дифференцированном бронировании и качающейся башни было очень кстати. Применение механизма заряжания и размещение части боекомплекта в забашенной нише заметно уменьшал ее габариты, а, значит, и массу. К совместной разработке эскизного проекта нового танка, получившего обозначение EMIL, приступили три компании: Landsverk, Bofors и KATF. И к сентябрю 1951 года проект был подготовлен. Танк получился оригинальным и совершенно не похожим на все ранее спроектированные шведами машины. Относительно короткий (длина корпуса 5,7 метров), низкий (общая высота чуть меньше 2,5 метров) с предполагаемой боевой массой 28 тонн. В качестве силовой установки предлагался оппозитный 8-цилиндровый двигатель с воздушным охлаждением мощностью 550 л.с., чего было бы достаточно для движения по шоссе на скорости 55 км/ч (двигатель был разработан компанией SFA).

С французским AMX 50 новый шведский танк роднила качающаяся башня, при этом EMIL всё же отличался. При его массе, соответствующей массе среднего танка, он имел бронирование тяжелого (лоб корпуса 70...120 мм, башни 125...200 мм). Экипаж состоял всего из трех человек. Несмотря на схожесть с башней FAMH, конструкция башни и системы заряжания у EMIL были другими. У "шведа" качался не весь верх башни, а только центральная часть и кормовая ниша, при этом лобовая часть оставалась неподвижной. Это делало башню EMIL более стойкой к попаданию снарядов и почти сводило на нет риск ее заклинивания в вертикальной плоскости. Еще одной особенностью башни EMIL оказался очень большой угол склонения - до 14 градусов.

Помимо 120-мм пушки с длиной ствола 40 калибров в состав вооружения EMIL входили два спаренных пулемета. Для обеспечения высокой скорострельности (до 40 выстрелов в минуту) в башне устанавливался автомат заряжания с двумя магазинами на 8 унитарных выстрелов каждый -

Эскизный проект EMIL, сентябрь 1951 года



один для кумулятивных, второй для осколочно-фугасных. Общий боезапас составлял 32 выстрела.

Срок от появления первого эскизного проекта до серии разработчики оценивали в 7-8 лет: опытный образец изготавливался в 1955 году, испытания проводились в 1956-м, а серия должна была начаться еще 2 года спустя. По мере продолжения работ над проектом танка EMIL, его масса начала возрастать, и к осени 1952 года она приблизилась к 35 тонн.

Прорабатывались разные технические решения по корпусу, подвеске и другим частям танка, но наиболее объемные работы были проведены по поиску альтернативы 120-мм пушке. 27 сентября 1952 года фирма Bofors

представила наработки по 105-мм пушке со скорострельностью 30 выстрелов в минуту и 14 снарядами в магазине (полный боезапас 28 снарядов).

Начальная скорость снаряда у этой пушки должна была быть порядка 1080...1340 м/с. В октябре появилась еще одна пушка - 15 см L/40.

Как и 120-мм орудие, стрелять она должна была кумулятивными снарядами.

Количество снарядов в магазине снизилось до 12, а всего их должно было быть 24.

Под каждый вариант пушки пришлось прорабатывать новый танк, вследствие чего появилось несколько вариантов дальнейшего развития: EMIL E1, E2 и E3.

К тому моменту ещё и с двигателями стало налаживаться: удалось договориться с американской фирмой Continental, которая предоставила широкий спектр танковых моторов. Среди них был оппозитный AOS-895 мощностью 500 л.с., а также V-образные AV-1195 (540 л.с.), AVS-1195 (665 л.с.) и AV-1790 (810 л.с.).

Первый вариант - EMIL E1 - предусматривал 120-мм пушку, длина корпуса увеличилась до 6,4 метра, а боевая масса колебалась от 30,7 до 35,5 т.

На нем предусматривался двигатель AOS-895.

По расчетам, скорость должна была составить 48 км/ч.

Корпус первого варианта "Эмиля" должен был иметь классическую компоновку. В передней его части должен был располагаться механик-водитель, а средняя отдавалась под боевое отделение с качающейся башней. В башне предполагалось разместить рабочие места командира и наводчика, причем их люки находились в крыше качающейся части башни. Сама башня должна была изготавливаться из нескольких бронелистов различной формы. Корму отдали под моторно-трансмиссионное отделение.

Благодаря применению "щучьего" носа толщину верхней лобовой детали удалось уменьшить до 70 мм без серьезных потерь в уровне защиты. Борта и корма корпуса были значительно тоньше - 20 мм.

Башня получила более серьезную защиту. Ее лоб должен был иметь толщину 150 мм, борта и корма - по 30 мм.

Предусматривалось использование оригинальной ходовой части с четырьмя опорными катками на борт. Ведущие колеса находились сзади, направляющие - спереди. Верхняя ветвь гусеницы лежала на трех поддерживающих роликах.

EMIL E2, из-за того, что на нём предусматривалась установка 150-мм пушки, становился на 10 см шире и на столько же выше. Это позволяло установить на нём более мощные двигатели AV-1195 или AVS-1195. В этой модели была предусмотрена и установка пушки калибра 105 мм. Применение более мощных двигателей позволило увеличить толщину брони - до 145 мм в корпусе и 170 мм в башне. Из-за этого в зависимости от выбранного варианта боевая масса могла быть от 34,1 до 39,2 тонн.

Максимальная скорость в зависимости от выбранного двигателя могла составлять от 45 до 55 км/ч.

EMIL E3 оказался самым большим и тяжелым. Длина корпуса выросла до 6,7 метров, а высота и ширина, по сравнению с EMIL E2, увеличилась ещё на 10 сантиметров. Благодаря этому удалось разместить мотор AV-1790, который, по случайному совпадению, создавался как раз для американских тяжелых танков. А шведский танк явно приблизился к тяжелому классу. Его боевая масса варьировалась от 36,4 до 41,8 тонн, а толщина брони, по сравнению с EMIL E2, выросла по бортам (с 30 до 40 мм у корпуса и с 60 до

Макет EMIL E3 со 150-мм пушкой, 1952 г



80 мм у башни). Более мощный мотор теоретически позволял развивать максимальную скорость 60 км/ч. В итоге утвердили именно эту версию.

После окончательного утверждения спецификации работа над танком продолжилась. На Bofors, где разрабатывалось вооружение и башня, машина именовалась "Проект 6400". Работать пришлось сразу по двум направлениям, поскольку вместо одной пушки разрабатывать пришлось две. Одновременно сдвигались и сроки - раньше октября 1956 года прототипа не ожидалось.

Однако шведские военные ждать не могли. Начались переговоры с французами насчет AMX 13, и был даже сделан заказ на 300 AMX-13. Вскоре были проведены испытания одного танка, но шведы посчитали, что французский танк не соответствует условиям ведения боевых действий на шведской территории. В апреле 1953 года шведы отозвали заказ.

Параллельно шли переговоры с англичанами о поставке танков Centurion Mk.3, которые завершились тем, что в мае 1953 году в Швецию были поставлены первые 6 машин. Centurion Mk.3 приняли на вооружение под названием Strv 81, а всего их закупили 80 штук, помимо ещё 270 английских танков других типов и модификаций.

Из-за приобретения танков Centurion Mk.3 работы над перспективным шведским тяжелым танком не прекратились, хотя уже на этом этапе программу тяжелого танка могли закрыть из-за того, что: во-первых, 105-мм пушка была чересчур слабой для тяжелого танка; во-вторых, отсутствовали боеприпасы для 150-мм пушки; и, в-третьих, инженерам фирмы Bofors так и не удалось решить проблему стабилизации пушки. Основная причина принятия решения о продолжении работы по созданию шасси танка заключалась в том, что на нём предполагалось создание самоходной установки. Согласно планам, к маю-июню 1956 года предполагалось построить два корпуса для опытных образцов.



Опытный образец KRV в ходе сборки на Landsverk

В 1956 году проект тяжелого танка получил обозначение, под которым он и вошел в историю - KRV, или Kranvagn (автокран).

В ходе сборки на Landsverk на KRV вместо американского мотора к тому времени было решено использовать



Двигатель SFA F 12

шведский двигатель SFA F 12 (лицензионная копия Continental AV-1790) мощностью 810 л.с., который с 1955 года находился на испытаниях.

В 1957 году на Landsverk началась, наконец, сборка опытного шасси многострадального танка. Это был первый с декабря 1944 года танк, который это предприятие собирало "с нуля". Итоги неоднократных перепроектирований привели к тому, что боевая масса KRV достигла 45 тонн. Впрочем, на фоне 50-тонного Centurion Mk.3, называвшегося при этом

Опытный образец KRV в ходе первых заводских испытаний



средним танком, это скромно. Длина корпуса выросла до 6,75 м, полная ширина составила 3,05 м, а полная высота 2,66 м.

Впрочем, в случае высоты и боевой массы это было скорее теорией, поскольку Vofors так и не закончила изготовление башни и вооружения. KRV строился в качестве шасси, на которое установили массо-габаритный макет башни. С точки зрения шасси, к слову, все было не так уж плохо. Машина имела очень неплохое бронирование в лобовой части, достигавшее толщины 145 мм и имевшее рациональные углы наклона. Машина показала максимальную скорость 60 км/ч. Это почти в два раза быстрее, чем ездил Centurion.

В октябре 1957 года опытный образец KRV с номером 24 отправили в Норрланд, на север Швеции. Там он совместно с опытным шасси для САУ АКВ вполне успешно проходил испытания. В это время шведские военные ломали голову, что с этим танком делать. В отличие от шасси, с башней дело явно не задалось. Была даже идея использовать вместо 150-мм пушки вооружение французского или английского происхождения, но от этой идеи отказались.

Поднимался вопрос и об установке на шасси KRV башни от английского Centurion Mk.10. Такой гибрид вполне имел право на существование, поскольку по толщине брони английская башня вполне соответствовала спецификациям, да и пушка L7 была вполне достойным вооружением. Кроме того, это решало проблему довольно слабой подвижности Centurion. Но и эту идею отвергли. В 1959 году Швеция начала закупки Centurion Mk.10. 110 этих танков служили в рядах шведской армии под обозначением Strv 101. Несмотря на столь печальный финал, KRV не стал полным провалом шведской танковой промышленности. Во-первых, опыт создания KRV был использован при разработке танка Strv S: на модифицированном шасси KRV

отрабатывались отдельные технические решения и элементы, которые пригодились при создании нового шведского танка, об истории создания которого рассказ пойдет несколько позже. И, во-вторых, шасси шведского тяжелого танка стало основой для создания самоходной установки АКВ 151, которая в конце концов была принята на вооружение шведской армии как Bandkanon 1 и служила до 2003 года.

Но, прежде чем начать рассказ о создании САУ АКВ 151, вернемся в конце сороковых годов, когда на на вооружении шведских сухопутных войск состояли САУ Stormartillerivagn m/43. Однако эти 36 САУ не могли полноценно решать весь спектр поставленных задач, а зарубежный опыт наглядно показывал, что армии необходима самоходная артиллерийская

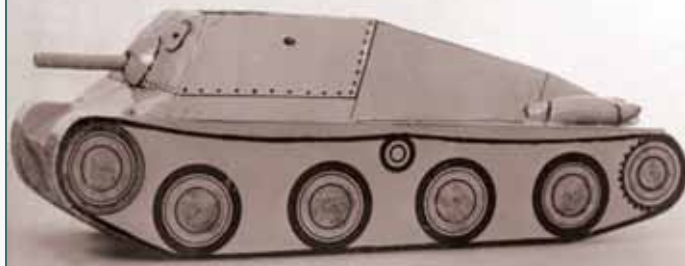
установка, способная поддерживать пехоту огнем сравнительно мощного орудия. После того как был определен требуемый облик перспективной машины огневой поддержки компания Landsverk AB в январе 1949 года получила новое техническое задание, по которому следовало создать проект и построить по нему легкую боевую машину с противопульным бронированием и боевой массой около шести тонн.

Из вооружения для САУ предусматривалась пушка среднего калибра.

Экипаж должен был состоять из трех человек.

В апреле 1949 года инженеры компании "Ландсверк" представили первый вариант проекта, получивший обозначение Tankett m/49. В нем предлагалась

Картонный макет самоходки Tankett m/49



конструкция бронированного шасси. Проект был представлен заказчику в виде набора технической документации и картонного макета.

Было отработано несколько вариантов бортового вооружения: с пушкой калибра 75 или 84 мм, со 105-мм гаубицей и даже с несколькими пулеметами на курсовой установке вместо пушек (и это на САУ!?). От 84-мм пушки отказались практически сразу по причине её отсутствия.

Строительство опытного образца началось в 1950 году. Для обеспечения максимально возможного внутреннего объема корпуса рубку сделали в виде сложной многоугольной формы, образованной несколькими наклонными листами. Передняя обитаемая часть рубки оставалась без крыши. Наклонный лобовой лист корпуса и рубки предназначался для монтажа пушечного или пулемётного вооружения. Ограничения по боевой массе привели к использованию относительно тонкой брони. Лобовая броня изготавливалась из 18,5-мм катаных листов, бортовая - из 7-мм, кормовая - из 5-мм.

Ведущие колеса планировалось поместить в корме, направляющие - в передней части корпуса. В корме прототипа Tankett fm/49 установили бензиновый двигатель марки Volvo мощностью 105 л.с. Силовая установка и трансмиссия находились только в кормовом отсеке корпуса, что позволило оптимизировать компоновку переднего обитаемого отсека.

Ходовая часть САУ строилась на основе соответствующих агрегатов серийных танков, но с использованием новых идей. В отличие от "картонного" проекта ходовую часть изменили - теперь на каждом борту помещалось по шесть опорных катков малого диаметра, заблокированных попарно. В центре каждой из трех тележек имелось крепление для торсиона. Часть катков также получила дополнительные амортизаторы. В верхней части бортов имелись две пары поддерживающих роликов.

На орудийную установку смонтировали 75-мм пушку Strvkan m/41. Установка позволяла перемещать орудие на 10° вправо и влево от нейтрального положения. Максимальный угол возвышения составлял 20°, а снижение было больше - вплоть до 25°, что обеспечивало возможность вести огонь прямой наводкой из укрытия или склона возвышенности.

Для отработки ходовой части САУ на первом опытном образце вместо орудийной установки в лобовом листе смонтировали три пулеметные установки. Со сдвигом к правому борту на лбу рубки прорезали три проема

Первый прототип Tankett fm/49 в версии пулеметной самоходки



под шаровые установки пулеметов Ksp m/42 калибра 8 мм. Непосредственно над такими амбразурами находились небольшие смотровые лючки.

Экипаж пулеметной САУ сократили до трех человек. В передней части обитаемого отсека находились механик-водитель (у левого борта) и стрелок за тремя пулеметами, а командир - в задней части рубки.

Общая длина опытного образца Tankett fm/49 составляла 4,9 м, ширина - 2,25 м, высота - всего 1,6 м. Боевая масса составляла всего 6,5 т. И даже двигателя мощностью 105 л.с. было достаточно для разгона бронемашины до 60 км/ч на шоссе.

В начале 1950 года первый прототип вышел на испытания, по результатам которых был определен круг необходимых доработок конструкции. Во-первых, была изменена лобовую часть рубки - вместо трех небольших

проемов для пулеметов в лобовом листе сделали круглую амбразуру для пушки. В ней помещалась полусферическая маска орудия Strvkan m/41. В связи с наличием развитых гидравлических откатных устройств в верхней части маски предусматривалась установка выступающего кожуха.



Tankett fm/49 с 75-мм орудием

Перестройка боевого отделения повлекла за собой переработку скуловых листов корпуса.

После установки пушки экипаж был дополнен заряжающим. Он должен был перегружать выстрелы из кормовых укладок в орудие.

Шасси перспективной САУ Tankett fm/49 посчитали весьма удачным и рекомендовали к использованию в качестве основы для новых образцов бронетехники. Вскоре появились прототипы, имевшие уже опробованное шасси и иное вооружение. Так, один из новых проектов предлагал использование иной надстройки корпуса, имевшей наклонный лобовой лист и вертикальные борта, образовывавшие коробчатую прямоугольную конструкцию. В боевом отделении предлагалось монтировать тумбовую



Самоходная гаубица на шасси fm/49

установку с 105-мм гаубицей m/40. Орудие комплектовалось собственным щитом и прикрывало расчет.

Также был предложен самоходный миномет на шасси fm/49, в котором в центре обитаемого отсека поместили установку с парой 120-мм минометов. Все САУ с разными вариантами орудия, но с единым шасси, были испытаны на полигонах в течение 1950 года. По результатам всех проверок перспективной САУ Tankett fm/49 было отмечено, что шасси, основанное на уже опробованных агрегатах, не требует серьезных доработок. Что касается вооружения, то исключалось повышение его огневой мощи, а вот к броневой защите были вопросы - её требовалось усилить. В связи с этим было решено САУ Tankett fm/49 усовершенствовать.

Военные не требовали разрабатывать новую бронемашину, а предлагали провести модернизацию существующего проекта, что в значительной мере упростило дальнейшие работы. Представить новый проект удалось уже в 1951 году - всего через несколько месяцев после завершения испытаний первых прототипов предыдущей модели. Чуть позже самоходка, подтвердившая свои возможности, была принята на вооружение под обозначением Infanterikanonvagn 72 или сокращенно Ikv 72. Как следует из



САУ Ikv 72 на полигоне

такого названия, эту технику отнесли к новому для шведской армии классу "пехотная артиллерийская машина".

Новая САУ Ikv 72 фактически представляла собой вариант глубокой модернизации уже существующей опытной машины. Это привело к сохранению основных черт технического облика, однако ряд узлов и агрегатов был заметным образом переработан. Незначительным, но заметным изменениям подверглись корпус и рубка. Для получения более высоких характеристик была модернизирована силовая установка и трансмиссия. Опытная самоходка fm/49 имела лобовое бронирование толщиной 18,5 мм при 7-мм бортах и 5-мм корме. При разработке нового проекта увеличение толщины брони посчитали невозможным из-за соответствующего увеличения массы. В связи с этим повысить уровень защиты решили при помощи изменения угла наклона броневых листов и некоторой переработки конструкции корпуса. Все это привело к необходимости некоторого изменения размещения внутренних устройств боевого отделения. По результатам такой модернизации Ikv 72 должна была получить новый корпус, имеющий явные отличия от базовой конструкции.

Компоновка корпуса осталась прежней. Его передняя часть отдавалась под увеличенное боевое отделение. Позади обитаемого отсека находилось моторно-трансмиссионное отделение. Как и в предыдущем проекте fm/49, было решено устанавливать двигатель и трансмиссию в общем объеме. САУ Ikv 72 получила крупный лобовой лист большой высоты толщиной 18,5 мм, устанавливавшийся со значительным наклоном и прикрывавшим как корпус, так и рубку. В этом листе имелось несколько проемов, в том числе крупная амбразура орудия. Снизу к нему прикреплялась изогнутая передняя часть днища. По бокам к лобовому листу крепились пара скуловых толщиной 12 мм, имевших несимметричную четырехугольную форму. За ними помещались заваленные внутрь трапецевидные борта, образовывавшие крупные надгусеничные ниши. Обитаемый отсек изначально не имел крыши. Корма рубки, частично прикрывавшая моторный отсек, имела сходящиеся наклонные борта и трапецевидную крышу. Сзади этот агрегат корпуса прикрывался решеткой. Корма основного корпуса получила горизонтальную крышу и изогнутый задний лист. Между обитаемым отсеком и моторным отделением располагалась 4-мм перегородка.

Для компенсации ожидаемого роста боевой массы и дополнительного повышения основных характеристик в проекте Ikv 72 было предложено использовать новый двигатель. В кормовой части корпуса монтировался фордовский бензиновый двигатель мощностью 145 л.с. Рядом с двигателем находились средства охлаждения, топливные баки и механическая трансмиссия. Коробка передач типа Volvo K16 имела пять передач переднего хода и одну заднего.

На лобовой амбразуре Infanterikanonvagn 72 предлагалось монтировать средство для установки пушки Strvkan m/41, ранее использовавшейся на некоторых серийных танках шведского производства. Это орудие имело ствол средней длины и было способно использовать боеприпасы различного назначения, благодаря чему могло применяться для огневой поддержки пехоты в различных ситуациях. Орудийная установка с ручными приводами позволяла наводить пушку в пределах горизонтального сектора шириной 10°. Углы возвышения менялись от -25° до +20°. Получению больших углов снижения способствовало отсутствие крыши боевого отделения, не мешавшей наклону установки и откату.

Огонь Ikv 72 с обратной стороны склона



Серийная Ikv 72

Орудийная установка оснащалась подвижной маской на основе броневой полусферы и выступающего вперед кожуха противооткатных устройств. 75-мм пушка Strvkan m/41 использовала унитарные выстрелы со снарядами различных типов. Несмотря на сравнительно малые размеры боеприпасов, в боекомплект входило всего 42 выстрела.

Штатное вспомогательное вооружение в виде пулеметной турели проектом не предусматривалось.

Ограничения по боевой массе, заданные техническими требованиями, привели к сохранению не слишком крупных габаритов. Длина САУ Infanterikanonvagn 72 по корпусу составляла 4,95 м, с учетом пушки - 5,79 м. Ширина машины достигала 2,23 м, высота - всего 1,67 м. Боевая масса, как и в случае с предыдущей Tankett fm/49, осталась на уровне 8 т. Удельная мощность машины превышала 18 л.с. на тонну, что позволяло получить

хорошие показатели подвижности. Так, максимальная скорость могла достигать 55...57 км/ч. Запас хода - не менее 150...170 км. Уже в 1952 году армия, ознакомившись с новым образцом бронетехники, приняла решение о его принятии на вооружение и запуске серийного производства. Соответствующий приказ появился в следующем 1953 году. В том же 1953 году появился заказ на серийное производство новой бронетехники. В соответствии с подписанным контрактом, компания Landsverk AB в течение нескольких ближайших лет должна была построить и передать армии 36 самоходок. Первая партия из 10 машин была передана до конца 1953 года. Уже в следующем году были построены еще 26 бронемашин, и заказ был полностью выполнен. Заказ выполнили, но желание иметь более мощное вооружение, чем 75-мм танковая пушка, появилось. Уже в 1954-55 годах шведское командование озабочилось проблемой дальнейшего развития самоходной артиллерии. Заказчик вновь вспомнил об идеях, имевших место при старте разработки машин Tankett fm/49 и lkv 72. На ранних стадиях этих проектов рассматривалась возможность оснащения гусеничной бронемшины 105-мм пушкой-гаубицей. Использование такого орудия позволяло получить заметный прирост характеристик при борьбе с пехотой или укреплениями, а при помощи специальных боеприпасов можно было получить возможность уничтожения существующих и перспективных танков. И в 1955 году на полигон вышла модернизированная версия САУ Infanterikanonvagn 72 с более мощным орудием калибра 105 мм. Эта машина успешно справилась с испытаниями и была рекомендована к принятию на вооружение. Но новую технику предлагалось производить не с нуля, а

САУ lkv 102



переделать уже изготовленные lkv 72. После модернизации и оснащения 105-мм орудием серийные самоходки получили новое обозначение lkv 102. Именно в такой конфигурации 36 "пехотных артиллерийских машин" продолжили службу в частях шведской армии. Позже на основе САУ Infanterikanonvagn 102 был разработан новый проект модернизации, подразумевавший замену некоторых имеющихся комплектующих. Такие машины были приняты на вооружение под обозначением lkv 103. Эксплуатация всех модернизированных вариантов lkv 72 продолжалась до восьмидесятых годов. После появления более совершенной САУ - lkv 91, шасси самоходок lkv 72 были использованы для создания противотанковых

Pansarvarnsrobotbandvagn 551



Luftvarnsrobotbandvagn 701



ракетных комплексов Pansarvarnsrobotbandvagn 551 и зенитных ракетных систем Luftvarnsrobotbandvagn 701.

И в те годы, когда в войсках шла модернизация lkv 72 на lkv 102, появилась идея использовать шасси KRV-EMIL для опытной самоходной артиллерийской установки, которой дали название AKV 151. Для использования в таком

САУ AKV 151



качестве шасси претерпело серьезные изменения. Так, двигатель и агрегаты трансмиссии были сдвинуты к правому борту с целью освобождения места для механика-водителя. Шасси фактически развернули, в результате чего корма стала передней частью корпуса и наоборот. Рубку с орудием поставили на место отделения управления и боевого отделения.

САУ AKV 151 получила орудие калибра 155 мм, оснащенное оригинальным автоматом заряжания. В корме качающейся части башни располагался сменный двухрядный магазин для 14 унитарных снарядов. Все операции по заряданию орудия производились автоматикой. Установленный автомат заряжания позволял использовать весь имеющийся боекомплект за 45 секунд. На замену магазина требовалось несколько минут. Для удобства

САУ AKV 151 с краном и магазином



перезарядания самоходка получила кран, предназначенный для подъема магазинов с грунта или с автомобиля-подвозчика боеприпасов. САУ AKV 151 не заинтересовала военных. Тем не менее, в этом проекте был применен ряд новых оригинальных решений. Немного позже интересная конструкция автоматики заряжания и сменного магазина была использована в проекте самоходки Bandkanon 1.

Разработка этой САУ началась в середине пятидесятых годов прошлого века после того, как компания Bofors получила заказ на создание самоходного орудия калибра 155 миллиметров. От новой самоходки требовалась максимальная возможная скорострельность, чтобы батарея таких машин могла как можно быстрее нанести серьезный урон противнику и, если понадобится, еще одним таким ударом окончательно подавить сопротивление. Это требование в конечном итоге определило облик боевой машины.

В качестве основы для новой самоходной артиллерийской установки выбрали один из прототипов танкового шасси, созданный по программе KRV. В ходе создания Bandkanon 1 шасси претерпело некоторые изменения. Ввиду характера работы будущей самоходки его облегчили путем снижения уровня защиты. После доработки максимальная толщина листов корпуса не превышала 20 мм.

В передней части бронекорпуса поместили моторно-трансмиссионное отделение. Внутри него находилась моноблочная силовая установка, в которой двигатель и трансмиссия были собраны в единый агрегат. Особый интерес представлял состав силовой установки. Для движения по шоссе конструкторы "Бофорса" предложили использовать сравнительно маломощный, но экономичный дизельный двигатель Rolls-Royce K60 мощностью всего в 240 лошадиных сил. При боевой массе в 53 тонны и удельной мощности менее пяти лошадиных сил на тонну САУ Bandkanon 1 могла разогнаться на шоссе всего до 15...20 км/ч. Естественно, такие ходовые качества никого не устраивали. Для компенсации недостаточных характеристик дизеля в состав силовой установки новой самоходки включили 300-сильный газотурбинный двигатель Boeing 502-10MA. Предполагалось, что при движении по бездорожью боевая машина будет использовать оба двигателя одновременно. На двух двигателях Bandkanon 1 могла разогнаться до 28 км/ч, но в таком случае одной заправки топливом (1500 литров) хватало лишь на 230 километров пути, что, однако, признали достаточным для службы на территории Швеции.

Ходовая часть САУ имела по шесть опорных катков с гидропневматической подвеской на каждом борту. Примечательно, что задние катки также выполняли функцию направляющих колес. Ведущее колесо с цевочным зацеплением гусеницы поместили в передней части корпуса, заметно вынеся его вперед и вверх. При стрельбе шасси самоходки могло "приседать" для меньшего раскачивания машины и большей точности огня. Из-за большой скорострельности специалисты Bofors посчитали стабильность поведения САУ важным параметром и постарались максимально ее улучшить.

За моторно-трансмиссионным отделением, со сдвигом к левому борту, на Bandkanon 1 имелось рабочее место механика-водителя. Остальные четыре члена экипажа во время марша и стрельбы располагались в поворотной башне. Конструкция башни шведской самоходки до сих пор не имеет аналогов за рубежом. Некоторые агрегаты башни размещены ниже уровня крыши корпуса, но основные ее элементы находятся выше. Внешняя часть башни представляет собой два бронированных короба с рабочими местами экипажа и всей необходимой аппаратурой. Между этими коробами размещалось орудие с противооткатными системами. В левой части разделенной башни находились места командира и наводчика, в правой - стрелка-пулеметчика и заряжающего. Крупногабаритная башня могла поворачиваться лишь на 15° вправо и влево от оси машины. Вертикальные углы наведения орудия - от -2° до +38°.

Требования о максимально возможной скорострельности повлияли не только на конструкцию САУ, но и на работу заряжающего. Фактически он должен был только руководить загрузкой снарядов, а дальше автоматика все делала сама. Система заряжания и контейнер-магазин, обеспечивавшие высокую скорострельность, были аналогичны примененным на САУ AKV 151. Экипаж выводил САУ Bandkanon 1 на позицию, осуществлял прицеливание,

выбирал режим огня (одиночный или автоматический) и нажимал на спуск. Далее пушка-гаубица и сопряженные с ней системы самостоятельно выпускали по врагу нужное количество снарядов. При откате орудия взводило систему тяг, пружин и рычагов, которая после возвращения казенника в исходное положение подавала новый снаряд на загрузочный лоток и



CAV Bandkanon 1 ведёт огонь

досылала его в камору. 14 снарядов выстреливалось за 48 секунд (около 3,5 секунды между выстрелами).

После стрельбы, в зависимости от обстановки, самоходка могла уйти с позиции или перезарядиться прямо на ней. Для перезарядки пушка поднималась, а ее магазин оказывался на небольшой высоте. Из контейнера для снарядов извлекалась пустая кассета, а на ее место помещалась новая.

На все процедуры, связанные с перезарядкой контейнера-магазина, уходило не более двух минут.

Стандартным боеприпасом самоходной артиллерийской установки был 155-мм осколочно-фугасный снаряд. Орудие имеет ствол длиной 50 калибров, что обеспечивало боеприпасу массой 48 килограмм возможность улететь на 25 с небольшим километров.

Первый прототип Bandkanone 1 изготовили в 1960 году. Его испытания не были простыми, поскольку сказывалась сложность оригинальной автоматики. Тем не менее, заказчик и разработчик не стали прекращать работы и довели CAV до ума. Контракт на поставку новых самоходок подписали в 1965 году.

Согласно этому документу, компания Bofors обязывалась построить первую партию из 26 боевых машин. По финансовым соображениям вооруженные силы Швеции вскоре отказались от своих первоначальных планов по закупке не менее 70 самоходок. Производство Bandkanon 1 завершилось в 1968 году после изготовления 28 штук. Впоследствии была осуществлена модернизация, появилась CAV Bandkanon 1C, на которой был установлен новый дизельный

Завершив рассмотрение послевоенного танкостроения Японией - страной, в которой с американской оккупацией были созданы Японские наземные силы самообороны (JGSDF), на вооружении которых состояла техника, поставленная из США. Из танков японцам поставлялись "Шерманы" M4A3E8 и легкие танки M24. Они хотя и были морально устаревшими, но с некоторыми соседними странами воевать на них было можно. Но существовала другая проблема - эргономическая: в габаритном "Шермане" малорослым японцам воевать было неудобно. Нужен был новый и, к тому же, современный танк. Американский M47 Patton II для этого не годился. Во-первых, не решалась "габаритная" проблема, во-вторых, надо было возродить собственное танковое производство, и в-третьих, танк должен соответствовать местному театру боевых действий.

В 1955 году компания Mitsubishi Heavy Industries получила техническое задание с перечнем требований к перспективному танку, в которых указывалось, что масса не должна превышать 25 тонн, а габариты - стандартных железнодорожных платформ. В следующем - 1956 году - был показан первый прототип STA-1, вооруженный 90-мм нарезной пушкой. Для обеспечения танку приемлемой защиты толщина бронирования была увеличена, но это привело к превышению его массы от требуемого значения на 10 т. Проект отправили на доработку, в том числе ещё и из-за того, что конструкторы перестарались и сделали боевое отделение очень тесным даже

для своих танкистов. Следующий вариант, который получил название STA-2, также не удовлетворил военных.

До 1960 года создали еще два прототипа. Первый из них - STA-3 - был самым совершенным. Машину оснастили полуавтоматической системой заряжания и дистанционно-управляемым пулеметом. Но это посчитали излишне ненадежным, выбрав более



STA-1

простой STA-4, который приняли на вооружение в 1961 году.

Наладить производство желаемыми темпами не получалось - до 1965 года удалось построить лишь 30 машин. Необходимых темпов достигли лишь к 1970-му году. Так, до конца 1975 года из ворот Mitsubishi Heavy Industries вышло 250 танков, которым в Японских силах самообороны дали имя Type 61. Корпус машины был сварной, с рациональным наклоном бронеплит. Толщина верхнего лобового листа составляла 55 мм, нижнего - 46 мм. Башня - литая, с характерной сферической формой спереди, и массивным свесом сзади. Толщина лба башни - 114 мм. На большой командирской башенке находилось крепление для 12,7-мм пулемета M2HB.

Механик-водитель сидел справа - возле трансмиссии, доступ к которой осуществлялся простым откидыванием лючка в корпусе танка. У командира для наблюдения за полем боя был стереоскопический дальномер с семикратным увеличением и четыре смотровых амбразуры. Наводчик получил перископический прибор наблюдения с шестикратным увеличением, и прицел с такой же оптикой.

Конструкция шасси танка была аналогична M24 Chaffee, но количество опорных катков увеличили до шести, а ведущее колесо было спереди.

Торсионная подвеска получила по четыре амортизатора на переднюю и заднюю оси.

90-мм пушка Type 61 L/52 с Т-образным дульным тормозом была создана своими силами, хоть и с оглядкой на американский опыт. Начальная скорость снаряда M318AP-T составляла 910 м/с. Орудие оснастили механизмом выброса стрелянных гильз с лючком в башне танка справа от заряжающего. Боезапас снарядов к пушке составлял 50 снарядов, из них 18 хранилась в нише башни, а остальные были распределены по корпусу.

35-тонную машину приводил в движение 12-цилиндровый турбодизель Mitsubishi 12HM21WT с воздушным охлаждением. При объеме в 29,6 литра, его мощность составляла 570 л.с., что обеспечивало скорость по шоссе порядка 45 км/ч. Топлива хватало на 200 км пробега. Традиционно для танков Mitsubishi, выхлопные патрубки располагались снаружи корпуса - на надгусеничных полках.

Всего было изготовлено порядка 560 танков Type 61, которые стояли на вооружении вплоть до 2000 года.



Type 61

Со следующего номера начнём рассказ о танкостроении в годы "холодной войны" между Западом и Востоком, противостояния стран НАТО и Варшавского договора.

(Продолжение следует.)

Танки НАТО первого послевоенного поколения

Показатель	Англия			США						Франция
	«Центурион» MkIII	«Центурион» MkX	«Конквэрор»	M46	M47	M48A2	M48A5	M103	M41	AMX 13
Годы производства	1947	1958	1954	1948	1952	1956	1956	1956	1953	1950
Масса, т	50	51,8	66	41	44,1	46	46	54,4	23,5	15
Экипаж, чел.	4	4	4	5	5	4	4	5	4	3
Калибр пушки, мм	83,8	105	120	90	90	90	90	120	76,2	75 (90)
Начальная скорость снаряда, м/с	1350	1475	1500	854	1165	1165	1165	1067	1260	620
Боекомплект к пушке, выстр.	65	70	35	70	71	60	60	34	60	37
Толщина брони корпуса, мм	130	130	200	200	220	220	220	240	50	50
Максимальная скорость, км/ч	34	34	34	48	48	45	45	34	64	65
Запас хода по шоссе, км	140	190	150	145	310	310	310	160	190	350
Мощность двигателя, л.с.	640	650	810	810	810	850	850	810	525	250

ПЛАНАРНЫЕ И ШТОКОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Штоковые ЛД

Shaft Linear - штоковые (цилиндрические) линейные двигатели (ЛД) в ЭИ станках



Первый показ ЭИ станка со штоковыми линейными двигателями - JIMTOF-2009

Штоковые ЛД производятся рядом компаний.

Например, японской **JMC Hillstone** совместно с Nippon Pulse Company (NPC). **Производство - с 2005 г.** Другие изготовители штоковых ЛД: LinMot, PBA Systems, Orientalmotor, Parker, Ametek, Delta и т.д.

Помимо названия shaft linear motor (штоковые ЛД) такие двигатели известны как "трубчатые" и "цилиндрические".

Штоковые ЛД разрабатывались для замены пневмо-, гидро- и ШВП-приводов в роботах-манипуляторах, штабелеукладчиках, сборочных платформах, а также мед- и спецоборудовании. Проволочные электроэрозионные станки - первое известное применение штоковых ЛД в станках вообще.

Штоковые ЛД имеют бессердечниковые катушки и, как результат, недостаточную тягу. Такими ЛД можно оснащать лишь малые и средние модели ЭИ вырезных станков. Для прошивных станков такие двигатели непригодны - штоковый ЛД попросту не поднимет тяжелый электрод!

Главное достоинство штоковых ЛД:

Штоковые ЛД легко встроить на место ШВП-привода в существующие устройства (станки).

Но это, по сути, единственное достоинство!

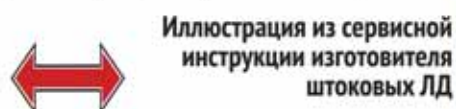
Главные недостатки:

дефицит тяги (ЭМ катушки - бессердечниковые!);

проблемы с теплоотводом (его отсутствие!);

разнонаправленные биения магнитного штока и динамическая асимметрия зазора (вектор тяги пляшет хаотично от направления подачи!);

хлипкая конструкция (шток крепится лишь на концах внатяг и периодически требует перенатяжений).



Из-за продольных волн и разнородности параметров магнитов и их частей шток при движении "выпячивает твисты"

Sodick

Разработка электроискровых (ЭИ) станков с линейными двигателями (ЛД) с 1990 г.



Серийное производство стартовало в 1998 г.

До 2000 г. производились лишь электроискровые прошивные станки с линейными двигателями (ЛД) только по оси Z. С 2000 г. появились электроискровые (ЭИ) проволочно-вырезные станки с ЛД по осям XY и прошивные с ЛД по осям XYZ.

С 2001 г. станки оснащаются ЛД по всем осям:

ЭИ координатно-прошивные - по осям XY и Z

ЭИ проволочно-вырезные - по осям XY и UV

Линейные двигатели Sodick - собственная разработка компании, а также и собственное производство Sodick - вплоть до редкоземельных Ne-Fe-B магнитов.

Линейные двигатели Sodick - это плоские панели постоянных магнитов и блоки электромагнитных (ЭМ) катушек, между которыми постоянный зазор = 0,4 мм.

Двигатели устанавливаются параллельно плоскости перемещений. Условно их можно назвать "плоско-параллельными", однако более распространен термин **планарные линейные двигатели**.

Главные достоинства планарных ЛД Sodick:

большая мощность и тяга благодаря сердечниковым ЭМ катушкам;

идеальный теплоотвод - блок электромагнитных катушек крепится всей плоскостью на массивные элементы конструкции с высокой теплопроводностью;

Неизменный **константный зазор = 0,4 мм;**

высочайшая динамическая точность в течение всей эксплуатации (**вектор тяги максимально совпадает с направлением подачи**);

надежность и долговечность, подтверждаемые двумя с лишним десятилетиями успешной эксплуатации;

особо **жесткая конструкция**.

Недостаток:

планарный ЛД нельзя встроить в обычный станок "под ШВП"; такие ЛД создаются "индивидуально" для станков, которые, в свою очередь, разрабатываются под эти ЛД и соответствующие им нагрузки.



Штоковый ЛД встраивается в станок на место ШВП. Тонкий магнитный шток толщиной чуть больше пальца легко деформируется, возникают разнонаправленные боковые биения, фатально влияющие на точность станка. Причин "гуляния" по меньшей мере две:

- 1) продольные волны, вызываемые силами сжатия и растяжения, которые порождаются неоднородностью плотности магнитных полей ЛД;
- 2) отклонения параметров отдельных магнитов на штоке, а также разнородность параметров разных частей одного магнита - двух одинаковых магнитов не бывает!

"Твисты" магнитного штока рожают переменные разнонаправленные боковые нагрузки на направляющие. Направляющие рассчитаны на вертикальные нагрузки, но быстро изнашиваются и теряют точность, если нагрузки боковые. Чтобы тонкий магнитный шток меньше гулял, изготовители штоковых ЛД предписывают крепить магнитный шток клиньями внатяг (!) в опоры на станине.

Насколько хватает такого натяга? Как часто придется "перенатягивать" шток уже в рабочем станке?

Опасность хаотичных плясок и твистов штока возрастает многократно, когда частота таких колебаний совпадает с собственной резонансной частотой конструкции... В любом станке имеется множество резонансных областей, которые зависят от физических характеристик и от изменений температуры. Ситуаций предостаточно!

Штоковые ЛД бессердечниковые и демонстрируют **хронический дефицит тяги**. Известно, что сердечниковая ЭМ катушка создает магнитное поле на порядки ($\approx \times 1000$) сильнее, чем генерирует бессердечниковая. Правда, коэффициент использования магнитного поля в штоковых ЛД несколько выше (благодаря кольцевым магнитам и трубчатой конструкции) - примерно в 2 раза. Но это лишь незначительно компенсирует потери от отсутствия сердечников. Именно из-за недостатка тяги штоковые ЛД не ставят в прошивные станки и большие проволоочно-вырезные. Дефицит тяги порождает проблемы с плавностью на малых приращениях, когда отрабатываются подачи с микронной дискретностью. Здесь штоковый ЛД ведет себя, как трогаящийся рывками маломощный перегруженный грузовик!



Компания Sodick начала разработку линейных двигателей в начале 90-х в обстановке секретности. У компании уже был печальный опыт "заимствования".

Разработчики перепроверили и испытали на стендах множество схем ЛД. Тестировались и конструкции с кольцевыми магнитами, как в новомодных штоково-цилиндрических ЛД. Все было забраковано, и только планарная (плоско-параллельная) схема ЛД оказалась идеальной для станков. Но с одной оговоркой: под приводы с планарными линейными двигателями необходимо заново создавать весь станок. По сути,

линейный станок Sodick с планарными ЛД - единая мехатронная система.

Машина, создаваемая заново, - это большие затраты, но... дешево хорошо не бывает! Это подтверждает опыт других станкостроительных компаний: практически все станки с ЛД (не электроискровые) ведущих мировых изготовителей используют планарные ЛД - другой проверенной временем альтернативы нет!

Сила взаимного притяжения между панелью постоянных магнитов и блоком электромагнитных катушек примерно в 6 раз больше той тяги, которая создается при работе ЛД в направлении подачи. Однако, если станок изначально конструируется для установки такого ЛД, проблема решается сама собой: жесткость литых конструкций значительно выше тех сил, которые возникают при работе ЛД, а нагрузка приходится на направляющие, которые на эти нагрузки как раз и рассчитаны. Нагрузки на направляющие - только вертикальные или в направлении, перпендикулярном плоскости ЛД. **Боковые нагрузки при работе планарных ЛД отсутствуют.** И это гарантирует сохранение первоначальной точности позиционирования по крайней мере на 15-20 лет.

В линейных станках Sodick используются сердечниковые ЛД. **Магнитные сердечники усиливают магнитные поля и тягу на порядки.** Бессердечниковые ЛД применяются лишь для нано-прецизионных станков, но по два и более на одну ось.



7 ARGUMENTE
FÜR EINERHERMLE

Никаких трюков – а вращения без конца.

Обработывающие центры с инновационным
эталонным решением в пяти координатах.

Сложные детали с требовательной геометрией могут обрабаты-
ваться не на каждом станке. Пятикоординатная обработка от
Hermle делает это возможным, и дополнительно обеспечивает
существенные преимущества по времени и точности. Благодаря
уникальной подвижности без проблем реализуются как сложные
фрезерные работы, так и одновременная фрезерная и токарная
обработка.

Больше информации об эталонном решении с пятью осями наших
обработывающих центров см. по адресу: **hermle4.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

